

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОСТЮКЄВИЧ Т. К.

**ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО
СЕРЕДОВИЩА МІНЕРАЛЬНИМИ
ДОБРИВАМИ**

Конспект лекцій

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2023

УДК 631.8:502.5
К72

Костюкєвич Т. К.

К72 Забруднення природного середовища мінеральними добривами: конспект лекцій. Одеса : ОДЕКУ, 2023. 186 с.

ISBN 978-966-186-261-5

У конспекті лекцій розглянуто сучасні тенденції використання мінеральних добрив, надається коротка характеристика основних видів мінеральних добрив за складом та дією на екосистеми, наводиться кількісна оцінка внесення мінеральних добрив для різних типів ґрунтів, розкривається сутність різних підходів щодо освоєння методів розрахунку оптимальних доз внесення мінеральних добрив.

Конспект лекцій рекомендовано для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» денної та заочної форм навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 101 «Екологія» (освітньо-професійна програма «Агроекологія»)

УДК 631.8:502.5

Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол № 7 від 27. 06. 2023 р.)

ISBN 978-966-186-261-5

© Костюкєвич Т. К., 2023

© Одеський державний екологічний університет, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ	7
1.1 Історія виникнення мінеральних добрив	7
1.2 Значення мінеральних добрив у сільському господарстві	14
1.3 Сучасний стан виробництва мінеральних добрив	16
2 МІНЕРАЛЬНІ ДОБРІВА: ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ	25
2.1 Класифікація мінеральних добрив	25
2.2 Азотні добрива	29
2.3 Фосфорні добрива	43
2.4 Калійні добрива	53
2.5 Магнієві добрива	60
2.6 Комплексні добрива	67
2.7 Мікродобрива та їх використання	74
2.7.1 Загальна характеристика та особливості	74
2.7.2 Борні добрива	75
2.7.3 Молібденові добрива	80
2.7.4 Кобальтовмістні добрива	84
2.7.5 Мідні добрива	88
2.7.6 Цинкові добрива	91
2.7.7 Марганцеві добрива	95
3 ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	99
3.1 Потреба рослин в елементах живлення	99
3.2 Мінеральне харчування культур та якість рослинницької продукції	106
3.3 Особливості харчування рослин у різні періоди росту та розвитку	111
4 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	117
4.1 Основні причини забруднення навколишнього середовища мінеральними добривами	117
4.2 Негативний вплив мінеральних добрив на компоненти довкілля	122
4.3 Забруднення ґрунтових та поверхневих вод мінеральними	

	добривами	123
4.4	Забруднення ґрунтів мінеральними добривами	128
4.5	Вплив мінеральних добрив на забруднення атмосфери	136
4.6	Забруднення рослинницької продукції мінеральними добривами	138
4.7	Вплив забруднення мінеральними добривами на стан здоров'я людини та тварин	144
4.8	Екологічні проблеми, що виникають при виробництві мінеральних добрив	149
5	ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	155
5.1	Організаційні заходи	156
5.2	Агротехнічні заходи	158
5.3	Біологічні заходи	162
5.4	Хіміко-технологічні та контролюючі заходи	163
6	ОПТИМАЛЬНЕ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЯК ШЛЯХ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАЛОСТІ	169
6.1	Визначення доз мінеральних добрив на основі польових досліджень	169
6.2	Розрахункові методи визначення доз мінеральних добрив	173
6.2.1	Нормативні методи розрахунку доз внесення добрив	174
6.2.2	Балансово-розрахункові методи визначення доз добрив	176
6.2.3	Метод розрахунку доз добрив під заплановану врожайність з урахуванням коефіцієнтів використання рослинами елементів живлення з ґрунту та добрив	177
6.3	Коректування доз добрив за результатами рослинної діагностики	180
	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	184

ВСТУП

Ще в глибоку давнину люди використовували для збільшення врожаю природні солі, перегній та продукти гниття і спалювання рослин. Поверхня землі, на якій вирощуються сільськогосподарські рослини не збільшується, а населення Землі безперервно зростає.

Виробництво сільського господарства тісно пов'язано з використанням природних ресурсів. Однією з найактуальніших соціально-економічних проблем сьогодення, є проблема охорони навколишнього середовища. Внесення мінеральних добрив забезпечує приріст урожаю на 50-60 %. Застосування мінеральних добрив в агроecosystemі є важливою умовою розвитку сучасного сільського господарства. Однак порушення наукових основ використання агрохімікатів може призвести до незбалансованого живлення сільськогосподарських культур, зниження поживної цінності рослинних продуктів та погіршення стану навколишнього середовища

Своєчасно незасвоєні рослинами залишки добрив потрапляють у водойми, а азотні – ще й в атмосферу у вигляді оксидів нітрогену. Частка засвоєння елементів живлення рослинами становить близько 0,4–0,6, тобто майже половина не бере участі в малому біотичному циклі кругообігу, стає потенційним забруднювачем агроecosystem. Внаслідок надмірного внесення мінеральних азотних добрив посилилась декальцинація ґрунтів, що спричинило їх дегуміфікацію. Вміст пестицидів у ґрунтах багатьох регіонів сягнув критичних значень. Виникли проблеми глобального хімічного забруднення басейнів малих річок і питної води. Зросли втрати із педосфери органічного вуглецю, що призводить до деградації ґрунтового покриву.

Отже, необґрунтоване застосування надмірної кількості мінеральних добрив призводить до значного негативного впливу на навколишнє природне середовище, сільськогосподарську продукцію, тваринний світ і, зрештою, на здоров'я людини.

При вивченні дисципліни «Забруднення природного середовища мінеральними добривами» особлива увага звертається на сучасні тенденції використання мінеральних добрив та надається коротка характеристика основних видів мінеральних добрив. Висвітлюються питання класифікації добрив за складом та дією на екосистеми, агроecological експертизи, наводиться характеристика усіх складових

елементів мінерального добрива та їх позитивний і негативний вплив на екосистеми. Надається характеристика нових видів мінеральних добрив, їх агроекологічна оцінка. Наводиться кількісна оцінка внесення мінеральних добрив для різних типів ґрунтів.

У конспекті лекцій розкривається сутність різних підходів щодо освоєння методів розрахунку оптимальних доз мінеральних добрив, підвищення родючості ґрунтів та врожайності сільськогосподарських культур.

Предметом вивчення дисципліни є формування поняттєво-категорійного, теоретичного, методологічного апарату визначення небезпечних забруднювачів та узагальнення даних науково-практичної діяльності що до вивчення дії забруднювачів та їх впливу на навколишнє середовище.

Метою курсу є вивчення причин руйнування природного балансу та виникнення небезпечних для природного середовища явищ; вивчення екологічних проблем, викликаних антропогенними змінами; вивчення впливу мінеральних добрив на рівень забруднення ґрунтів і сільськогосподарської продукції, а також навчитися зіставляти, аналізувати та коригувати розрахункові матеріали.

Конспект лекцій з дисципліни «Забруднення природного середовища мінеральними добривами» включає навчальний матеріал наступних шести тем:

- 1 – сучасні тенденції використання мінеральних добрив у світі та в Україні;
- 2 – мінеральні добрива: загальна характеристика та особливості використання;
- 3 – фізіологічні основи застосування мінеральних добрив;
- 4 – вплив застосування мінеральних добрив на навколишнє середовище;
- 5 – заходи щодо зниження негативного впливу мінеральних добрив на навколишнє середовище;
- 6 – оптимальне внесення мінеральних добрив як шлях до екологічної сталості.

Конспект лекцій складено на основі навчально-методичних видань, посібників, статей, монографій вітчизняних фахівців з даного питання. Перелік використаних при складанні літературних джерел наведено після тем курсу.

1 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ

1.1 Історія виникнення мінеральних добрив

Людина почала накопичувати знання про родючість ґрунтів з моменту переходу від примітивного збирання до культурного землеробства. Вже за 6-7 тис. років до нашої ери люди мали уявлення про відмінність бідної та родючої землі. Шляхом спостережень вони встановлювали, що у місцях, де у ґрунт потрапляло вапно, гній, гуано чи зола, рослини розвиваються краще й приносять більше плодів. З появою писемності ці спостереження почали передаватися з покоління в покоління.

Вперше досвід підтримки родючості землі було зафіксовано близько 4 тис. років до н.е. у шумерському «Календарі землероба». Опис різних ґрунтів зустрічається в єгипетських папірусах три тисячолітньої давності. Відомості про правильне землекористування містяться у земельно-водному законодавстві вавилонського царя Хаммурапі (1792–1750 рр. до н. е.).

Найбільш правильний погляд на ґрунт як на джерело мінеральних речовин, необхідних для рослини, висловив французький дослідник Б. Паліссі. Ще 1563 р. він писав, що «сіль є основою життя і зростання всіх посівів». Якщо засівати поле кілька років поспіль, то посіви витягнуть із землі сіль, необхідну свого зростання; земля, таким чином, збіднюється солями та перестає давати врожаї. Його уявлення про причини виснаження ґрунту, про необхідність повернення зольних речовин у вигляді добрив лише через 300 років доведені точними дослідженнями.

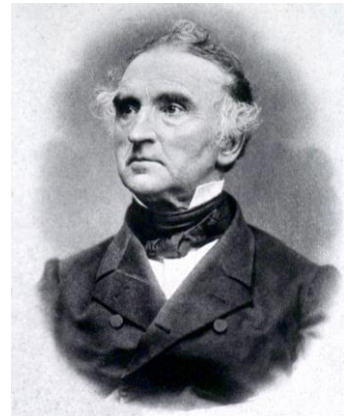
У 1656 р. І.Р. Глаубер висунув гіпотезу, що головним фактором урожайності є селітра, внесення якої у ґрунт викликає значне зростання врожаю. Удобрювальну дію гною він пов'язував із заснуванням селітри. Але погляди Б. Паліссі та І.Р. Глаубера свого часу не були гідно оцінені і не мали істотного впливу на землеробство.

Отже, питання родючості ґрунтів здавна стояли перед людиною, і вона упродовж століть досвідченим шляхом знаходила на них відповіді. За своєю матеріальною сутністю природні ресурси вважаються частиною географічного середовища. Це сукупність природних умов існування та діяльності людей. Вони належать до компонентів природи, а відтак їх

розподіл на Землі та концентрація в її надрах визначаються природними закономірностями.

"Щоб зберегти родючість ґрунту, йому потрібно повертати все у нього взяте. Якщо взяте не буде повернене повністю, то не можна розраховувати на отримання знову таких самих урожаїв; врожаї можуть бути підвищені тільки шляхом збільшення вмісту в ґрунті елементів живлення".

Юстус фон Лібіх німецький вчений



Проте самі механізми дії поживних речовин ще довго залишалися загадкою. Одним із її основоположників питань о родючості ґрунтів став німецький вчений Юстус фон Лібіх. Випущена ним у 1840 р. книга «Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculturalur und Physiologie» («Органічна хімія в її застосуванні до сільського господарства та фізіології») була перекладена багатьма мовами і мала великий вплив на вчення про родючість у світовому масштабі.

Багато в чому завдяки зусиллям фон Лібіха була розвінчана помилкова «гумусова» теорія родючості, що панувала в Європі багато десятиріч. Її положення було сформовано у середині XVIII в. шведським хіміком Юханом Валлеріусом в «Основах землеробської хімії», де стверджувалося, що рослини самостійно синтезують поживні речовини з гумусу, повітря та води, а мінеральні солі лише допомагають розчиняти «жир землі».

«Гумусова» теорія протрималася досить довго завдяки тому, що її підтримували такі видатні вчені, як Альбрехт Теєр, який заклав основи німецької сільськогосподарської науки, та швейцарський біолог Нікола де Соссюр. Останній, помиляючись щодо ролі мінеральних солей, тим не менш, зміг правильно встановити, що вуглець рослини отримують не з гумусу, а з вуглекислоти, що міститься в повітрі.

Втім, навіть гумусова теорія виглядала прогресивно на тлі «водної» теорії, що панувала до неї, згідно з якою рослини за допомогою таємничої внутрішньої «сили життя» самостійно створюють всі поживні речовини з води.

До 30-х років XIX ст. накопичені знання, удосконалення лабораторних дослідів та обладнання дозволили Лібіху показати, що саме одержувані з ґрунту мінеральні речовини рослини використовують для синтезу органічних речовин. Він довів, що успіх землеробства безпосередньо залежить від того, чи в достатній кількості знаходяться в ґрунті фосфор, калій та інші зольні елементи, і що обсяг врожаю визначається елементом, чия кількість знаходиться на мінімальному рівні (закон, який отримав назву "бочка Лібіха").

Аби теорія могла сприйматися наочно, Лібіх вигадав спосіб візуалізації проблеми у вигляді бочки (рис. 1.1). Уявіть собі, у вас є діжка, дерев'яні рейки якої по боках різної висоти. Ви хочете набрати в неї води до самого верху, але не можете цього зробити через те, що обмежені найнижчою рейкою. Тобто, якої б висоти не були стінки, ви так чи інакше будете лімітовані тією рейкою, що має меншу висоту.

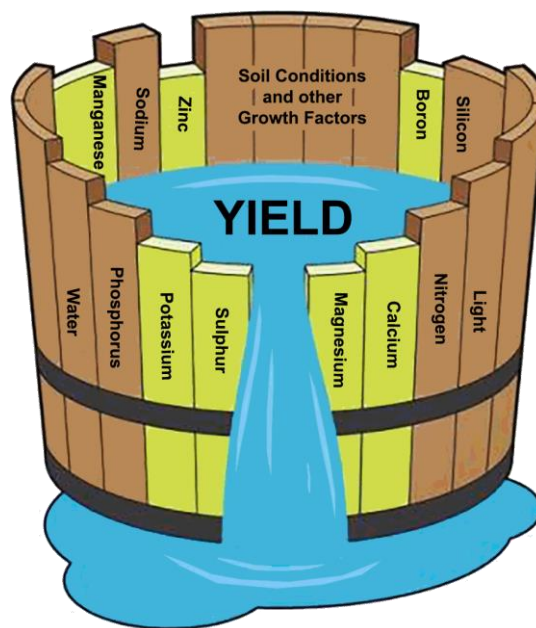


Рисунок 1.1 - Закон мінімуму – «бочка Ю. Лібіха»

Випробовуючи цю теорію на конкретній ситуації в сільському господарстві, можемо побачити – налита у діжку вода – це наша з вами урожайність, а висота рейок – наявність елементів живлення або відхилення від оптимального значення. Якщо ми говоримо про систему живлення рослин, то справжній агроном повинен знати – елементи живлення мають знаходитися в постійному балансі між собою. Так серед

законів землеробства виникли поняття мінімуму, оптимуму і максимуму (рис. 1.2). Згідно із ними, найвищий врожай можна мати при оптимальному рівні кожного фактора, зниження і підвищення якого зменшує врожай.

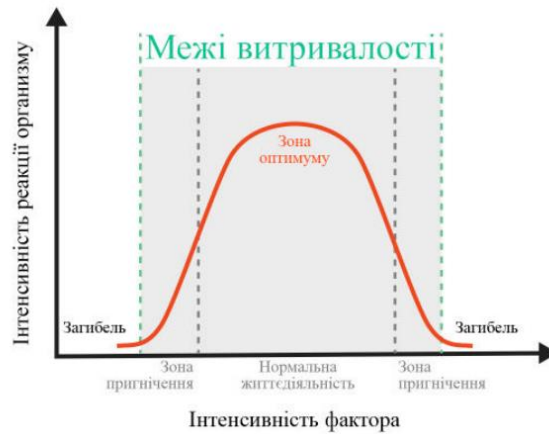


Рисунок 1.2 – Закон оптимуму

Пояснити цей закон можна на прикладі елементів живлення рослин. Уявимо собі, що в ґрунті вони містяться в необхідній кількості для певного виду рослин. Але рослині не вистачає – бору, чи, наприклад, цинку. Ріст рослин в подібних умовах буде відчутно пригнічений або взагалі неможливий. Якщо ж тепер ми скорегуємо його нестачу і додаємо потрібну кількість такого елемента у вигляді добрива, це призведе до збільшення врожаю. Але якщо вносити будь-які хімічні сполуки (наприклад азот, фосфор чи калій) і навіть добитися того, щоб всі вони містилися в оптимальних кількостях, а бор чи цинк при цьому залишатимуться відсутніми – це не дасть нам ніякого ефекту і зусилля будуть марними. Бо зважаючи на наш приклад, тією найменшою дощечкою є не азот, фосфор, калій, а інший елемент, який лімітує врожай. Байдуже, що забезпеченість макроелементами на 10 т кукурудзи, якщо забезпеченість Zn залишається на рівні 6 т. Ми розуміємо, що скоріш за все – це і будуть 6 т врожаю.

Варто зазначити, що лімітуючий фактор – це не лише нестача, але і деякий надлишок. Це, наприклад, явище антагонізму, коли одного елемента в надлишку і він блокує надходження іншого в рослину.

Звичайно, врожай можна отримати майже при будь-яких умовах, але яким тоді він буде? Це питання лімітують оточуючі фактори. Так, насіння

цукрового буряку проростає при 4-5 °С, хоча сходи не дружні (мінімум фактору). Дружні ж сходи з'являються при температурі 8-9 °С, а найбільш інтенсивно насіння проростає при температурі 20-25 °С (оптимум фактору). Якщо ж температура підвищується, то поступово досягає того рівня, коли сходи не відбуваються (максимум фактору).

Наголошуючи на ролі фосфору і калію, Лібіх помилково вважав, що азот рослини отримують з повітря і не потребують внесення азотних добрив. Цю помилку виправив французький хімік Жан Батіст Буссенго, який по праву вважається засновником агрохімії поряд з Лібіхом. На відміну від німецького колеги, Буссенго проводив численні польові досліді, супроводжуючи їх ретельним хімічним аналізом. Він довів, що рослини не можуть у потрібній кількості отримувати азот з повітря та вимагають внесення мінерального азоту в ґрунт. Йому належить відкриття явища азотфіксації у бобових рослин (зв'язок цього явища з бактеріями пізніше пояснить інший видний агрохімік Герман Хелльригел).

Сучасне землеробство – яскраве підтвердження висновків Лібіха і Буссенго про роль мінеральних солей у житті рослин. Наявність ґрунту, зокрема гумусу, їх вирощування необов'язково: в теплицях рослини чудово розвиваються на мінеральних субстратах.

Досліді Лібіха і Буссенго дозволили також сформулювати один із найважливіших принципів не лише сільськогосподарської науки, а й екології: усі речовини, які людина разом із рослинами забирає з ґрунту, мають бути в неї повернені.

Однак, якщо теорія кореневого живлення рослин у XVIII ст. ще не була сформована, то цілком було доведено роль атмосфери як джерела вуглецю для рослин. Геніальні думки М.В. Ломоносова (1753) про повітряне харчування рослин (фотосинтезі) незабаром були підтверджені роботами Прістлі (1775), Інгенгуза (1779) та Сенеб'є (1782). Потрібно тривалий час для розкриття механізму цього процесу та розробки теорії повітряного живлення рослин. Але складнішим шляхом розвивалася теорія кореневого харчування рослин. Незважаючи на досить певні висловлювання та відомі роботи Паліссі, Глаубера та інших про роль мінеральних солей у харчуванні рослин, шведський хімік Валеріус у 1761 році припустив, що рослини харчуються гумусом. Він виходив із практичного спостереження про вплив на родючість ґрунту гною і всякого перегною і помилково вважав, що рослини прямим шляхом засвоюють корінням гумус, що тільки органічні речовини ґрунту є поживними для

рослин, а інші складові є допоміжними і, на його думку, можуть сприяти розчинення жирних речовин гумусу (наприклад, крейда).

Найбільш активно та широко цю невірну гумусову теорію харчування рослин поширював найбільший німецький агроном А. Теєр (1752–1828). Він вважав, що родючість ґрунту повністю залежить від вмісту гумусу в ґрунті і що, крім води, гумус є єдиною речовиною ґрунту, яка може служити їжею рослинам. Мінеральним речовин з цієї теорії відводилася другорядна роль, тобто, як речовин, що прискорюють процес розкладання у ґрунті та переводять гумус у засвоювану форму. Оскільки Теєр користувався великою популярністю і авторитетом у той час, його помилкові погляди з гумусової теорії харчування рослин набули широкого поширення.

Лібих наполегливо рекомендував повертати в ґрунт ті мінеральні речовини, якими ґрунт особливо виснажений. Якщо ж ці мінімуми не усунути, інші речовини виявляться марними. Згодом це положення назвали «лібіхівський закон мінімуму», хоча сам Лібих цей термін не вживав і вважав це наукове становище відносним.

Велику роль вивченні питання джерелах азоту харчування рослин зіграв Ж.Б. Буссенго (1802–1887). З 1836 року, будучи професором Ліонського університету, він вивчав баланс приходу та витрати поживних речовин за сівозміну та встановив важливу роль бобових у збагаченні ґрунту азотом. Ряд основних робіт Буссенго з вивчення кругообігу речовин у землеробстві стали фундаментом для створення нової галузі знання - агрохімії. Синтез лібіховського положення про роль зольних елементів і теза Буссенго про значення азоту у добривах зіграли велику роль у подальшому розвитку теорії кореневого живлення рослин.

Буссенго розвивав азотну теорію добрива, протиставивши її гумусової теорії Теєра. Виснаження родючості ґрунтів він пов'язував із виносом азоту з урожаєм. У той же час він встановив, що деякі культури, наприклад конюшина та люцерна, не виснажують, а збагачують ґрунт азотом. Причому Буссенго це довів точними агрохімічними дослідженнями у польових експериментах у сівозмінах. Той факт, що азотний дефіцит у сівозміні покривається за рахунок конюшини та люцерни, був встановлений ним протягом 1836-1838 років.

Буссенго був не лише мислителем. Він проводив точні агрохімічні та фізіологічні експерименти, наголошуючи, що для перевірки думки вчених «треба питати думку самої рослини». Буссенго вважається засновником

агрохімії. Крім польових дослідів він проводив численні дослідження з азотного харчування рослин у спеціальних судинах, тим самим започаткувавши вегетаційний метод. Ним проведено низку робіт з асиміляції вуглецю рослинами, встановлено, що вуглекислота атмосфери є джерелом вуглецевого живлення рослин, вивчено вплив зовнішніх умов на асиміляцію вуглецю листям. Його роботи з азотного обміну започаткували біохімічний напрямок в агрохімічних дослідженнях.

Заслужують на безсумнівну увагу думки німецького вченого Шпренгеля, найближчого попередника Лібіха. Його наукові позиції дуже близько наближалися до теорії мінерального харчування Лібіха. У своїй книзі «Вчення про добрива» Шпренгель писав, що рослини з неорганічних речовин, одержуваних ними із ґрунту та повітря, утворюють органічні тіла за допомогою світла, тепла, електрики та води. Він пояснював причини падіння врожаїв за безперервної культури. Особливу увагу Шпренгель звертав на необхідність відшкодування втрачених ґрунтом мінеральних речовин, оскільки вуглець, водень та кисень рослини знаходять у повітрі, яке порівняно з ґрунтом завжди залишається однаковим за складом. Він вважав обов'язковим внесення у ґрунт пов'язаних форм азоту, оскільки більшість рослин не здатна засвоювати азот атмосфери. Фактично Шпренгель створив вчення про значення мінеральних речовин для харчування рослин та необхідності їх повернення в ґрунт з метою запобігання її виснаженню.

Лише в одному Шпренгель розходився з Лібіхом: він вважав головним джерелом вуглецю для харчування рослин вуглекислоту повітря, та заперечував можливість використання перегною ґрунту корінням. У цій частині погляди Шпренгеля збігалися із гумусовою теорією харчування рослин. Він не мав жодного експериментального факту, який би дозволив йому заперечувати таку можливість.

«Причина виникнення та падіння націй лежить в тому самому. Розкрадання родючості ґрунту зумовлює їх загибель; підтримка цієї родючості – їхнє життя, багатство і могутність» - Юстус фон Лібіх.

Зараз, коли за прогнозами ООН населення планети прагне до 9,7 млрд людей і вимагає зростання світового виробництва продовольства на 60 %, а більше половини ґрунтів схильні до деградації, залишається лише дивуватися, наскільки актуально звучать слова вченої першої половини позаминулого століття.

1.2 Значення мінеральних добрив у сільському господарстві

Для нормальної життєдіяльності та плодоношення рослин крім води, вуглекислого газу та кисню потрібна ще велика кількість різних поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, кобальт та багато інших. Азот у цьому списку є одним з найважливіших елементів, і входить до складу білків, ноліпептидів, вітамінів та інших речовин, що знаходяться у рослинності.

Всі культури в період вегетації поглинають величезну кількість поживних речовин, через що при регулярному вирощуванні врожаю на тій же території ґрунту швидко виснажуються. Без внесення додаткових добрив отримати добрий урожай на них стає неможливо, тому значення добрив у сільському господарстві важко переоцінити.

Спочатку врожайність землероби підвищували внесенням органічних речовин - компосту та гною. Але цього не вистачало, щоб задовольнити зростаючий попит на сільськогосподарську продукцію. Тоді за вирішення завдання взялися вчені та винайшли хімічні склади, здатні наситити ґрунт потрібними компонентами.

Добрива є засобом впливу як на величину врожаю, так і на його якість. Залежно від видів добрива, термінів та способів їх внесення, збалансованості співвідношень між основними елементами харчування залежить якість вирощеного врожаю сільськогосподарських культур.

Мінеральні добрива - це неорганічні сполуки, які отримують промислово-заводськими методами. Насамперед це солі, які містять поживні елементи, необхідні рослинам. Водночас, вони значно впливають на ґрунт: збагачують його елементами живлення та стимулюють мікробіологічні процеси.

Для кожної групи культур характерні основні характеристики якості. Для групи зернових культур основними показниками якості є вміст білка, крохмалю, клейковини та амінокислот. Проблему збільшення вмісту білка у зерні називають проблемою століття. Крохмаль поряд з цукрами служить основним енергетичним матеріалом та джерелом утворення цукрів у процесі бродіння тіста, яке в результаті визначає цінність хліба, його калорійність. Збільшення вмісту всіх амінокислот сприяє підвищенню вмісту білка.

Збільшення дози якогось елемента не завжди сприяє покращенню його якості. Велику роль відіграє співвідношення елементів живлення

добрива. Висока якість зерна залежить від співвідношення азоту та фосфору. Тільки при оптимальному співвідношенні створюються умови для отримання зерна хорошої якості.

Мінеральні добрива впливають на вміст сухої речовини в овочах. Азотні добрива як одні, так і на тлі фосфорних і калійних добрив знижують вміст вітамінів С, фосфорні та калійні добрива послаблюють негативну дію азотних, хоча повністю його не знімають і таким чином сприятливо впливають на утворення вітамінів С в овочах. Внесення повного мінерального добрива підвищує вміст каротину в плодах томатів. Азот позитивно впливає на біосинтез каротину, чого не можна сказати про фосфор і особливо калію. При оцінці якості овочів важливе значення має вміст у яких органічних кислот. Внесення мінеральних добрив сприяє їх збільшенню.

Застосування мінеральних добрив на лучних угіддях значною мірою позначається на зміні ботанічного і хімічного складу травостою. Азотні добрива сприяють збільшенню в травостої злакових. Застосування фосфорних та калійних добрив на луках значно збільшує вміст бобових трав у травостої.

Внесення добрив разом із зміною у ботанічному складі травостою сприяє сильній зміні його хімічного складу. Розрізняють пряму та непряму дію добрив на хімічний вміст кормів. Пряме - це зміна співвідношення вегетативних і генеративних пагонів, листя і стебел, що різко відрізняються за хімічним складом. Під непрямым розуміють зміну поживності внаслідок зміни ботанічного складу.

На вміст протеїну в злаковому травостої особливо впливають азотні добрива та їх доза. Збільшення доз азоту призводить до підвищення протеїну.

Мінеральні добрива є важливим джерелом повернення поживних речовин у ґрунт і основою забезпечення сучасних інтенсивних технологій та прибуткового ведення агробізнесу в рослинництві. Величезне значення добрив у підвищенні родючості ґрунтів і врожаїв сільськогосподарських культур доведено численними дослідженнями наукових установ та підтверджено практикою світового землеробства.

За оцінками фахівців, близько половини всього приросту врожаю сільськогосподарських культур отримують коштом застосування добрив.

Мінеральні добрива при правильному використанні значно підвищують врожайність, а також покращують якість продукції, внаслідок

чого їх застосування обумовлює високий економічний ефект. Вся історія світового землеробства свідчить про існування прямої залежності врожайності культур від кількості застосовуваних добрив.

Отже, застосування добрив має величезне значення у вирішенні важливих народногосподарських завдань, зокрема в збільшенні виробництва зерна, пшениці та в забезпеченні тваринництва кормами. Водночас, наявний рівень використання мінеральних добрив у сільському господарстві не лише суттєво відстає від аналогічного показника розвинутих в аграрному відношенні країн світу, але й не забезпечує дотримання балансу поживних речовин в агросфері.

1.3 Сучасний стан виробництва мінеральних добрив

Мабуть буде цілком справедливо стверджувати, що хімічні добрива разом із досягненнями наукової селекції мали в другій половині ХХ століття одне із вирішальних значень для вирішення досить актуальної глобальної продовольчої проблеми, яка виникла внаслідок швидкого зростання населення світу в той період часу.

Завдяки збільшенню їх використання з одного боку вдалося суттєво підвищити середню врожайність більшості продовольчих та технічних сільськогосподарських культур як у розвинутих країнах, так і тих, що розвиваються. Це явище отримало назву «Зеленої революції». Однак була і зворотна сторона цього успіху розвитку глобальних продовольчих систем - суттєве зростання екологічного навантаження на екосистеми та підвищення рівня залежності сільського господарства від мінеральних добрив.

В даний час найбільшими світовими виробниками мінеральних добрив є Китай, який займає понад 25% глобального ринку, Індія (близько 13%) та США (близько 10%). Останніми роками частка США світовому ринку добрив поступово скорочується. Світовий ринок мінеральних добрив включає три основні сегменти азотних, фосфорних та калійних добрив. Частка азотних добрив становить приблизно 59%, фосфорних – 24% та калійних – 17% світового ринку.

Високий попит на азотні добрива обумовлено якісними характеристиками (азот є основним компонентом протеїну) і доступністю. Сировиною для них є в основному природний газ, нафта та вугілля. Тому

виробництвом азотних добрив займаються підприємства в близько 60 країн. Значна їх частина розміщена у країнах Латинської Америки та Близького Сходу. Конкурентні переваги цих країн - відносно низька вартість робочої сили, велика кількість запасів та високий рівень видобутку вуглеводнів.

Попри суперечливий характер застосування мінеральних добрив, їх загальне використання з кінця ХХ століття та перших двох десятиліть ХХІ століття істотно виросло у всьому світі. Про це можна дізнатися із аналізу інформації World Bank (рис. 1.3).

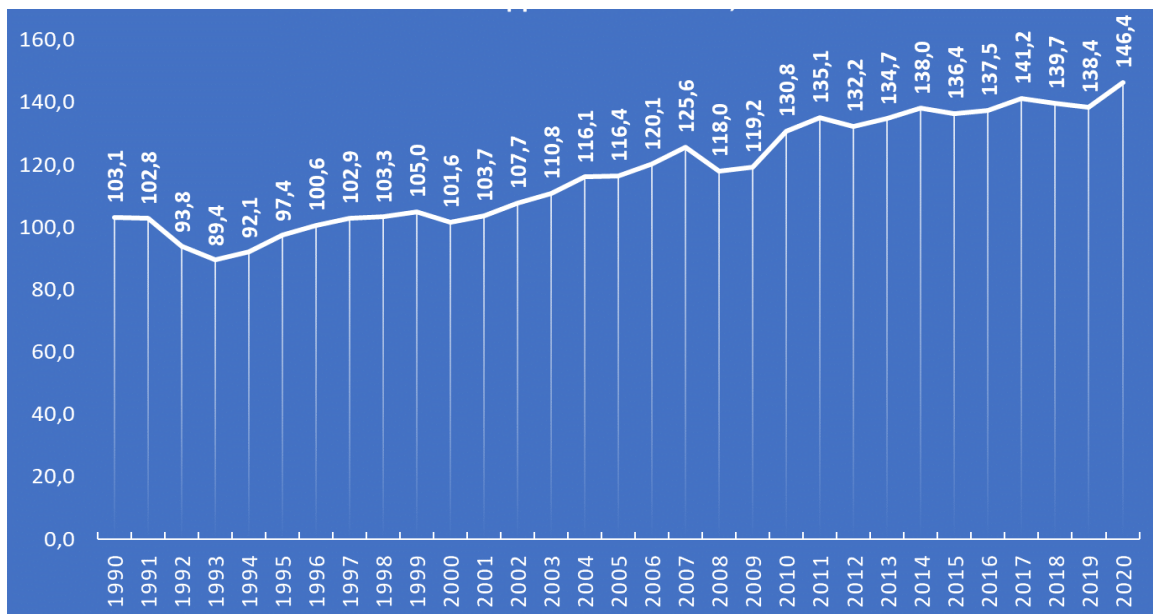


Рисунок 1.3 - Глобальне застосування мінеральних добрив у світовому сільському господарстві, кг на 1 га (World Bank)

Із 1990 року по 2020 рік у світі використання мінеральних добрив для виробництва аграрної продукції збільшилося майже в 1,5 рази - із 103,1 кг на 1 га до 146,4 кг на 1 га. Ця тенденція є порівняно стійкою в часі, що свідчить про збереження важливості добрив в сучасному глобальному сільському господарстві. Єдине, що змінилося, це концепція їх застосування. Якщо раніше основний пріоритет був спрямований на кількісне збільшення їх використання, то на початку нового століття змінилася сама парадигма, і тепер ідеться про якісне використання добрив на основі інноваційних технологій точного землеробства.

Досліджуючи країни світу за рівнем застосування мінеральних добрив, можна побачити, що майже половина із них використовує до

100 кг на 1 га сільськогосподарських земель. Орієнтовно 30 країн використовують від 100 кг до 200 кг на 1 га. Від 200 кг до 300 кг вносять лише 27 країн світу (табл. 1.1).

Водночас, є окремі країни, де використовують досить високі норми мінеральних добрив - понад 500 кг і більше на 1 га. Це, зокрема, Нова Зеландія, Ірландія, В'єтнам, окремі країни Близького Сходу та Азії.

Постає питання, чи реально впливають добрива на глобальну продуктивність сільського господарства? Так, і досить суттєво впливають.

Таблиця 1.1 – Групування країн світу за використанням добрив

Групи країн світ за використанням добрив на 1 га, кг	Кількість країн	Частка групи країн, %	Середнє використання добрив на 1 га по групі країн, кг
До 100,2	98	46,7	40,1
100,2 – 200,2	63	30,0	148,1
200,2 – 300,2	27	12,9	241,8
300,2 – 400,2	9	4,3	342,2
400,2 – 500,2	5	2,4	443,3
500,2 – 600,2	1	0,5	542,5
600,2 – 700,2	2	1,0	650,0
1100,2 – 1200,2	3	0,5	1123,3
1200,2 – 1300,2	1	0,5	1246,6
1500,2 – 1600,2	1	0,5	1563,3
1700,2 – 1800,2	1	0,5	1725,9
1900,2 і більше	1	0,5	1952,1
Разом в середньому	210	100,0	164,5

Якщо ми порівняємо багаторічні статистичні дані (1990–2020 рр.) за всіма досліджуваними країнами світу між загальним обсягом внесення мінеральних добрив із розрахунку на 1 га та середньою врожайністю, наприклад, зернових культур, то чітко побачимо високий прямий кореляційний зв'язок (рис. 1.4). Його аналітична інтерпретація свідчить, що кожні додаткові 10 кг мінеральних добрив забезпечували світовий приріст середньої врожайності зернових культур на 0,25 т/га.

Зрозуміло, що добрива були лише одним із багатьох важливих чинників покращення продуктивності сільського господарства. Передусім,

завдяки появі інноваційних наукових розробок, досягнень у генетиці рослин та геоінформаційних технологій, світове сільське господарство зробило суттєвий крок у вирішенні багатьох продовольчих проблем. Вплив мінеральних добрив є досить вагомим, щоб ним нехтувати або ж не брати його до уваги.

Є окремі країни, де вносять надвисокі дози мінеральних добрив та отримують рекордну врожайність. Як приклад можна навести Нову Зеландію. У цій країні в період із 1990 року по 2020 рік інтенсивність застосування добрив була досить висока. Загальний рівень використання всіх видів мінеральних добрив із розрахунку на 1 га сільськогосподарських земель зріс із 127,9 кг до 1725,9 кг, тоді як урожайність зернових культур підвищилася із 5,03 т/га до 9,03 т/га. Загалом у цій країні теж спостерігаємо пряму тісну кореляцію між застосуванням мінеральних добрив та врожайністю зернових культур. Більш ніж трикратне зростання використання добрив у країні спостерігається із 2002 року.

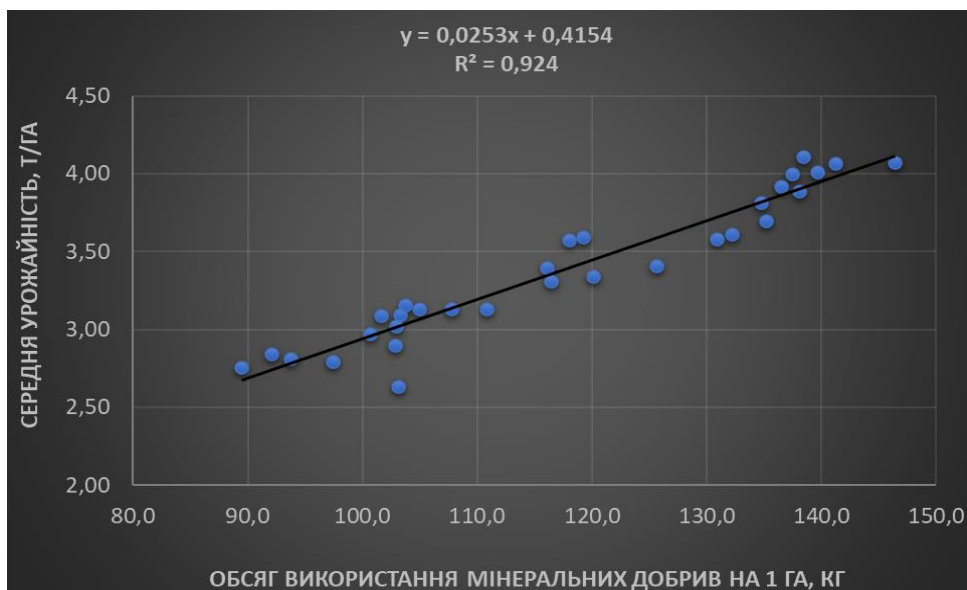


Рисунок 1.4 - Залежність між застосуванням мінеральних добрив і врожайністю зернових культур у світовому сільському господарстві (World Bank)

Для вітчизняного агробізнесу ситуація на внутрішньому ринку добрив створила досить багато непередбачуваних та складних проблем. З одного боку - це певний дефіцит добрив та високі ціни на них, а з іншого - складність у плануванні виробничої та економічної діяльності. Багато хто

з керівників та спеціалістів опинився перед досить складною дилемою - використовувати ті чи інші види мінеральних добрив чи зекономити на них або ж шукати їм альтернативу в інших технологіях.

Якщо експертно поглянути на цю проблему та проаналізувати використання добрив, то впродовж 30 останніх років, після різкого спаду в 90-ті роки минулого століття, сьогодні воно досягло досить високого рівня.

В середньому на 1 га агробізнес останніми роками використовував понад 75 і більше кг (рис. 1.5). Звичайно, це середній показник, і в реальності в різних господарствах він перевищував 100 кг і 200 кг залежно від технологій та фінансових можливостей.

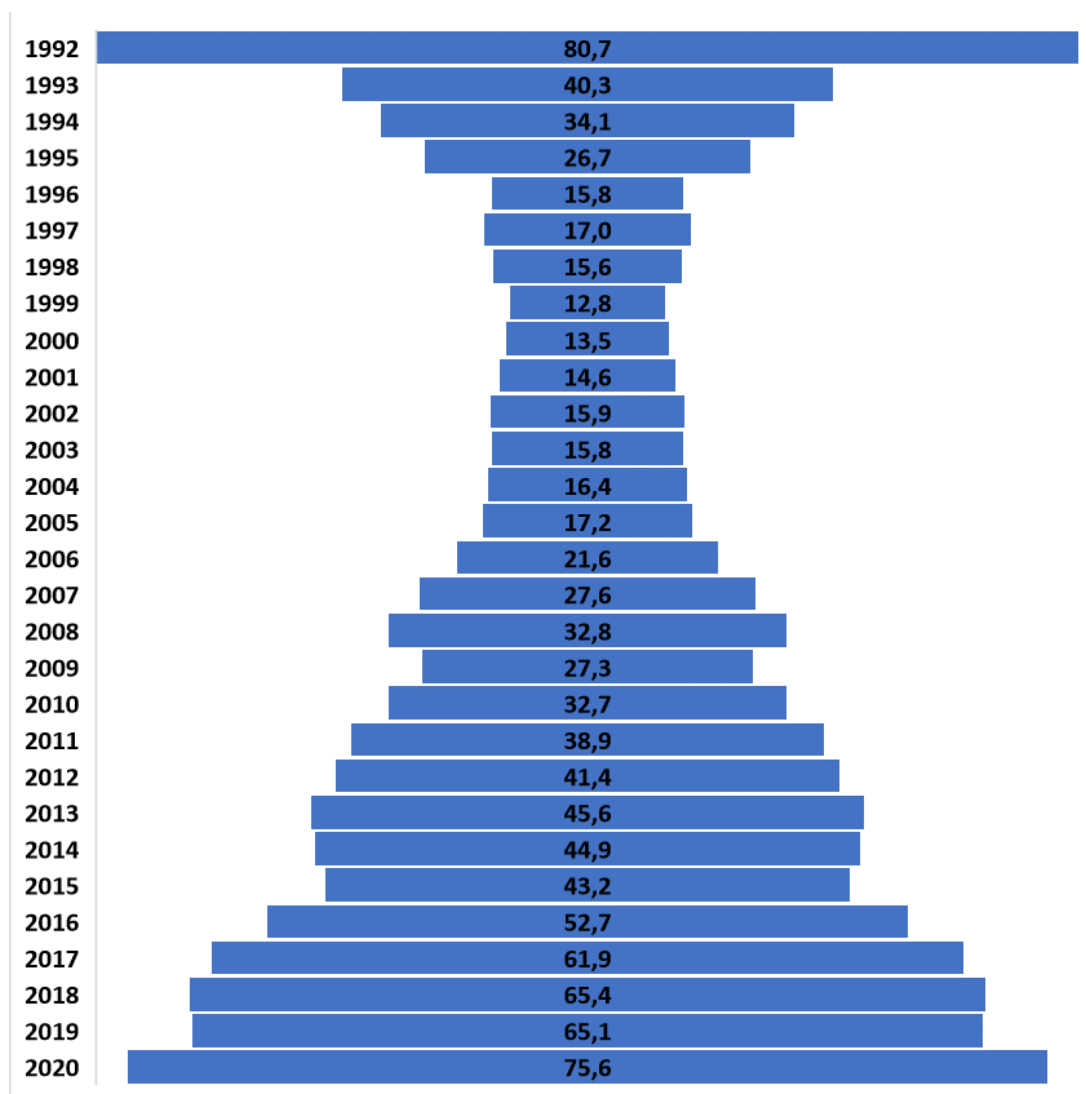


Рисунок 1.5 - Використання добрив (кг/га) в агробізнесі України (World Bank)

За даними досліджень багаторічних статистичних даних (1990–2020 рр.) в Україні існує тісний зв'язок між загальним обсягом внесення мінеральних добрив із розрахунку на 1 га та середньою врожайністю зернових культур (рис. 1.6). На діаграмі чітко видно високий прямий кореляційний зв'язок. Його аналітична інтерпретація свідчить, що кожні додаткові 10 кг мінеральних добрив забезпечували приріст середньої врожайності зернових культур на 0,36 т/га. Цей приріст урожайності має досить стійку тенденцію, незважаючи на кліматичні зміни, економічну кон'юнктуру та інші проблеми в аграрному секторі України.

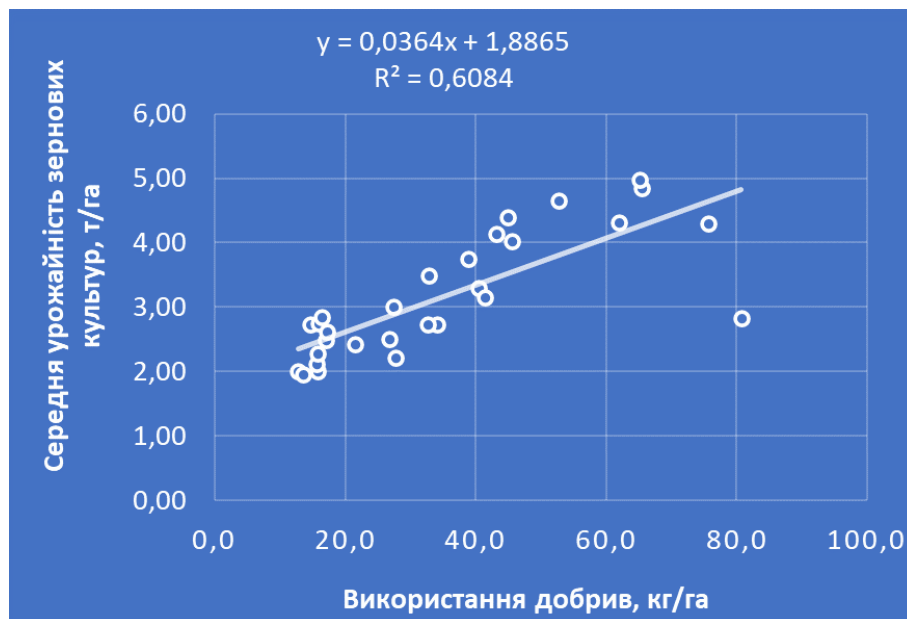


Рисунок 1.6 - Залежність між застосуванням мінеральних добрив і врожайністю зернових культур в Україні (World Bank)

Обсяги виробництва добрив в Україні поступово знижуються. Якщо у 2011 році на частку імпорту у продажі добрив припадало менше ніж 30%, то у 2017 році - понад 70%. У 2018 році частка імпорту трохи знизилася до 69,2% (обсяги гуртових продажів добрив українського виробництва зросли на 1 млрд грн - до 39 млрд грн), але принципово це нічого не змінює. За даними Держстату, власне виробництво покриває лише трохи більше 30% від потреби українського агросектору у добривах.

В Україні виробляють азотні добрива на основі аміаку, який отримують з природного газу та відходів коксохімічного виробництва. Тому підприємства, що виробляють такі добрива, розміщуються вздовж газо-проводів (Рівне, Черкаси, Одеса) або в центрах коксохімії

(Алчевськ, Горлівка, Северодонецьк, Лисичанськ, Запоріжжя, Дніпродзержинськ).

Ostchem — найбільший в Україні виробник мінеральних добрив. До складу групи входять підприємства «Азот» (Черкаси), «Рівнеазот», «Северодонецьке об'єднання «Азот». Спеціалізація виробництва - азотні добрива.

«Азот», флагманський завод холдингу, спеціалізується на випуску карбаміду, аміачної селітри і карбамідно-аміачної суміші. «Рівнеазот» виробляє аміачну і вапняно-аміачну селітру, водний і рідкий аміак, а Северодонецький «Азот» - аміачну і калієву селітру.

«Одеський припортовий завод» ОПЗ - найбільший представник держсектора у виробництві мінеральних добрив. Підприємство має дві лінії з виробництва карбаміду сумарною потужністю 660 тис. т в рік. Крім цього, ОПЗ виробляє аміак (потужність — понад 900 тис. т в рік) (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 - «Одеський припортовий завод», м. Южне

«Дніпроазот» входить до трійки найбільших українських виробників азотних добрив. Для аграріїв підприємство виробляє карбамід, а також карбамідно-аміачну суміш і аміачну воду.

«Сумхімпром» - одне з найбільших підприємств галузі. Спеціалізується на виробництві однокомпонентних азотних добрив, дво- і трикомпонентних комплексних добрив.

Агрохімічна компанія **GROSSDORF** - одна з найбільших українських виробників карбамідно-аміачних сумішей. Виробничі потужності компанії

GROSSDORF розташовані в трьох регіонах України: Черкаській, Одеській та Вінницькій областях. Основний регіон для компанії - Черкаський. Тут компанія освоїла випуск рідких мінеральних добрив (КАС). У 2018 році GROSSDORF розпочав активну експансію українського ринку мінеральних добрив - ввів в експлуатацію два нові заводи й оголосив про відкриття третього. У рідному для себе Черкаському регіоні компанія ввела в експлуатацію завод із виробництва гранульованих азотних і комплексних добрив. Нині підприємство виробляє гранульований сульфат амонію.

Завод *«Хімдівізіон»* спеціалізується на виробництві карбамідно-аміачної суміші, рідких комплексних добрив, кальцієвої селітри, сульфату калію.

Корпорація *«Украгрохімхолдинг»*. Основне підприємство корпорації - «Дніпровський завод мінеральних добрив». Спеціалізація - виробництво складних фосфоровмісних мінеральних добрив під торговою маркою «Стимул». Основний вид діяльності підприємства - виробництво добрив та азотовмісних сумішей. Допоміжний - оптова торгівля хімічною продукцією. Компанія спеціалізується на виробництві гранульованих азотно-сірчаних добрив.

«Смілянська агрохімічна компанія» - виробник і трейдер мінеральних добрив. Щомісяця виготовляє і реалізує до 3 тис. т продукції. Підприємство спеціалізується на виробництві КАС, рідких комплексних добрив. Реалізує також карбамід, селітру, двокомпонентні і трикомпонентні комплексні добрива. Склади підприємства розташовані в Смілі, Черкасах і Рівному.

Компанія *«Інфоазот»* в Черкаській області спеціалізується на виробництві рідкого аміаку і аміачної води. Крім добрив, підприємство пропонує в оренду спецтехніку для внесення в ґрунт аміачної води за системою mini-till.

Питання для самоперевірки

1. Хто був автором «гумусової» теорії?
2. Поясніть принцип «бочки Лібіха».
3. Завдяки чийм зусиллям була розвінчана помилкова «гумусова» теорія родючості, що панувала в Європі багато десятиріч у середині XVIII?

4. Які добрива називаються мінеральними?
5. Поясніть принцип «лімітуючого фактору».
6. Чим обумовлено високий попит на азотні добрива?
7. Назвіть основні підприємства України, що виробляють азотні добрива на основі аміаку.

2 МІНІРАЛЬНІ ДОБРИВА: ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ

2.1 Класифікація мінеральних добрив

Мінеральні добрива – це неорганічні сполуки, що містять поживні речовини, необхідні для нормального росту та розвитку рослин. Це дуже важливий елемент сільського господарства, адже він істотно підвищує його ефективність. Застосування мінеральних добрив дозволяє покращити врожайність та зменшити затрати людської сили. Карбон, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Фосфор, Калій, Сульфур, Кальцій, Магній і Ферум є основними елементами, що входять до складу рослин та необхідні для їх розвитку. Листя рослин поглинають з повітря Карбон (IV) оксид, а коріння – вологу, задовольняючи потреби рослини у Карбоні, Гідрогені, Оксигені. Інші елементи засвоюються корінням рослин у вигляді розчинів мінеральних солей. Потреби рослин в солях, що містять Нітроген, Фосфор і Калій, вимірюються сотнями мільйонів тонн на рік. Потреба в солях, що містять інші елементи – у багато разів нижча.

Для нормального росту рослинам також необхідні сполуки Бору, Купруму, Молібдену, Цинку, Кобальту і Мангану, але в дуже невеликих кількостях. Мінеральні добрива, що містять у своєму складі ці елементи, називаються мікродобривами. Застосування мінеральних добрив в сільському господарстві не тільки підвищує врожайність культур, а й покращує якість сільськогосподарської продукції.

В наш час в світовому землеробстві застосовується широкий асортимент різних видів добрив. Це мінеральні, які випускаються хімічною промисловістю, так і органічні місцеві сировинні ресурси, відходи тварин, різних гілок промислового та комунального господарства. Добрива класифікують за походженням, застосуванням і назвами елементів які входять до їх складу (рис. 2.1).

За походженням:

- мінеральні;
- органічні;
- органічно-мінеральні;
- бактеріальні – це спеціальні культури мікроорганізмів, які сприяють накопиченню корисних для речовин рослин у ґрунті.

За застосуванням добрива класифікують як:

- основні, або передпосівні;
- припосівні;
- підживлювальні.

За видами споживання елементів рослинами мінеральні добрива діляться на:

- азотні (нітратні);
- фосфорні;
- калійні;
- комплексні мінеральні добрива;
- мікродобрива.

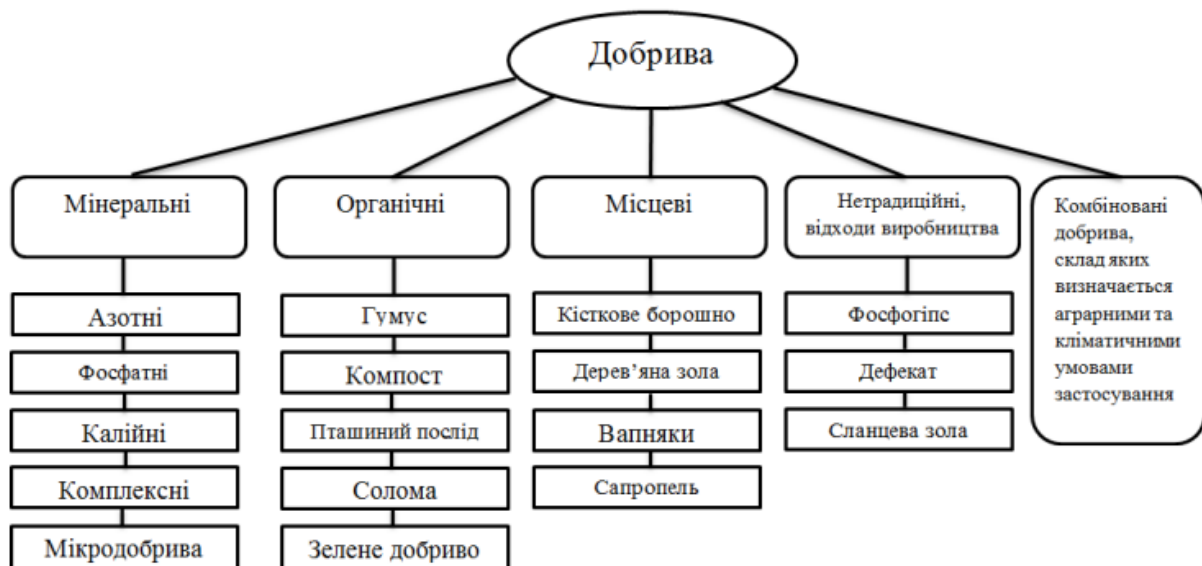


Рисунок 2.1 - Класифікація добрив

Великі аграрні господарства вважають за краще використовувати першу групу, речовини з якої виробляються шляхом синтезу різних хімічних елементів. На сьогоднішній день використання таких добрив є найбільш доцільним із фінансової сторони. Значення мінеральних добрив у сільському господарстві:

- стимуляція зростання рослин у вегетативний період;
- підвищення врожайності на будь-яких видах ґрунтів;
- поліпшення смакових якостей продукції;
- підвищення вмісту корисних компонентів у продукції.

Найбільшого застосування в аграрному комплексі України набули мінеральні добрива на основі нітратів та фосфатів. Проте присутність в продуктах харчування нітратів, нітритів, пестицидів, гербіцидів тощо, негативно позначається на здоров'я населення планети і призводить до розвитку багатьох захворювань, насамперед – алергічного характеру. Накопичення в ґрунті хімічних сполук, що застосовуються в сільському господарстві, обумовлює різке погіршення її родючості незалежно від кліматичних зон і типів ґрунту.

Найбільш популярні мінеральні добрива у сільському господарстві - азотні. Виготовляються синтезом аміаку з кисню з воднем (майже з повітря). Водень отримують з нафти, природного газу та коксу. Вартість виготовлення азотних підживлень висока за рахунок енергетичних витрат.

Випускають нітратні та амонійні азотні підживлення. Перші використовуються на будь-яких ґрунтах незалежно від клімату. Другі через підвищену кислотність застосовують разом із вапняними компонентами.

Фосфорні комплекси виготовляють із природних фосфоритів та апатитів, а також металопромислових відходів.

Випускають важко-, водо- та цитратнорозчинні фосфоровмісні хімікалії (вівіаніти, суперфосфати, преципітати відповідно).

При використанні добрив у сільському господарстві обов'язково беруть участь калійні сполуки. Це затребуваний елемент у аграріїв, який виготовляється шляхом переробки калійної солі. Є сирі та концентровані склади, що добре розчиняються у воді.

Карбамід, що відноситься до мінеральних добрив, також використовується для боротьби зі шкідниками. Він не завдає шкоди наземній частині рослини і не обпалює листя, тому його розчином здійснюють позакореневе підживлення та обприскування. Серед азотовмісних мінеральних добрив сечовина також вважається найефективнішою завдяки високому вмісту азоту, кількість якого сягає 46,2%.

Карбамід також широко застосовується у тваринництві як добавка до корму для великої рогатої худоби. Дана синтетична азотовмісна сполука здатна відшкодувати до 30-40% азоту, який тварини повинні отримувати з натурального протеїну. Надалі організм використовує його в біосинтезі амінокислот для отримання повноцінних білків, що перетравлюються. Внесення добавки слід здійснювати за інструкцією, щоб уникнути негативних наслідків. Застосування сечовини в тваринництві обумовлено

економічно, і дозволяє досягти підвищення продуктивності господарств за відносно невисоких витрат на їх утримання.

Мінеральні добрива відрізняються високою ефективністю. Збільшення рівня врожайності залежить на 50 відсотків від хімічної підтримки, на 25 відсотків од якості сорту та на 25 відсотків - способу вирощування.

Їх ще використовують для поліпшення агрохімічних властивостей землі та активізації поживних речовин. Деякі відзначаються прямою та непрямою активністю. Наприклад, використання основного шлаку чи меленого фосфату гірських порід не тільки забезпечує фосфор, але й нейтралізує кислотність.

Користь мінеральної підтримки зростає шляхом зрошення та користування передовою технологією вирощування. Для поповнення ґрунту використовують органічне та мінеральне добриво. Однак, поживна цінність першого низька в порівнянні з останнім, який є набагато більшої концентрації та містить контрольований вміст корисних елементів.

Окрім ефективності присутні наступні переваги:

- універсальність, адже один засіб використовується для різних видів культур;
- завдяки застосуванню певних хімічних сполук, флора спроможна протистояти негативним факторам;
- зручно використовувати, адже гранульовані зразки не мають певних особливостей в умовах зберігання, та й процес роботи із ними не є складним;
- користуватися ними економічно вигідно - гарний рівень урожаю, завдяки препаратам, сприятиме процвітанню бізнесу та збільшенню прибутку;
- позитивний вплив на зовнішній вигляд та поживну цінність сільськогосподарських культур.

Однак, треба пам'ятати - неправильне застосування, внесення надмірної кількості та нерівномірна підгодівля, зменшує родючість, вбиває рослини та тварин, забруднює атмосферу та водоюми.

2.2 Азотні добрива

Рівень родючості ґрунтів та ефективність азотних добрив залежить від вмісту валових запасів та ступеня їх мінералізації. Азотний фонд ґрунту за ступенем участі у харчуванні рослин поділяється на чотири фракції:

- негідролізований азот (гуміни, меланіни, бітуми, необмінно-поглинений амоній кристалічною решіткою мінералів);
- важкогідролізований азот (аміни, частина амідів, гуміни, необмінний амоній);
- легкогідролізований азот (аміди, частина амінів, азот амінокислот);
- мінеральний азот (солі амонію в ґрунтовому розчині, амоній в обмінно-поглиненому стані, солі азотистої кислоти – нітрити, солі азотної кислоти – нітрати).

Перетворення органічних сполук азоту на доступні мінеральні форми відбувається за участю мікроорганізмів послідовно: білки, гумінові речовини, меланіни, бітуми під впливом протеолітичних ферментів, що виділяються мікроорганізмами, переходять у пептиди, амінокислоти, аміди, гуміни. Під впливом різноманітних мікроорганізмів – амоніфікаторів (бактерій, актиноміцетів та пліснявих грибів) з перерахованих сполук утворюється аміак (NH_3).

Амоніфікацію здійснюють аеробні та анаеробні ґрунтові мікроорганізми. Вона відбувається у всіх ґрунтах при різній реакції середовища, але сповільнюється в анаеробних умовах і при сильноокислій та лужній реакціях середовища. Процес амоніфікації в залежності від умов аерації може мати окислювальний, гідролітичний та відновний характер.

Мінералізація органічної речовини в анаеробних умовах призводить до утворення альдегідів, кетонів, спиртів, метану та інших токсичних речовин, що пригнічують рослини, особливо у молодому віці.

Амонійний азот у ґрунті піддається нітрифікації – окисленню до нітратного азоту. Нітрифікація відбувається внаслідок діяльності групи специфічних аеробних бактерій, котрим окислення аміаку служить джерелом енергії.

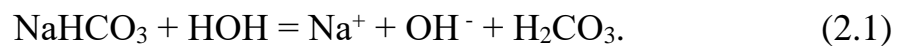
Азотні добрива - мінеральні добрива, які містять азот що вносяться в ґрунт. Азотні добрива виробляють на основі синтетичного аміаку, який отримують з молекулярного азоту і водню. Азот отримують при пропусканні повітря через генератор при згоранні коксу. Джерелом водню

є природний газ. Із суміші азоту і водню (у співвідношенні 1:3) при високій температурі і тиску в присутності каталізаторів отримують аміак.

Нітратні азотні добрива. До добрив, що містять азот у нітратній формі, відносяться натрієва та кальцієва селітра.

Натрієва селітра (чілійська селітра) $[\text{NaNO}_3]$ використовується 3-х видів: 1-го гатунку із вмістом 16,4 % азоту; 2-го гатунку – 16,3 % ; та технічна – 15,5 % азоту.

Добриво – дрібнокристалічна сіль, білого кольору, гірко-солоня, добре розчинна у воді, слабо злежується при зберіганні, ґрунті викликає підлужування середовища, так як рослина споживає більше аніон NO_3^- в обмін на аніон, що виділяється HCO_3^- , який з Na утворює гідролітично лужну сіль NaHCO_3 за рівнянням:



Тому добрива фізіологічно лужне. Аніон NO_3^- – не закріплюється ґрунтом, вільно пересувається за профілем ґрунту з ґрунтовою вологою, тому на легких ґрунтах та в районах з промивним водним режимом не рекомендується вносити заздалегідь та з осені.

Насамперед, у господарствах їх слід використовувати як підживлення озимих зернових, багаторічних злакових трав та овочевих культур. Добриво ефективно на озимому житі, цукровому, кормовому та їстівному буряках та інших коренеплодах, які позитивно реагують на натрій, його міститься 26%. Перед внесенням натрієву селітру можна змішувати із суперфосфатом та хлористим калієм.

Кальцієва селітра $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 3\text{H}_2\text{O}]$ містить 15-17,5% N та 14% води. Має сильну гігроскопічність і злиття, фізіологічно лужне добриво, тому підлужує ґрунтовий розчин. Є гарним добривом на кислих дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах. Азот кальцієвої селітри, як і натрієвий, дуже рухливий, вносити з осені під урожай майбутнього року не рекомендується.

Добриво ефективне на ярі пшениці, багаторічних злакових травах, овочевих культурах при використанні в підживлення і менш ефективно на картоплі. Це єдине добриво з простих, що містить кальцій у водорозчинній формі, тому широко застосовується в захищеному ґрунті для кореневого та некореневого підживлення.

З огляду на високу гігроскопічність кальцієва селітра мало придатна для внесення до рядків. Її також не рекомендується змішувати з іншими добривами, оскільки суміші добрив набувають тістоподібної маси.

В асортименті азотних добрив на частку натрієвої та кальцієвої селітри припадає не більше 2%, тому ці добрива частіше набувають овочівницькі господарства. Через невисокий вміст азоту в цих добривах транспортувати їх на далекі відстані економічно не вигідно, витрати на транспортування не окупаються надбавками врожаю.

Амонійно-нітратні азотні добрива. **Амонійна селітра** $[\text{NH}_4\text{NO}_3]$ містить 34,65%, марка А – 34,2 % та Б – 34,0 % N. Це добриво називають також *азотнокислим амонієм, нітрат амонієм та аміачною (амонійною) селітрою*.

Амонійна селітра є одним із найефективніших азотних добрив на всіх ґрунтах та культурах, стандартне азотне добриво. Азот у добриві знаходиться наполовину в амонійній та нітратній формах, домішки 0,1 %, вміст води трохи більше 0,2 %. Азототукові комбінати та заводи випускають амонійну селітру в порошкоподібному (20 %) та гранульованому вигляді (80 %). Розмір гранул 1-3 мм, колір білий або жовтуватий. Добриво добре розчиняється у воді, при зберіганні злежується, гігроскопічне. Для зменшення гігроскопічності амонійної селітри при її виробництві додають: мелений вапняк або фосфоритне борошно, фосфогіпс та аморант, за рахунок яких колір може бути білий, жовтуватий або рожевий.

Доля амонійної селітри в асортименті азотних добрив 55-60%. Добриво здебільшого фізіологічно кисле, рослини більше засвоюють амонію.

При внесенні в ґрунт амоній переходить у ГПК (*Ґрунтовий поглинаючий комплекс (ГПК) – сукупність мінеральних, органічних та органомінеральних частинок твердої фази ґрунту, володіють поглинальною та обмінною здатністю*), нітрати засвоюються рослиною, частково вимиваються у нижні шари ґрунту.



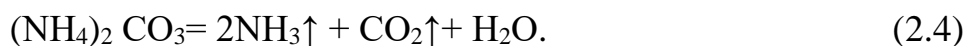
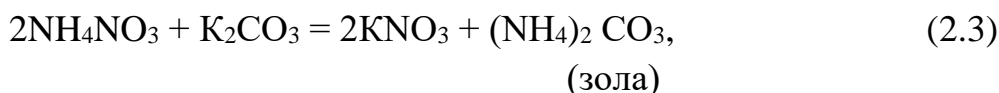
Амоній добрива піддаються процесу нітрифікації, перетворюється на NO_3^- при сприятливій температурі 25-28°C та вологості 60-70 % від потенційно можливої за доступу O_2 .

Амонійну селітру можна вносити на всіх ґрунтах як основне добриво (під оранку на вододілах, в основному під культивуацію та боронування), рядкового (не більше 0,5 ц/га) та підживлення (1-2 ц/га).

Не слід її вносити під оранку в знижених елементах рельєфу, на ґрунтах легкого гранулометричного складу та на алювіальних у заплавах.

На таких ґрунтах внесення амонійної селітри під зяблеву оранку призведе до промивання нітратів на глибину до 1 м і часткових втрат паводковою водою.

Амонійну селітру можна змішувати з суперфосфатом та хлористим калієм у день внесення у ґрунт. При завчасному змішуванні суміш стає вологою липкою, нерівномірно вноситься на поверхню поля. Не можна змішувати амонійне добриво з лужними добривами (вапно, томасшлак, зола), це призводить до втрати азоту у вигляді аміаку:



З метою розширення ринків збуту, та збереження попиту низка підприємств продовжує працювати з удосконалення асортименту селітри, що випускається.

Для зменшення злиття селітри при виробництві сьогодні замінюють фосфорно-кислотні добавки на азотнокислу магнезіальну суміш.

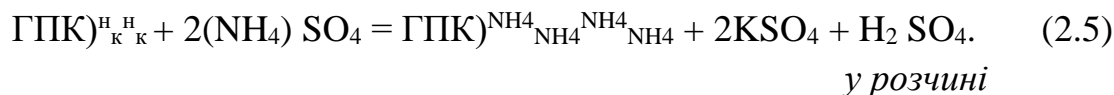
Амонійні азотні добрива. До амонійних азотних добрив відносять сульфат амонію, хлористий амоній, сульфат амонію-натрію, бікарбонат амонію.

Сульфат амонію або сірчаноокислий амоній $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ випускається вищого ґатунку та технічний у порошкоподібному вигляді.

У найвищому сорті азоту міститься 21,0-20,8 %, у технічному – 20,8-19,0 %.

Вищий сорт має світле забарвлення, технічний - у залежності від вмісту домішок. Добриво добре розчиняється у воді, не злежується, малогіроскопічне, у процесі зберігання утворюється скоринка. У ньому знаходяться домішки вільної сірчаної кислоти (0,2%), сліди роданистого амонію та кілька органічних речовин (не більше 0,5 %).

Амоній добрива в ґрунті вступають в обмінну реакцію з катіонами ґрунтово-поглинаючого комплексу, міцно закріплюється та не вимивається опадами:



На ґрунтах, що добре аеруються, при температурах більше 10°C та вологості 60-70 % від потенційно можливої піддається процесу нітрифікації, переходить азот NH₄ в NO₃.

Це добриво можна вносити заздалегідь, тобто під зяблеву оранку на глинистих та суглинистих ґрунтах.

Сульфат амонію – фізіологічно кисле добриво. Для нейтралізації кислоти, що утворюється, витрачається 1,5 ц вапна. Добриво можна вносити як основне добриво під усі сільськогосподарські культури. Особливо ефективне добриво на картоплі, оскільки вона сильніше за інші культури потребує сірки та переносить кислу реакцію середовища.

Хлористий амоній [NH₄Cl] містить 24-25%. Являє собою дрібнокристалічний, білий або жовтуватий порошок. Отримують його як побічний продукт під час виробництва соди. Добриво сильно підкислює ґрунтовий розчин, містить велику кількість хлору. Вносити рекомендується з осені під зяблеву оранку, причому хлор вимивається і не шкідливо впливає на рослини:



Амонійна форма азоту за сприятливих умов може піддаватися нітрифікації.

Ще рідше, ніж хлористий амоній, до сільського господарства надходить **сульфат амонію-натрію [(NH₄)₂SO₄ + Na₂SO₄]**. Містить 16-17% N та 8% Na. Добриво добре розчиняється у воді, сірого або жовтого кольору. За своєю дією прирівнюється до сірчанокислого амонію, сильно підкислює ґрунт. На вапняних ґрунтах можна вносити як основне добриво під культури чуйні до натрію, а також для підживлення пасовищ та сінокосів.

Сульфонітрат амонію (сульфат-нітрат амонію, сульфонатрій, нітросульфат амонію) [(NH₄)₂SO₄ × 2NH₄NO₃ – 25,0-27,0 % N] – суміш,

сплав або подвійна сіль, що складається з нітрату та сульфату амонію. Зручність добре розчинна у воді, сірого кольору, дрібнокристалічний.

Є гарним добривом для технічних культур (буряк, бавовник, льон). Умови застосування ті самі, що й для сульфату амонію. Фізіологічна кислотність середня між нітратом амонію та сульфатом амонію.

Рідкі аміачні добрива. *Аміак рідкий синтетичний* [NH_3] (82,0 % N – марка В) є жовтуватою з різким запахом рідиною. Зберігається та транспортується у сталевих цистернах або балонах, розрахованих на тиск 25-30 атмосфер. Одиниця азоту в рідкому аміаку на 40-100% дешевше, ніж у твердих азотних добривах (залежно від форми). При внесенні на поверхню ґрунту азот у формі аміаку швидко випаровується, тому вносити його необхідно на глибину 14-18 см спеціальними машинами. В Україні широкого застосування безводний аміак не знайшов, багато застосовують його фермерські господарства США У 1985 р. в асортименті становив 7%, а 2000 р. – 2%.

Аміак водний (аміачна вода) [$\text{NH}_4 \text{ON}^+ \text{NH}_3$] – це розчин аміаку у воді. Промисловістю випускається двох сортів:

- перший сорт містить азоту 20,5% (25% NH_3);
- другий сорт – не менше 18,0 % азоту та 22 % NH_3 . В асортименті азотних добрив у 1980 р. становив 11 %, у 2009 р. – 1 %;
- у технічному безводному аміаку вміст азоту – 16-17 %.

Азот в аміачній воді представлений двома формами: вільним аміаком – NH_3 та гідратом окису амонію – NH_4OH .

Пружність пари аміачної води близько 0,5 атмосфер, температура замерзання першого гатунку – 56 °С, другого – 33 °С. Вносити аміачну воду поверхнево не можна. Вноситься вона спеціальними машинами на глибину 14-15 см, на легких ґрунтах – 18-20 см.

Технологія внесення аміачної води складніша в порівнянні з твердими, при цьому суворо повинні дотримуватися заходів безпеки у роботі.

У ґрунті водний аміак входить у фізико-хімічні зв'язки колоїдами, міцно закріплюється, тому його можна вносити з осені під зяблеву оранку, не боючись втрат азоту. Водний аміак можна застосовувати також у складі основного добрива навесні під усі культури та влітку в підживлення овочевих та просапних культур.

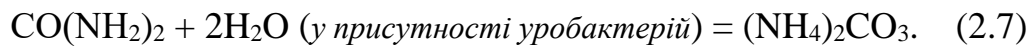
У поглиненому стані він недовго. При температурі ґрунту 20 °С і вище вже через місяць майже весь амонійний азот в результаті нітрифікації

переходить у нітратну форму, тобто утворюються нітрати – солі азотної кислоти [KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 та ін.] на частку водного аміаку (аміачної води) в асортименті азотних добрив у 80-х роках припадало 10-12 %.

Амідні азотні добрива. Карбамід (сечовина) $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ вищий сорт містить 46,2%, перший сорт – 46,0% азоту. Вміст біурету (шкідлива для рослин домішка) не повинен перевищувати 1,0%, вологи не більше 0,5%.

Випускається в порошкоподібному та гранульованому стані (від 1 до 4 мм) не менше 94 %), добре розчиняється у воді, білого кольору, приємна на дотик, при зберіганні злежується незначно. В асортименті азотних добрив на початку ХХ століття сечовина становила 10%, а наприкінці сторіччя – 23-27%.

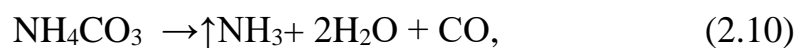
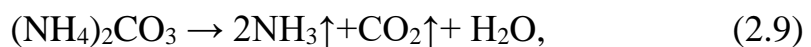
У ґрунті при температурі 15 °С сечовина швидко (2-3 дні) амоніфікується з утворенням вуглекислого амонію:



У перші дні карбонат амонію викликає підлужування ґрунтового розчину, а потім перетворюється на HNO_3 та її солі:



При поверхневому внесенні можуть бути часткові втрати азоту вигляді NH_3 , тому необхідна закладення в ґрунт відразу після внесення:



Сечовину можна вносити з осені під зяблеву оранку, якщо варто прохолодна погода та ґрунт не прогрівається вище 15°С. При вищій температурі амонійний азот піддається процесу нітрифікації, при цьому рясні осінні опади нітрати можуть вимиватися в підорні горизонти.

У весняно-літній час на дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах нітрифікація закінчується під ярими зерновими культурами за 20-30 днів, тобто до середини червня. В результаті нітрифікації підлужування ґрунту змінюється підкисленням:



Сечовина вважається концентрованим азотним добривом. Її можна вносити як основне добрива під всі культури, як рядкове (не більше 0,25 ц/га) внесення, застосовувати для кореневої підживлення овочевих та плодкових культур, картоплі та кукурудзи в дозі 30 кг/га, некореневе підживлення до 10 % розчинів.

Промисловістю випускаються також рідкі азотні добрива, так звані **аміакати**. Азот, що втримується в них, представлений аміаком, амонійною і кальцієвою селітрою, сечовиною. Залежно від складу тиск пари в аміакатах нижче, ніж водного аміаку. Містять аміакати 30-50% азоту.

Істотним недоліком їх є здатність кристалізації при температурі 14-17°C. До групи цих добрив відносяться КАС та КСААС.

КАС (карбамідо-аміачна суміш) $[\text{NH}_4\text{NO}_3 \times \text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ – стабільне рідке добриво. Відповідно до норм це рідина світлого кольору з жовтуватим жовто-зеленим відтінком, містить 28-32% азоту. Вона складається з плава амонійної селітри (38,0-42,7 %), сечовини (31-42 %) додаванням невеликих кількостей аміаку (0,2-0,3 %) та ортофосфорної кислоти (0,1-0,2% P_2O_5). Не створює надлишкового тиску парів, добре розчиняється у воді. Використовують як основне добриво, але особливо ефективно як кореневе підживлення (10-20 % розчину).

КСААС (карбамід, сульфат амонію, аміачна селітра) – прозора рідина жовтувато-зеленого кольору. Містить щонайменше 18 % азоту. До його складу входять (в %): сечовина – 25, сульфат амонію – 25, амонійна селітра – 5, вода – 45. Властивості та застосування – аналогічно КАС.

Мінеральні азотні добрива при внесенні у ґрунт впливають на ґрунтову мікрофлору, активізують життєдіяльність мікроорганізмів (бактерії, водорості, гриби, актиноміцети) і мікрофауни (найпростіші, нематоди). На ефективність азотних добрив впливають такі фактори:

- 1) географічні закономірності їхньої дії;

2) комплекс агрономічних та меліоративних заходів, що вживаються у сівозміні або під конкретну культуру;

3) науково-обґрунтована технологія застосування самих азотних добрив, тобто терміни, дози, способи, форми та ін;

4) удосконалення форм азотних добрив;

5) використання найефективніших методів діагностики застосування азотних добрив.

У зонах з високою ефективністю азотних добрив внесення кожної тони азоту дає додатково 10-15 т зерна, 30-40 - коренеплідів цукрових буряків, 5-6 - бавовни-сирцю, близько 2 - льоноволокна, 20-30 т сіна лугових трав тощо. буд. Найбільш ефективними є азотні добрива в районах достатнього забезпечення рослин вологою. Дія їх стійкості позитивно проявляється на бідних гумусом дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах, а також опідзолених та вилужених чорноземах. Причому з підвищенням ступеня вилуженої чорноземів ефективність азотних добрив зростає.

Так, у степовій зоні зі збільшенням посушливості клімату дія їх слабшає та стає нестійкою. Але і в степових районах землеробства ефективність азотних добрив може помітно зрости, якщо їх застосовувати у комплексі агрозаходів, спрямованих на накопичення та збереження вологи у ґрунті. Цим пояснюється високий стійкий ефект від азотних добрив здебільшого різних типах ґрунтів степової зони за умов зрошення. Тут їхня дія буває вищою, ніж фосфорних та калійних добрив.

Дія азотних добрив може бути різним і всередині великих землеробських зон країни. Так, у зоні, де не має чорноземів внесення 1 кг азоту за оптимальних доз добрив дає додатково 8-15 кг зерна, 50-70 - картоплі, 3,5 - льоноволокна, 70-100 кг силосної кукурудзи. Особливо висока дія азотних добрив у цій зоні проявляється на супіщаних та піщаних ґрунтах, де цей елемент живлення рослин майже завжди знаходиться в мінімумі. В умовах промивного режиму відзначаються великі втрати азоту в осінньо-зимово-весняний період, що пояснює значну перевагу весняного внесення азотних добрив перед осіннім.

На осушених торф'яно-болотних ґрунтах дія азотних добрив знижується, тому що в мінімумі виявляються калійні та фосфорні добрива. Однак у роки освоєння торфовищ зростає ефективність азоту.

У лісостеповій зоні також проявляються відмінності у дії добрив. На опідзолених та вилужених чорноземах України окупність азотних добрив вища у правобережному лісостепу та менша у лівобережній.

У різних районах степової зони дія азотних добрив також по-різному. У Молдові, наприклад, великі надбавки врожаю оброблюваних культур від внесення азотних добрив отримують на типових чорноземах, менші - на звичайних та карбонатних. На кожен внесений кілограм азоту отримують прибавки до 6 кг зерна пшениці озимої, до 7 кг зерна кукурудзи, 2,5-3 кг насіння соняшника, 40-60 кг коренеплодів цукрових буряків.

На звичайних чорноземах степових районів України азотні добрива ефективні на посівах озимої пшениці, цукрових буряків, кукурудзи. Проте дія їх помітно послаблюється із Заходу на Схід.

Каштанові ґрунти характеризуються низьким вмістом гумусу, тому в Україні на цих ґрунтах відзначається хороша дія добрив.

Найбільш лімітуючим елементом продуктивності рослин поправу вважається азот. Будь-хто з агрономів розуміє, що питання азотного живлення було, є і буде головним питанням мінерального живлення рослин. Азот є основним елементом, що забезпечує синтез амінокислот, ліпоїдів, білків та нуклеїнових кислот. Для рослин вкрай важливо те, що азот є учасником процесу утворення зеленого пігменту (хлорофілу) та особливих сполук, контролюючих ріст рослин.

За нестачі азоту рослини відстають у рості, а їхні листки набувають блідо-зеленого, жовтуватого забарвлення. Внаслідок реутилізації (відтоку азоту з раніше утворених частин рослин в молоді), нестача цього елемента насамперед проявляється на листках, що вже закінчили ріст, тобто старих, які зазвичай розташовані в нижній частині стебла. Пожовтіння цих листків через розкладання хлорофілу поступово переходить у побуріння тканин та їхнє засихання, особливо верхнього кінчика листка, що в кінцевому результаті зменшує продуктивність рослин, знижує інтенсивність проходження в них біохімічних процесів і погіршує якість вирощеної продукції.

Нормальне азотне живлення, навпаки, підвищує продуктивність рослин. До того ж листки мають темно-зелене забарвлення, рослина добре кущиться, формує велике листя і повноцінні репродуктивні органи, в яких прискорюється синтез білка. Тож вони тривалий час упродовж всієї вегетації зберігають свою активну життєдіяльність.

Зміна забарвлення листя може бути викликана й іншими причинами, крім нестачі азоту. Пожовтіння нижніх листків буває при нестачі вологи в ґрунті, а також при природному старінні і відмирання листя.

При нестачі азоту посвітління і пожовтіння забарвлення починається з жилок і прилеглої до них частини листової пластинки; частини листа, віддалені від жилок, можуть зберігати ще світло-зелене забарвлення. На листі, пожовклому від нестачі азоту, як правило, не буває зелених жилок.

При старінні ж листя пожовтіння їх починається з частини листової пластинки, розташованої між жилками, а жилки і тканини біля них зберігають ще зелене забарвлення. У деяких рослин (картопля, буряк) при внесенні калійних добрив, особливо низькопроцентних (сильвініт, калійна сіль), спостерігається загальне посвітління листя. Але в цьому випадку може не бути припинення росту рослин, зменшення утворення нових пагонів, стебла становлять тонкими, зменшується розмірів молодого листя, як при нестачі азоту.

При нестачі азоту посвітліле забарвлення починається з старіших, нижніх листочків, які набувають жовтого, жовто-гарячого і червоного відтінку. Це фарбування переходить далі і на більш молоде листя, може проявлятися і на черешках листя. Листя при нестачі азоту опадають передчасно, дозрівання рослин прискорюється (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Вплив нестачі азотних добрив на розвиток рослин

Особливо чутливі до різних форм азотного живлення рослини в молодому віці. Так, сходи рослин, у яких насіння має недостатньо

запасних поживних речовин, значно гірше переносять надлишок аміачного азоту, ніж нітратного, оскільки амонійний азот спричинює токсикоз у насіння, що проростає.

Зміна забарвлення листя може бути викликана й іншими причинами, крім нестачі азоту. Пожовтіння нижніх листків буває при нестачі вологи в ґрунті, а також при природному старінні і відмирання листя. При нестачі азоту посвітління і пожовтіння забарвлення починається з жилок і прилеглої до них частини листової пластинки; частини листа, віддалені від жилок, можуть зберігати ще світло-зелене забарвлення. На листі, пожовклому від нестачі азоту, як правило, не буває зелених жилок. При старінні ж листя пожовтіння їх починається з частини листової пластинки, розташованої між жилками, а жилки і тканини біля них зберігають ще зелене забарвлення. У деяких рослин (картопля, буряк) при внесенні калійних добрив, особливо низькопроцентних (сильвініт, калійна сіль), спостерігається загальне посвітління листя. Але в цьому випадку може не бути припинення росту рослин, зменшення утворення нових пагонів, ущільнення стебел і зменшення розмірів молодого листя, як при нестачі азоту. При нестачі азоту посвітліле забарвлення починається з старіших, нижніх листочків, які набувають жовтого, жовто-гарячого і червоного відтінку. Це фарбування переходить далі і на більш молоде листя, може проявлятися і на черешках листя. Листя при нестачі азоту опадають передчасно, дозрівання рослин прискорюється.

Азот відіграє ключову роль у зростанні стебла та листя. Найбільш інтенсивно рослини поглинають і засвоюють азот у період максимального утворення та зростання стебел і листя, тобто у вегетативний період. Тому так важливо стежити за достатністю їх у харчуванні рослин (особливо на цій стадії) (рис. 2.3)

Підвищення ефективності азотних добрив пов'язане зі своєчасним та високоякісним застосуванням комплексу агрономічних, меліоративних та ґрунтозахисних заходів, з покращенням культури землеробства (відсутність засміченості, сприятливі водно-повітряний, температурний режими ґрунту, оптимальне утримання інших поживних елементів у ґрунті, посів високопродуктивних сортів на азотні добрива, застосування інтегральної системи захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів та т.д.). Всі заходи, спрямовані на підвищення родючості ґрунтів, їх окультуреності, сприяють і підвищенню ефективності азотних добрив, більшої їхньої окупності додатковою продукцією. Баланс гумусу у ґрунті

має бути позитивним чи бездефіцитним за рахунок застосування у сівозміні органічних добрив.



Рисунок 2.3 – Нестача (1) та надлишок (2) азотних добрив: 1 – хлороз, ослаблення куштиння, відставання у рості рослин пшениці, 2 – збільшення вегетативної маси, ярке забарвлення листя табаку

Поєднання органічних та мінеральних добрив особливо важливе при внесенні високих доз азоту. Органічні добрива запобігають негативній дії підвищених доз мінерального азоту, сприяють кращому та більш ефективному його використанню. Азот мінеральних добрив повинен бути в ґрунті в оптимальному співвідношенні з іншими поживними елементами для культури, що вирощується. Ефективна дія одних азотних добрив і разом з калійними проявляється на ґрунті, добре забезпеченому рухомим фосфором. Дія фосфорних добрив у разі дуже слабке, а білковість зерна пшениці навіть знижується.

Ефективність азотних добрив суттєво зростає при вапнуванні кислих ґрунтів, що пояснюється кращим використанням азоту добрив, підвищенням мобілізації азоту ґрунту, поліпшенням фосфорного живлення рослин, а отже, і найкращим співвідношенням азоту та фосфору для живлення рослин. У посушливих степових та сухостепових районах посилити позитивну дію азотних добрив може зрошення. У цьому випадку важливим є поєднання оптимальних доз азоту і режимів зрошення.

Ефективне використання азотних добрив можливе при застосуванні їх у комплексі з прийомами ґрунтозахисної, протиерозійної систем обробітку ґрунту (контурно-меліоративною оранкою поперек схилу, комбінованим оранкою в поєднанні із щілиною на схилах, обваловуванням та зниженням зябу та інших прийомів). ґрунти. Коефіцієнт використання азоту добрив, отже, та його ефективність у своїй підвищуються.

Азот втрачається у вигляді аміаку при неправильному застосуванні сечовини. За своєчасного внесення карбаміду у ґрунт коефіцієнт використання є не нижчим, ніж у інших форм. Закріплення амідного азоту у ґрунті таке ж, як аміачних добрив.

Надлишок чи дефіцит вологи дуже зменшує рівень використання азоту добрив, тому дуже важливо правильно поєднувати дози добрив та полив. При дефіциті води дози добрив треба знижувати. Їх вносити варто разом з поливною водою.

Коефіцієнт використання азоту добрив залежить від норм і термінів їх внесення. Культури з довшим вегетаційним періодом використовують більше азоту, але його внесення слід наблизити до терміну його найбільшого поглинання.

Для зменшення втрат азоту з добрив застосовують інгібітори нітрифікації – засоби, які сповільнюють процес нітрифікації та денітрифікації, що дозволяє рослинам більше використовувати азотні добрива. Дуже ефективно застосування сечовино-формальдегідних азотних добрив та магній-амоній-фосфату, які діють повільно.

Щоб звести до мінімуму втрати азотних добрив потрібен високий рівень агротехніки, впровадження високопродуктивних сортів сільгоспкультур, оптимальна пропорція поживних речовин у ґрунті та усунення надлишкової кислотності.

Деякі фермери використовують більше добрив, ніж необхідно, відповідно, при нераціональному використанні, нетипові для рослин сполуки впливають на здоров'я, провокуючи розвиток хвороб. При надмірному внесенні азоту в ґрунт відбувається затримка цвітіння та дозрівання культур. Візуально рослини виглядають перегодованими - потужні стебла, темно-зелена гичка, тканини стають соковитими й м'якими. Вони більш сприйнятливі до грибних хвороб і доступні шкідникам. Також, подовжується період вегетації, терміни збору, затримується пора цвітіння.

2.3 Фосфорні добрива

Фосфор – елемент, необхідний для повноцінного живлення садових та овочевих рослин. Фосфорні добрива збільшують цукристість плодів, роблять багаторічники холодостійкими та несприйнятливими до хвороб, допомагають розвивати потужну кореневу систему та стимулюють цвітіння.

Фосфорні добрива отримують з мінералів, що містять фосфор: апатиту та фосфориту. З апатиту спочатку готують апатитовий концентрат з вмістом P_2O_5 - 39%, з фосфоритів тонкорозмелений порошок. Підготовлену вихідну сировину обробляють концентрованою сірчаною кислотою та отримують однозаміщений фосфат кальцію, або ортофосфорну кислоту з гіпсом. Це залежить від кількості взятої сірчаної кислоти для обробки фосфатної сировини.

Усі фосфорні добрива за ступенем розчинності та доступності для рослин ділять на три групи: водорозчинні (з таких добрив фосфор витягується водою), розчинні у слабких кислотах (фосфор витягується 2 % лимонною кислотою) і важкорозчинні (фосфор витягується сумішню концентрованої азотної та 15 % соляної кислот).

Суперфосфат простий - $[Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O + 2CaSO_4 + H_3PO_4$ (до 5%)]. Зміст P_2O_5 може бути від 16 до 20%, у тому числі 75-90% водорозчинного, а засвоюваного від 88 до 98%. Простий суперфосфат із вмістом засвоюваного фосфору 23,5 % носить назву збагачений з меншим вмістом гіпсу. Вміст води трохи більше 5 %, вільної ортофосфорної кислоти H_3PO_4 трохи більше 5 %.

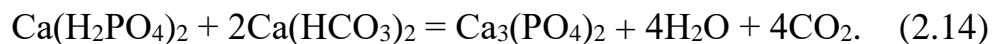
Простий і збагачений суперфосфат являє собою світло-сірий порошок, кислий, із запахом сірчаної та фосфорної кислот, здатний комкуватися. Для покращення фізичних властивостей та засвоюваності фосфору рослинами його піддають грануляції, розмір гранул 3-4 мм. У сільське господарство суперфосфат надходить насипом або до п'ятишарових паперових мішки.

При внесенні у ґрунт частина засвоюваного фосфору суперфосфату в залежності від властивостей ґрунтів переходить у менш доступну форму.

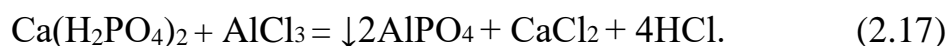
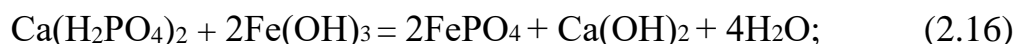
На нейтральних ґрунтах при взаємодії суперфосфату з бікарбонатом кальцію утворюється *дифосфат кальцію* (преципітат), нерозчинна у воді сіль, але розчинна у слабких розчинах кислот:



У лужному середовищі та у присутності великої кількості бікарбонату кальцію утворюється *трикальційфосфат (фосфорит)*, сіль нерозчинна в воді та слабо розчинна у слабких розчинах кислот:



У ґрунтах з підвищеною кислотністю, насичених полуторними окислами $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ можуть утворитися важкозасвоювальні фосфорні сполуки – фосфати заліза та алюмінію:



Хімічне поглинання фосфорної кислоти суперфосфату називається *ретроградацією фосфору*, а фосфор у вигляді AlPO_4 та FePO_4 – *свіжоосадженими*.

Крім хімічного зв'язування, частина фосфорної кислоти адсорбується позитивно зарядженими колоїдними частинками в обмін на інші аніони, переважно – на HCO_3^- . Адсорбований фосфор майже повністю доступний рослинам.

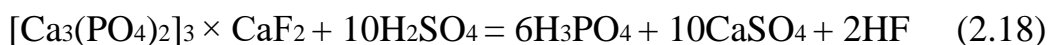
Фосфор гранульованого суперфосфату використовується значно краще і у великих кількостях, ніж із порошкоподібного. Гранульований суперфосфат менше стикається з частинками ґрунту, а тому менше утворюється слабозчинних фосфатів.

При внесенні однакових доз порошкоподібного та гранульованого суперфосфату надбавка від останнього буває значно вищою.

При нейтралізації вільної ортофосфорної кислоти суперфосфату аміаком одержують аммонізований суперфосфат $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$. Амонізований суперфосфат містить 14-17 % P_2O_5 та 3-5 % азоту, має хороші фізичні властивості, застосовується під всі культури, особливо ефективний як рядкове добрива.

Подвійний суперфосфат - $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4]$. Одержують у дві стадії. Спочатку з апатитового концентрату або фосфориту

отримують ортофосфорну кислоту методом екстракції (обробка сировини концентрованою сірчаною кислотою):



або методом сублимації з низьковідсоткових фосфоритів при температурі 1400-1500 °С в електропечах:



Отриманою ортофосфорною кислотою обробляють нову партію фосфатної сировини:



Подвійний суперфосфат не містить гіпсу $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}]$, випускається в гранульованому вигляді, містить 43-50% P_2O_5 . Суперфосфат подвійний гранульований марки А містить P_2O_5 $49 \pm 1\%$, марки Б – $43-46 \pm 1\%$. Масова частка гранул від 1 до 4 мм повинна бути не менше 90%, води не більше 4%, вільної ортофосфорної кислоти H_3PO_4 трохи більше 2,5 %.

Суперфосфат, що містить понад 45% фосфору, називають **концентрованим або потрійним**. Зміст P_2O_5 залежить, переважно, від вмісту P_2O_5 в мінералах. З апатитів отримують суперфосфат з більш високим вмістом фосфору, ніж із фосфориту.

Удобрювальні якості простого та подвійного суперфосфату однакові. На ґрунтах бідних сірої, простий суперфосфат може виявитися ефективнішим. *Переважно вносити під культури з високим виносом сірки: бобові, зернобобові та хрестоцвіті.*

Суперфосфат на слабокислих і нейтральних ґрунтах можна вносити восени під зяблеву оранку, навесні – під культивування, як рядкове та місцеве добрива та підживлення (кореневі та некореневі).

Промисловість випускає простий суперфосфат із додаванням мікроелементів: борний суперфосфат містить $0,2 \pm 0,05\%$ бору, марганізований суперфосфат – $1,5 \pm 0,05\%$ марганцю та молібденізований суперфосфат - $0,13 \pm 0,03\%$ молібдену та ін. Вміст води не більше 4%, вільної ортофосфорної кислоти H_3PO_4 трохи більше 5 %.

Гранульований суперфосфат з мікроелементами вносять як рядкового добрива, передусім культури, які потребують у фосфорі, а й мікроелементах. Доза добрива розраховується за вмістом фосфору та становить 15-20 кг P₂O₅ на га, або 0,4-0,5 ц/га фізичної маси подвійного чи 0,8-1,0 ц/га простого суперфосфату.

Одним із показників якості суперфосфатів є зміст вільної кислоти. Для зниження вільної кислотності використовується амонізація та поверхнева нейтралізація гранул шляхом опудрювання крейдою.

У простому суперфосфаті з мікроелементами вміст H₃PO₄ має бути не більше 3,2%, у подвійному марки А – до 5,5%, марки Б – до 6,5%.

Наявність вільної кислоти необхідно враховувати під час приготування сухих сумішей, оскільки різко зростає вологість суміші туків. Для внесення НРК-тукосумішей протягом 7-10 діб після приготування придатний поверхнево-амонізований суперфосфат, вологість та вільна кислотність якого не перевищує 4 %.

Потрійні тукосуміші хорошої якості, придатні для зберігання до 6 місяців, можуть бути отримані при використанні поверхнево-амонізованого суперфосфату за наявності вільної кислоти до 1,5%.

До групи водорозчинних фосфорних добрив належить ***суперфос (суперфосфатно-фосфорне добриво)***, що містить не менше 38% фосфору, у тому числі 50-65% водорозчинного. Це міцні, сірі, малогігроскопічні, сипучі гранули розміром 2-3 мм. Придатний для приготування різних тукосумішей.

На кислих і вапняних ґрунтах його ефективність рівноцінна суперфосфату. Основне внесення ефективно під ячмінь, овес, гречку, озиме жито, дає добрий ефект і як припосівне добриво. Випускають у невеликих кількостях.

Напіврозчинні фосфорні добрива. До нерозчинних у воді, але розчинних у слабких розчинах кислот належать такі фосфорні добрива: преципітат, обезфторений фосфат, томасів шлак, магнієвий плавлений фосфат та мартенівські шлаки.

Преципітат [(CaHPO₄ × 2H₂O)]. Отримують шляхом осадження фосфорної кислоти вапняним молоком [Ca(OH)₂] або крейдою.

Містить 27-38% P₂O₅ (залежно від концентрації кислоти), води не більше 8%, фтору 0,1-0,2%, світло-сірий чи білий порошок, що не злежується. Вносять преципітат, як основне добриво, на кислих та слабокислих ґрунтах. Ефективність на нейтральних ґрунтах дещо нижча,

ніж від простого та подвійного порошкоподібного суперфосфату, а на кислих ґрунтах більш висока. У гранульованому вигляді преципітату не випускається.

Обезфторений фосфат [$3\text{CaO P}_2\text{O}_5 + 4\text{Ca P}_2\text{O}_5 \times \text{SiO}_2$] – містить 20-32 % P_2O_5 . Одержують з апатитового концентрату шляхом обробки водяною парою при високій температурі - 1450-1550 °С. У таких умовах апатит [$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$] руйнується виділенням фтору, а фосфор перетворюється на засвоювані для рослин форми.

Обезфторений фосфат з апатиту містить 30-32% P_2O_5 , розчинного в лимонній кислоті, при прожарюванні фосфориту 20-22%. Це кристалічний порошок сірого або салатного кольору, в гранульованому вигляді не випускається, має добрі фізичні властивості. Рекомендується застосовувати як основне добриво під всі культури на слабокислих і кислих ґрунтах.

Аналогічним способом одержують **плавлений магнезійний фосфат** [$4(\text{CaMg})\text{OSiO}_2 + 5(\text{CaMg})\text{O P}_2\text{O}_5\text{SiO}_2$]. Містить 20-35% P_2O_5 та 18-14% MgO . Складається із склоподібних, прозорих гранул різної величини. Залежно від вихідної сировини, колір гранул може мати яскраво-зелений, чорний та інші кольори. Добриво з добрими фізичними властивостями.

Тонкорозмелений плавлений магнезійний фосфат використовують як основне добриво під всі культури на кислих ґрунтах, а також на овочевих культур у теплично-парникових умовах.

Шлак фосфорний (мартенівський) $4\text{CaO P}_2\text{O}_5 + 5 \text{CaO P}_2\text{O}_5\text{SiO}_2$ містить 14,0-20,0% P_2O_5 у лимоннорозчинній формі. Порошок темно-сірого кольору, отримують як відхід при виплавці багатих фосфором чавунів у мартенівських печах. Є фосфорно-вапняним добривом, містить 10-12% вільного окису кальцію (CaO), тому його не можна змішувати з аміачними солями. Це лужне фосфорне добриво. Воно особливо ефективно на кислих невапнованих дерново-підзолистих ґрунтах. Застосовують його у вигляді основного допосівного внесення під оранку або культивуацію.

Важкорозчинні фосфорні добрива. До важкорозчинних добрив відноситься **фосфоритне борошно** [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{домішки CaCO}_3, \text{CaF}_2, \text{MgCO}_3 \text{ та ін.}$]. Отримують шляхом розмелювання природних фосфоритів, тому вміст P_2O_5 , залежно від родовища може змінюватися від 14 до 29 %.

Тонкорозмелений фосфорит – порошок, що пилить, землисто-сірого або бурого кольору, залишок на ситі 0,18 мм не повинен перевищувати

10%. Якість помелу впливає її ефективність. Великі частки повільно руйнуються під впливом кислотності ґрунтів.

Основним фактором, що визначає ефективність фосфоритної борошна, є кислотність ґрунту. Вважається, що при гідролітичній кислотності менше 2-2,5 ммоль у 100 г ґрунту фосфоритне борошно не розкладається.

Фосфоритне борошно часто діє слабше на піщаних ґрунтах, ніж на глинистих, так як потенційна кислотність піщаних ґрунтів менше, ніж глинистих за однакового значення рН ґрунту.

Залежно від властивостей ґрунту можна встановлювати і дозування фосфоритного борошна: на ґрунтах сильнокислих (рН 5,0 і менше) можливо застосування її в тій же дозі, що і суперфосфат, на слабокислих ґрунтах слід застосовувати полуторні, подвійні та навіть потрійні дози фосмуки.

На кислих дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах, опідзолених та вилужених чорноземах, у подвоєній дозі вона не поступалася суперфосфатам (табл. 2.1).

Встановлено, що різні рослини неоднаково реагують на добриво фосфоритним борошном. Більшість рослин може використовувати її за відповідної кислотності. До таких відносяться злаки, льон, буряк, картопля, горох, боби, конюшина, віка. Причому озиме жито по чистому пару, конюшина, горох засвоюють фосмуку краще, ніж інші культури цієї групи.

Таблиця 2.1 – Вплив суперфосфату та фосфоритного борошна на врожайність озимого жита залежно від ґрунтів (середнє за дослідями)

ґрунти	Збільшення врожаю зерна			
	від суперфосфату		від фосфорної муки	
	ц/га	%	ц/га	%
Підзолисті	3,5	38	3,1	33
Сірі лісові	2,6	23	2,1	19
Чорноземи деградовані	3,7	28	3,3	24
Чорноземи вилужені	4,1	25	2,6	16
Чорноземи звичайні	3,6	24	1,3	8

Інша група рослин може добре використовувати фосфоритне борошно при слабокислій або навіть нейтральній реакції - люпин, гірчиця, гречка, еспарцет за рахунок кисліших кореневих виділень. Найкращі результати фосмука дає при внесенні під глибоку оранку у вологий шар ґрунту з фізіологічно кислими добривами.

Розчинність фосфоритної муки підвищується при спільному внесенні її у вигляді компосту з гноєм та торфом, фізіологічно кислими добривами.

Фосфоритне борошно повинне широко використовуватися при підготовці та зберіганні гною, при приготуванні різних компостів. Додаючи до гною 1-3 % фосфоритного борошна (20-30 кг/т гною), ми сприяємо зв'язуванню аміаку та запобіганню його втрат в атмосферу.

Під впливом вугільної та органічних кислот при мінералізації органічної маси фосфор з фосфоритного борошна перетворюється на **дикальцій-фосфат (преципітат) CaHPO_4** , з якого фосфор більш доступний рослинам, ніж із фосфоритного борошна $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:



Фосфоритне борошно до гною можна додавати в будь-яку пору року та навіть у стійлах тварин перед збиранням гною.

До важкорозчинних добрив відноситься **кістяне борошно $3(\text{Ca}_3\text{PO}_4)_2 \times \text{Ca}(\text{OH})_2$** . У 40-ті роки ХІХ століття Ю. Лібих, спалюючи подрібнені кістки, вперше отримав кістяне борошно. Після випалу у ньому міститься 30-35% P_2O_5 та близько 1,5% азоту. Ефективність від його використання приблизно така сама, як і від фосфоритного борошна. В даний час кістяне борошно на добриво використовується вкрай рідко.

У сучасних умовах із 2000 р. 100 % фосфору виробляють у складі комплексних добрив.

Ефективне використання фосфорних добрив. Фосфор у живленні рослин займає дуже важливе місце. У всьому світі по всіх ґрунтах фосфор є другим після азоту серед усіх 17 найнеобхідніших елементів. Дефіцит фосфору зустрічається доволі часто. Фосфор взагалі є елементом життя.

Потреба рослин у фосфорі в різні періоди їх життя неоднакова. В початковий період після появи сходів фосфор для рослин украй необхідний, хоча б у невеликій кількості. Як показали дослідження, нестача цього елемента на початку росту рослин не компенсується внесенням його в наступні періоди росту і розвитку рослин. Це

пояснюється тим, що в ранньому віці розвивається коренева система рослин і створюються запаси цього елемента, які потім перерозподіляються між іншими органами. Тому, якщо в цей період не забезпечити достатнього фосфорного живлення рослин, а пізніше вносити цей елемент навіть у надлишку, то врожай буде нижчим.

Отже, фосфор - є одним з найважливіших макроелементів, який завдяки своїй активуючій дії:

- відіграє вирішальну роль у передачі енергії та диханні рослин;
- приймає участь у передачі спадкових властивостей та створенні клітинних мембран;
- прискорює перехід рослин до репродуктивної фази розвитку;
- позитивно впливає на генеративні органи рослини;
- у рослин виробляється стійкість до згубних факторів зовнішнього середовища.

В природі фосфор зустрічається винятково у зв'язаному стані. Найважливішими природними сполуками фосфору є мінерали фосфорит (фосфат кальцію $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) і апатит, який у своєму складі містить, окрім $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, ще й CaP_2 або CaCl_2 . Родовища цих мінералів доволі концентровані. Наприклад, Марокко має 70 % запасів усієї фосфатної сировини в світі, яка на сьогодні розвідана і може видобуватися. Низка вчених вважає, що до середини ХХІ сторіччя людство досягне піку у видобутку фосфатних руд (так званий фосфорний пік), після чого кількість цих руд буде тільки знижуватися. При цьому панувати на ринку фосфатних руд буде лише одна країна - Марокко. Тому фосфору приділяється дуже багато уваги: проводяться різноманітні конференції, створюються окремі проекти щодо ефективного його використання та альтернативних джерел його видобутку. Наприклад, чимало фосфору вилучають із каналізаційних стоків. На сьогодні багато відомих світових компаній отримують таким чином фосфор у вигляді струвіту, для того аби повертати його у колообіг.

Струвіт - фосфат біогенного походження, водний фосфат амонію і магнію. Знаходиться в родовищах гуано, в багатих на органіку торфовищах. Струвіт як біогенний мінерал часто зустрічається в складі продуктів розпаду органічних сполук в середовищі, яке гниє, утворюється в результаті дії бактерій на органічні сполуки, також відомий як складова частина ниркових каменів і каменів в сечовому міхурі і в лужній сечі

інфікованих. Вперше винайдено у відкладах у середньовічній каналізації (Церква Святого Миколая, Гамбург, Німеччина).

Раніше переважна більшість решток, як побутових, так і від виробництва, зокрема рослинництва та тваринництва (компост, гній, кісткове борошно) поверталися на поля. То сьогодні, вони майже не повертаються на поля і це є лінійним процесом виведення фосфору із колообігу.

В Україні, на жаль, більшість фосфору, який потрапляє до каналізації, для колообігу втрачається, адже питанням його вилучення практично ніхто не займається.

Візуальні ознаки нестачі фосфору у рослини проявляються тоді, коли вона вже надто потерпає від цього. Перші ознаки виявляють на нижніх листках, бо, на відміну від ґрунту, фосфор усередині рослини дуже рухливий. Нижні листки стають темно-зеленого кольору з проявом фіолетового забарвлення (рис. 2.4).



а



б



в



г

Рисунок 2.4 – Ознаки фосфорного голодування: а) кукурудза, б) ріпак, в) томати, г) капуста

Слід зазначити, що в прохолодні весни сільськогосподарські культури масово потерпають від браку фосфору. Це явище було спричинено низькими температурами, які ще більше уповільнювали рух фосфору і рослини страждали від нестачі цього елемента, фактично не змігши його засвоїти.

Також часто рослини страждають від прихованого дефіциту фосфору, що сильно впливає на врожай, і фермери не можуть зрозуміти, в чому ж причина. Взагалі-то вся агрохімія обертається навколо пошуку лімітуючого фактору. Для цього агроном повинен постійно спостерігати за рослинами та зробити якісний аналіз ґрунту. Лише так можна побудувати ефективну систему живлення рослин. Також буде надзвичайно корисно у господарстві закласти досліди з різними системами живлення і способами внесення добрив. Всі ці дії, врешті-решт, дадуть можливість вибудувати досконалу систему живлення рослин у вашому господарстві.

Дуже часто, навіть за достатнього насичення ґрунту добривами, рослини не можуть їх спожити. Це буває за різних умов, зокрема за недостатнього розвитку кореневої системи, ущільнення ґрунту, через яке коріння не може туди пробитися, та несприятливих прохолодних погодних умов тощо. Є рослини-індикатори, зокрема кукурудза, яка своїм фіолетовим кольором, «просигналізує» про нестачу фосфору (рис. 2.4 а).

Надлишок фосфору – це доволі рідкісне явище. Втім, якщо цього елемента забагато, то рослини не можуть нормально засвоювати залізо та цинк. А листки через збільшений вміст фосфору починають хворіти на хлороз.

Сьогодні ринок фосфорних добрив дуже диференційований і насичений різними марками. Наприклад, ще 10 років тому кількість марок добрив була дуже обмежена. Насамперед це пов'язано з політичним рішенням заборони ввезення добрив із Російської Федерації, де заводи переважно виробляють невеликий асортимент традиційних марок добрив. Після цього український ринок фосфорумісних добрив наситився препаратами з інших країн і маємо дуже велику кількість марок із різноманітним складом компонентів. Тому сьогодні вкрай важливо, як ніколи, вивчати склад добрив перед придбанням.

В першу чергу, слід звертають увагу на вміст фосфору в NPK, але не на загальний вміст фосфору, а на вміст саме доступного та водорозчинного елемента. Тобто, якщо ми вносимо фосфорне добриво і хочемо, аби воно подіяло в рік внесення і його основна ефективність прийшлася на

культуру, під яку вносимо, то вміст водорозчинного фосфору - найважливіший показник. Також потрібно дуже уважно аналізувати, що криється за етикеткою: яка форма фосфору, який розмір гранул, розчинність гранул, рівномірність гранульованого складу (гранули однакового розміру) тощо.

Фосфор найбільш доступний у діапазоні рН ґрунту 6,0–6,5. Це той діапазон, за якого фосфор ґрунтовий і внесений - найдоступніші. Найбільша проблема з фосфором виникає на карбонатних ґрунтах, бо вони схильні до швидкого і сильного зв'язування. На таких ґрунтах потрібно обирати добрива, які мають високий уміст водорозчинного фосфору, вносити їх якомога ближче до періоду вегетації: під час сівби чи локальне внесення.

Найголовніше непорозуміння щодо фосфору - вважається, що він малоефективний, адже коефіцієнт його засвоєння рослинами в перший рік внесення у найкращому випадку сягає 20, іноді 12–14%. Але з іншого боку, це дуже добре, бо фосфор майже не втрачається з ґрунту. Якщо ми інвестуємо у фосфор і знаємо, що це наша земля і ми її будемо використовувати, то впродовж 4-5 років майже 90% буде використано наступними культурами. На відміну від фосфору, азот не можна вносити про запас - він втрачається. Калій, особливо на легких ґрунтах, також може втрачатися. А от фосфор не втрачається і є непоганою інвестицією у майбутнє.

2.4 Калійні добрива

Калійні добрива є речовинами, які при попаданні в ґрунт насичують її калієм, роблячи його доступним для вбирання вирощуваними культурами. Отримання в достатній кількості даного елемента сприяє більш активному розвитку стебел і листя культур, а також позитивно позначається на якості отриманого врожаю.

Калій, що міститься в спеціальних добривах, отримують з руди, видобутої в природних родовищах. Мінерал очищається від домішок за допомогою промислового обладнання, після чого проводиться виробництво калійних добрив. Потрапляючи в ґрунт, добрива насичують її необхідним елементом.

У нинішній час добрива з вмістом калію широко використовуються в сільському господарстві. Їх застосування дозволяє забезпечити вирощувані культури достатньою кількістю мінералу, завдяки чому вони більш активно розвиваються, стають стійкими до різних недуг і порадають високою врожайністю. Корисно калійне добриво для квітів та декоративних газонних рослин.

Асортимент калійних добрив. *Калійні добрива* - речовини, які використовують для живлення сільськогосподарських рослин, основним поживним елементом яких є калій. Вміст калію в рослинах коливається від 0,4 до 6% сухої речовини і дуже багато його в бобових, буряках, картоплі, соняшнику, гречці. Джерелом калію для рослин є калій ґрунтів або калійні добрива.

Калійні добрива поділяють такі основні групи:

- *концентровані калійні добрива* - продукти заводської переробки природних мінералів (сирих солей). До них відносяться: хлористий калій (KCl), сульфат калію або сірчаноокислий калій (K_2SO_4), калімагнезія ($K_2SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O$);

– змішані, одержувані із сирих солей та концентрованих добрив: до них відноситься калійна сіль ($KCl + nKCl \times mNaCl$);

– відходи промисловості, що містять калій (цементний пил, вуглекислий калій, відпрацьований електроліт та ін.).

У світовому асортименті калійних добрив понад 80 % посідає хлористий калій.

У сучасному асортименті калійних добрив хлористий калій (KCl) займає 43% і 57% у складі комплексних. Він випускається у вигляді кристалічного розсипчастого порошку або гранул двох марок: марка «К» - виходить кристалізацією з розчинів сільвініту і марка «Ф» – отримувана флотаційним збагаченням калійних руд; й випускається 3-я форма методом гідроциклону (гранульований).

Марка «К» залежно від сорту містить K_2O у %: вищий сорт – 62,5; I сорт - 62,0; II сорт – 60,0. Це дрібнокристалічна сіль білого, сірого, червоного або інших кольорів. Характерною особливістю цього добрива є однорідність фарбування. Продукт не гігроскопічний, не злежується, сильно припадає пилом. Для зниження злежування в добрива вводять різні органічні добавки (аміни, синтетичні жирні кислоти), які і фарбують продукт.

Марка «Ф» II сорту містить 60% K_2O та III сорти – 58,1%, сіль великокристалічна, рожевого або червоного кольору, що містить не менше 80% частинок 2-4 мм. Практично не злежується, відрізняється гарною сипучістю. Можливі поставки крупнокристалічного знебарвленого (1-3 мм), гранульованого (2-4 мм) та пресованого (гранули неправильної форми 1-4 мм, від сірувато-білого до червоно-бурого кольорів) зі 100% розсипчастістю.

Калійна сіль $[KCl + mKCl + nNaCl]$. На основі хлористого калію готують змішані солі шляхом механічного змішування концентрованого KCl з сирими калійними солями (найчастіше з сільвінітом або каїнітом). Змішані солі містять від 40 до 42-43% K_2O .

До калійних добрив відноситься **також хлоркалій-електроліт $[KCl \times NaCl + MgCl_2]$** – побічний продукт при електролізі карналіту. Добриво марки «А» містить щонайменше 45,5 % K_2O , марки «В» - 31,6% K_2O до 0,2% MgO . Вплив схожий на хлористий калій марки «К», світлого забарвлення, стеження слабка. За своєю ефективністю приблизно рівноцінний хлористому калію.

Як безхлорні калійні добрива випускають **сульфат калію $[K_2SO_4]$** , містить K_2O 48,0-50,0%; , як - **лімагнезію $[K_2SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O]$** K_2O – 29,0 %, Mg – 9 % та **калімаг (калійно-магнієвий концентрат) $[K_2SO_4 \times 2MgSO_4]$** - K_2O - 18,5%, MgO - 9%.

Їх бажано використовувати під культури чутливі до хлору. Калімаг і калімагнезію доцільно застосовувати як основне добрива на легких ґрунтах навесні.

Усі перелічені калійні добрива є фізіологічно кислими і при застосуванні призводять до місцевого підкислення ґрунту.

Як калійні добрива може використовуватися **цементний пил $[K_2CO_3 + CaCO_3 + Ca(OH)_2 + CaO + CaSiO_4]$** – відходи цементних заводів. Зміст калію у ньому становить 10-15 %. Він має лужну реакцію середовища, більшість її представлена карбонатом (K_2CO_3). У цементному пилу крім калію міститься у великих кількостях кальцій у вигляді $CaCO_3$ і використовується для вапнування кислих ґрунтів, а також магній, натрій, мікроелементи.

При переробці нефелінової сировини як побічний продукт виходить **вуглекислий калій $[K_2CO_3]$** , містить 52-55% K_2O . Добриво добре розчиняється у воді, має лужну реакцію, виключно ефективно на картоплі, плодово-ягідних, капусті та інших культурах.

До місцевих добрив, що містять калій, відноситься *зола*. Крім калію, вона містить фосфор, кальцій, мікроелементи. Так у золі соломи злакових культур калію міститься 12-18 %, у золі гречаної соломи – 35 %, у золі стебел соняшника – 35-40 %, у золі після спалювання березових дров – 15 %, соснових – 6-8 %. Калій у золі міститься у формі вуглекислого калію (K_2CO_3), добре розчинного у воді. Зміст у золі P_2O_5 3-7%, В - 0,06%. Це чудове добриво під картопля, овочеві, конюшину, багаторічні трави, як на кислих, так і на слабокислих ґрунтах.

З усіх калійних добрив найкращими є сірчаноокислий калій, калімагnezія та місцеве добриво зола.

Ефективність використання калійних добрив. Калій разом з азотом і фосфором входить до групи NPK, яку, зазвичай, агрономи вносять з добривами для отримання високого та стабільного врожаю, тож про його важливість у системі живлення, мабуть, ніхто не сперечатиметься. Особливо ефективні калійні добрива на тлі азоту та фосфору (табл. 2.2).

Калій поліпшує стійкість культур до повітряної посухи, хвороб, шкідників, забезпечує транспорт продуктів фотосинтезу з вегетативних органів до органів плодоношення. Але, на відміну від інших елементів, він виноситься із врожаєм у невеликій кількості, оскільки переважно зосереджений у соломі та інших пожнивних рештках культур.

Таблиця 2.2 - Ефективність калійних добрив при спільному внесенні фосфору та азоту

Варіанти	Врожайність картоплі, ц/га	Збільшення за рахунок калію, ц/га	Врожайність ячменю, ц/га	Збільшення за рахунок калію, ц/га
Без добрив	75,1	-	12,0	-
Калій	80,7	5,6	13,6	1,6
Фосфор	38,1	-	15,0	-
Фосфор + калій	107,4	24,3	23,5	8,3
Фосфор +азот	107,4	-	23,5	-
Фосфор+азот+калій	187,4	80,0	26,9	3,4

Калій бере участь у процесах формування квіток і плодів. За його нестачі рослини схильні до різних хвороб, листки жовтіють, буріють і відмирають. Його додають і в період сходів, і в період підготовки рослини

до зими. Наприклад, у критичні фенофази росту і розвитку сої дуже важливо забезпечити їй повноцінне живлення і поповнити усі існуючі дефіцити - особливо калію, оскільки це може суттєво вплинути на рівень майбутньої врожайності.

Дія калійних добрив підвищується у сівозміні з травами, що виносять із ґрунту велику кількість цього елемента живлення. Вони, хоч і менш рухомі, аніж азотні, на ґрунтах легкого гранулометричного складу при збільшеній вологості можуть вимиватися.

За інформацією Інституту живлення рослин, валовий вміст калію у ґрунті перевищує запаси фосфору та азоту разом узятих. В основному цей показник залежить від гранулометричного складу ґрунту. Найбільша кількість калію у важких ґрунтах. У підорному шарі сірих лісових та дерново-підзолистих ґрунтів вміст калію більший, аніж у орному шарі. Проте основна маса калію перебуває у нерозчинній та малодоступній для рослин формі.

Переважно у всіх ґрунтах України спостерігається підвищений вміст калію, а середній та низький - лише у 30%. Та і ефективність калійні добрива проявляють не однаково на всіх типах ґрунтів. Найбільшу потребу в них відчувають легкі дерново-підзолисті ґрунти Полісся, осушені торф'яники, сірі лісові ґрунти і вилужені чорноземи Лісостепу. Стосовно Степової зони, де природний вміст калію досить високий, калійні добрива рекомендовано вносити на зрошуваних, незасолених чорноземах, оскільки на солонцюваті і засолені ґрунти їх не вносять зовсім, тому що засвоєння калію рослинами практично зводиться до нуля.

Наслідки дефіциту калію в ґрунті:

- посилює дихання рослин;
- знижує інтенсивність фотосинтезу;
- зменшує кількість вуглеводів, що необхідні в процесі росту;
- зменшує утворення насіння;
- призводить до того, що азот не бере участі в процесі метаболізму.

У разі дефіциту сповільнюється ріст рослин, стебла стають ламкими, що стимулює вилягання рослин. Перші симптоми нестачі цього елемента спочатку виникають на нижніх листках. А загальним симптомом є пожовтіння кінчиків і країв листків. Уражена тканина з часом висихає. На сої можуть з'являтися некритичні плями, які теж відмирають. У ячменю ж своєрідна реакція на дефіцит калію: він формує занадто велику кількість пагонів.

Ознаки К-дефіциту на ранніх стадіях не потрібно плутати з залізо-дефіцитним хлорозом у сої (ЗДХ), який трапляється на ґрунтах з високим рівнем рН (вапнякових). На противагу К-дефіциту, симптоми ЗДХ виявляються у пожовтінні міжжилкових ділянок переважно на молодому листі. Хоча при надзвичайно високому дефіциті заліза кінчики листя можуть забарвлюватися у коричневий колір і відмирати.

Нестача калію у рослин (рис. 2.5) може з'явитися з кількох причин. Основна - застосування у великих кількостях хімічних добрив, які сприяють вимиванню цього елемента з ґрунту. Друга важлива причина — це повсюдне використання при посадці розсади ґрунту, що складається переважно з торфу або піску. У такому ґрунті, як відомо, вміст калію вкрай малий.

В умовах дефіциту калію для всіх культур рекомендується виконувати повторні обробки з інтервалом 7-10 днів. Для досягнення кращих результатів варто виконувати підживлення в комплексі з іншими препаратами.

Дози калійних добрив встановлюють залежно від вмісту у ґрунті обмінно-поглиненого калію та біологічних особливостей оброблюваних культур.



Рисунок 2.5 - Нестача калію на посівах сої та кукурудзи

Але якщо неправильно розрахувати дозування, можна перегодувати рослини, і це теж не добре (рис. 2.6). Ознаки надлишку:

- в'янення листя;
- подовжені міжвузля;
- сповільнене зростання;
- світлі листочки.

Якщо калію дуже багато, необхідно терміново вживати заходів у відповідь. Рослини добре поливають, щоб вода вимила зайвий калій у нижні шари ґрунту. Після цього залишається лише стежити за культурами. Процес зниження кількості калію довгий, і все ж таки якщо забезпечити рослинам нормальний догляд, вони швидко відновляться.



Рисунок 2.6 - Надлишок калійних добрив у рослин томатів

Агрохімічна служба встановлює дози калію на підставі результатів польових дослідів з урахуванням забезпеченості ґрунту рухомим калієм, запроваджуючи поправні коефіцієнти. У таблиці 2.3 наведено перерахунок діючої речовини у фізичну масу для основних калійних добрив, що вносяться на 1 га.

Таким чином, для отримання максимального збільшення від калійних добрив можна сформулювати деякі положення їх ефективного застосування:

- застосовувати калійні добрива з урахуванням забезпеченості ґрунтів обмінно-поглиненим калієм згідно з картографіями;
- застосовувати калійні добрива разом із азотно-фосфорними добривами;
- насамперед на вапнованих ґрунтах;
- на середньо- та важкосуглинистих ґрунтах усі хлоровмісні калійні добрива вносити з осені під зяблеву оранку;

- щорічно вносити калійні добрива під будь-які культури на осушених торфовищах, на мінеральних ґрунтах доцільно вносити калійні добрива 1-2 рази на сівозміні в «запас» на 3-4 роки;

- на угаданих полях вносити калійні добрива під просапні культури прифермської сівозміні;

- у польових сівозмінах калійні добрива в першу чергу рекомендуються під культури, що обробляються після конюшини;

- застосовувати калійні добрива на конюшині після першого та другого укусу, а також рано навесні в підгодівлю конюшини, що вирощується на насіння.

Таблиця 2.3 - Кількість основних калійних добрив у фізичній масі, відповідних дозі в діючій речовині, ц/га

Потребує K ₂ O на 1 га	Добрива		
	40 % -на калійна сіль	60%-ний хлористий калій	50%-ний сульфат калію
30	0,75	0,5	0,6
60	1,50	1,0	1,2
90	2,25	1,5	1,8
120	3,00	2,0	2,4
150	3,75	2,5	3,0
180	4,50	3,0	3,6
210	5,25	3,5	4,2
240	6,00	4,0	4,8
270	6,75	4,5	5,4
300	7,50	5,0	6,0

2.5 Магнієві добрива

Загальна характеристика та класифікація. Вміст магнію в ґрунтах коливається в межах 0,05-1,5%. Найбільша кількість його у ґрунтах чорноземного типу (0,3-1,3 %) та найменше – у дерново-підзолистих легкого гранулометричного складу (0,05-0,1%). Вміст рухомого магнію в опідзолених чорноземах та сірих лісових ґрунтах становить 30-140 мг/100 г ґрунту, дерново-підзолистих глинистих – 22-97 мг, суглинистих – 4-36 мг,

піщаних – 2-18 мг/100 г ґрунту. Іони магнію сильно гідротуються, тому слабо поглинаються ґрунтом, що призводить до його вимивання. Особливо зростають втрати магнію при внесенні фізіологічно кислих добрив, на кислих ґрунтах з малою ємністю поглинання та після зим з великим кількістю опадів до 20 кг/га. На доступність магнію впливають інші катіони. Висока концентрація K^+ , H^+ , NH_4^+ , Ca^{++} протидіє поглинанню магнію. Поглинання магнію залежить від співвідношення $Ca: Mg$, оптимальним є 5:1. Доступність його сильно залежить від рН, при рН менше 4,2 навіть при достатньому вмісті в ґрунті рослини відчувають нестачу даного елемента. Угруповання за забезпеченістю ґрунтів магнієм наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Угруповання ґрунтів за вмістом обмінно-поглиненого кальцію та магнію

Група	Зміст	Мг на 100 г ґрунту	
		Ca	Mg
1	Дуже низьке	$\leq 5,0$	$\leq 2,5$
2	Низьке	5,1 – 10,0	2,6 – 5,0
3	Середнє	10,1 – 15,0	5,1 – 10,0
4	Збільшене	15,1 – 20,0	10,1 – 15,0
5	Високе	$\geq 20,1$	15,1 – 20,0
6	Дуже високе	-	$\geq 20,1$

На ґрунтах легкого гранулометричного складу (піщаних та супіщаних) рослини майже щорічно потребують магнію. Магній у ґрунті є своєрідним «супутником» кальцію. При визначенні суми поглинених основ (S) та ємності катіонного обміну (ЄКО) ґрунтово-поглинаючий комплекс завжди враховується зміст цих двох катіонів.

На ґрунтах важкого гранулометричного складу магнію та кальцію, як поживних елементів, буває достатньо. Не вистачає магнію рослинам на піщаних, супіщаних та торф'яних ґрунтах. Більшість дослідників вважають, що недолік цього елемента виявляється тоді, коли обмінно-поглиненого магнію міститься менше 2 мг/100 г ґрунту і потрібно вносити добрива, що містять магній.

Форми магнієвих добрив різноманітні. В більшості випадків внесення магнію можна поєднати з вапнуванням ґрунту магнієвмісними матеріалами або з внесенням інших добрив.

За ступенем розчинності магнієві добрива поділяють на:

- нерозчинні у воді, тонкорозмелені природні мінерали або породи – дуніт, серпентиніт, вермікуліт, доломіт, магнезит та доломітизовані вапняки, які при взаємодії з кислим ґрунтом виділяють магній у ґрунтовий розчин;

– розчинні в лимонній кислоті та засвоювані рослинами – магнієвий плавлений фосфат, дунітовий суперфосфат та ін.;

– розчинні у воді – сирі солі та продукти їх переробки – епсоміт, каїніт, карналіт, сульфат магнію та ін.

Магнієві добрива за складом ділять на **прості** (магнезит, дуніт та ін.) і **складні**, що містять дві і більше поживні речовини:

- азотно-магнієві (амошеніт, доломіт-аміачна селітра);

- фосфорно-магнієві (магнієвий плавлений фосфат, дунітовий суперфосфат та ін.);

- калійно-магнієві (калійно-магнієвий концентрат, калімагнезія, полігаліт, каїніт, карналіт та ін.);

- бормагнієві (борат магнію);

- вапняно-магнієві (доломіт, доломітизовані вапняки та продукти їх переробки);

- містять азот, фосфор та калій (магнійамонійфосфат).

Більшість калійно-магнієвих добрив містить сірку.

Сульфат магнію, епсоміт [$MgSO_4 \times 7H_2O$] містить не менше 84 % $MgSO_4 \times 7H_2O$ і трохи більше 6 % NaCl, MgO – 16 %. Отримують шляхом переробки природних солей. Добриво не злежується, добре висівається, добре розчиняється у воді, світло-сірого кольору. При внесенні в ґрунт магній переважно переходить в обмінний стан. Застосовується під овочеві, плодові, квіткові, декоративні культури.

Кізерит [$MgSO_4 \times 7H_2O$] мінерал, що зустрічається серед відкладень кам'яної солі, містить MgO до 29%, 58% SiO₂ та 13% води. У воді розчиняється повільно, на повітрі перетворюється на епсоміт. Рекомендується для застосування на слабокислих та нейтральних ґрунтах. Кізерит можна використовувати на інтенсивних луках, в овочівництві захищеного та відкритого ґрунту.

Доломітове борошно $[CaCO_3 \times MgCO_3]$ – продукт розмелювання доломіту. Містить до 20% MgO та 28% CaO. Напівпідпалений доломіт $[CaCO_3 \times MgO]$ - продукт випалу доломіту. Містить 27% MgO та 2% CaO та 57% CaCO₃. Добрива застосовуються для вапнування ґрунтів.

Окис магнію $[MgO]$ одержують при випаленні високосортного магнезиту з вмістом окису магнію 75-87%. Усі різновиди окису магнію можна використовувати за дозами магнієвих добрив.

Дуніт $[Mg_2SiO_4, FeSiO_4]$ тонкий порошок, що пилить темно-сірого кольору. Містить 41-47% MgO і 30-35% SiO₃ і 3-8% FeO. Добриво слабо розчинне в воді, але добре у ґрунтовому розчині під впливом ґрунтової кислотності. З ґрунтово-поглинаючим комплексом дуніт взаємодіє повільніше, ніж вапно. Доцільно вносити його під картоплю, лен, люпин.

Серпентиніт $[Mg_3H_4Si_2O_9]$ складається в основному з метасилікату магнію, нерозчинного у воді, із вмістом 32-43 % MgO. Є відходом азбестової промисловості. Застосовується в тонкоподрібненому виді на кислих ґрунтах як вапняне добриво. Порівняно з іншими добривами, що містять більш рухливі форми магнію, необхідно вносити серпентиніт у підвищених дозах.

Амошеніт $[(NH_4)_2 SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O]$ – подвійна сіль сульфату амонію та сульфату магнію. Являє собою кристалічний продукт від світло-коричневого до сірого кольору. Застосовується як азотно-магнієве добриво; містить не менше 7% азоту та 10% окису магнію. Добриво добре засвоюється рослинами.

Доломіт-аміачна селітра $[NH_4NO_3 + CaCO_3 \times MgCO_3]$ – механічна суміш доломітового борошна та амонійної селітри у співвідношенні 1:1. містить 17% N, 10% MgO та 14% CaO. У ґрунт вноситься за дозами азотного добрива, забезпечує одночасно потребу рослин у магнію. За кордоном виготовляють сплав цих двох добрив у вигляді гранульованого продукту.

Калімагнезія $[K_2SO_4 \times MgSO_4 \times 6H_2O]$ містить MgO 8-10% - напівпродукт при переробці сульфату калію з каїніту. Добриво містить переважно мінерал шеніт, тому його називають також **шенітом**. Випускається як гранул 1-3 мм або до 1 мм.

Калімаг (калійно-магнієвий концентрат) $[K_2SO_4 \times 2MgSO_4]$ MgO - 8-9%, K₂O - 17,5%, кількість хлору не нормується, але в добривах першого сорту його міститься не більше 8%. Отримують з каїнітолангбейнітової руди методом флотації. До складу добрива входить в основному мінерал

лангбейніт, а також у невеликій кількості полігаліт, галить та гіпс. Добриво - зернистий порошок сірого кольору, що не злягається, з розміром частинок до 3 мм не менше 90 %.

Каїніт $[KCl \times MgSO_4 \times 3H_2O]$ містить окис калію до 10-12%, окис натрію 22-25%, окис магнію 6-7%, сірчаного ангідриду 15-17% хлору до 32-35%. Добриво низьковідсоткове та малотранспортабельне. Застосовується в основному на луках і пасовищах, де часто має перевагу перед хлористим калієм завдяки наявності в ньому магнію.

Карналіт $[KCl, MgCl_2 \times 3 H_2O + NaCl]$ містить калію до 16% і 14% магнію. Є одним із головних мінералів у калійних соляних родовищах.

Полігаліт $[K_2SO_4 \times 2 MgSO_4 \times 2CaSO_4 \times 2 H_2O]$ містить 8-12% MgO та до 11% K₂O. У воді розчиняється повільно, але і калій, і магній цього добрива добре доступні рослинам.

Вермікуліт – гідролюда містить 14-30% MgO та до 5% K₂O. Невелика частина магнію (1,3-1,7 % маси мінералу) перебуває у обмінному вигляді, решта розкладається під впливом ґрунтової кислотності.

Магнієвий плавлений фосфат $[Ca_3(PO_4)_2 \times MgSiO_3]$ містить засвоюваний рослинами фосфор 19-21% і магній 8-14%. Побічний продукт металургії. Високоєфективне добриво при основному внесенні на всіх типах ґрунтів. Детальна характеристика наводиться у розділі напіврозчинні фосфорні добрива.

Магнійамонійфосфат $[Mg NH_4PO_4 \times n H_2O]$ – концентроване добрива, що містить три поживні елементи: азот (10,9%), фосфор (45,7%) та магній (25,9%). При дозі 45-60 кг/га P₂O₅ цілком задовольняє потреба рослин та в магнії. Характеристика наводиться у розділі складні добрива.

При вапнуванні ґрунтів карбонатними матеріалами, що містять магній, рослини повністю забезпечуються даною поживною речовиною на одну дві ротації сівозміни. Дуніт та інші силікати магнію на кислих ґрунтах слід вносити в підвищених дозах 5-10 ц/га під оранку.

Калімагнезія, калімаг, каїніт, внесені за дозами калійних добрив, забезпечують одночасно повну потребу рослин у магнії. Всі розчинні магнієві добрива в нашому регіоні слідують вносити при весняній обробці ґрунту.

Ефективність використання магнієвих добрив. Рівень потреби культур в елементі дуже відрізняється. Для гарної врожайності сільськогосподарські культури використовують від 11 до 85 кг/га. Найбільшими споживачами елемента є кукурудза, цукровий, кормовий

буряк та культури бобові. Особливою чутливістю до магнієвого голодування відрізняються зернові культури у період раннього етапу розвитку.

Магній є безпосереднім учасником процесу фотосинтезу і є складовою молекули хлорофілу. Активно сприяє руху фосфору в організмі рослини, що сильно впливає на активність ферментів, істотно прискорює формування вуглеводів. Входить до основи рибосом, виступаючи будівельним матеріалом. Елемент має особливу важливість для росту рослин завдяки наступним особливостям:

- достатнє забезпечення магнієм дозволяє культурам повністю реалізувати свій потенціал продуктивності,
- чинить вплив на розвиток і формування, важливої для повноцінної життєдіяльності, потужної кореневої системи,
- покращує використання всіх елементів живлення.

Особливість магнію у тому, що споживання елемента залежить від його конкуренції з другорядними катіонами, і насамперед наявністю Ca^{2+} . Внаслідок цього дефіцит магнію, у випадках коли співвідношення кальцію і магнію дуже високий, має місце при достатньому рівні забезпеченості ним. Дефіцит магнію спостерігається і на ґрунтах, які мають рівень ґрунтового розчину рН має показник нижче 4,5. Оптимальний рівень засвоєння елемента культурами знаходиться у межах показника рН від 5 до 5,7.

Магнієвмісні добрива підвищують якість урожаю. Збільшується вміст крохмалю, цукру, білка, вітаміну С в рослинній продукції. Зазначається покращення насінневої якості врожаю: покращення схожості та проростання насіння, посилення стійкості рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища, грибних захворювань.

При магнієвому голодуванні відбувається порушення обміну білків. Відзначається слабке та уповільнене функціонування ферментного синтезу. Обмежується синтетична та асиміляційна діяльність.

Для повноцінного зростання та розвитку культури важливим є своєчасне внесення елемента на ранніх етапах зростання. Особливо гостро проблема дефіциту відчувається у випадках коли як основне джерело азоту застосовується аміачна селітра. Основні, видимі ознаки магнієвого голодування (рис. 2.7):

- першим, магнеїєве голодування проявляється на старому листі - там спочатку утворюються сірого кольору цяпки, розміщені по центру, далі вони збільшуються у розмірах;

- до додаткових ознак відноситься ламкість і скручування листових пластин;

- для молодих рослин нестача магнеїю буде проявляється у світлих лініях, розміщених паралельно до жилок, жовті плями між жилками потім перетворюються на омертвілі ділянки та висушені краї, а при гострій нестачі магнеїю відзначається «мармурова» плямистість, скручування та пожовтіння;

- на пізнішому етапі з'являються проблеми з процесами цвітіння та запилення.



Рисунок 2.7 – Ознаки нестачі магнеїю

При високому вмісті магнеїю листя рослини набувають смарагдове забарвлення. При цьому відзначається скручування країв листової пластини. У деяких випадках листя може зменшувати свій розмір.

В умовах піщаних ґрунтів застосування карбонатів магнеїю, надає позитивний вплив на врожайність озимого жита, конюшини, ячменю, картоплі та пшениці.

На піщаних та супіщаних ґрунтах магнеїєві добрива повинні обов'язково включатися у систему добрива. Їхні дози під різні культури неоднакові. Для зернових, льону та трав вони становлять 20-25 кг/га, для картоплі та кормових – 40-50 кг/га д.р.

При розрахунку доз магнієвих добрив слід враховувати ти надходження даного елемента з органічними добривами. Зміст магнію в гною становить 0,08%, у гнійній рідині - 0,05%.

З солей, що містять магній, широко використовується руда – магнезит ($MgCO_3$). Магнезит в основному використовують для вироблення вогнетривкого цегли та високоякісного цементу. Магнезит не розчиняється у воді і слабо – у кислому середовищі. Розмелений магнезит представляє кристалічний порошок. При термічному руйнуванні та розмелі магнезиту на заводах накопичується велика кількість відходу у вигляді пилу, що містить до 80% MgO . Відхід (пил) є аморфним світло - сірий порошок, при зберіганні сильно злежується. У слабокислому середовищі такий порошок розчиняється швидше, ніж подрібнений магнезит, отже, його більше знаходиться у ґрунтовому розчині.

На ґрунтах важкого гранулометричного складу магнійвмісні добрива малоефективні на зернових культурах, ефективні на картоплі, кукурудзи, капусті, томатах та інших овочевих культурах. Дози MgO становлять 30 - 60 кг/га.

До факторів, що вимагають обов'язкового внесення магнію, належать відсутність органічних добрив на полі та рясні опади.

Застосування магнієвмісних елементів дозволяє:

- збільшити збільшення до врожаю на 25%, за рахунок підвищення стійкості культур до захворювань, стресових проявів;
- сприяє швидкому відновленню, що суттєво знижує можливі втрати від заморозків чи посухи;
- поліпшується якість продукції, культури максимально реалізують свій продуктивний потенціал;
- застосування мікродобрив на початкових етапах зростання культури дозволяє забезпечити повноцінний розвиток, цвітіння та формування плодів.

2.6 Комплексні добрива

Загальна характеристика та особливості використання. Біологічні особливості сільськогосподарських культур, різна родючість ґрунтів вимагають застосування добрив з різним вмістом та співвідношенням поживних речовин, як макро-, так і мікроелементів. Ця

важлива проблема вирішується за допомогою комплексних добрив, що виготовляються як у заводських умовах, так і безпосередньо у господарствах. *Комплексними* називають такі мінеральні добрива, які містять два і більше поживних елементів (рис. 2.8).

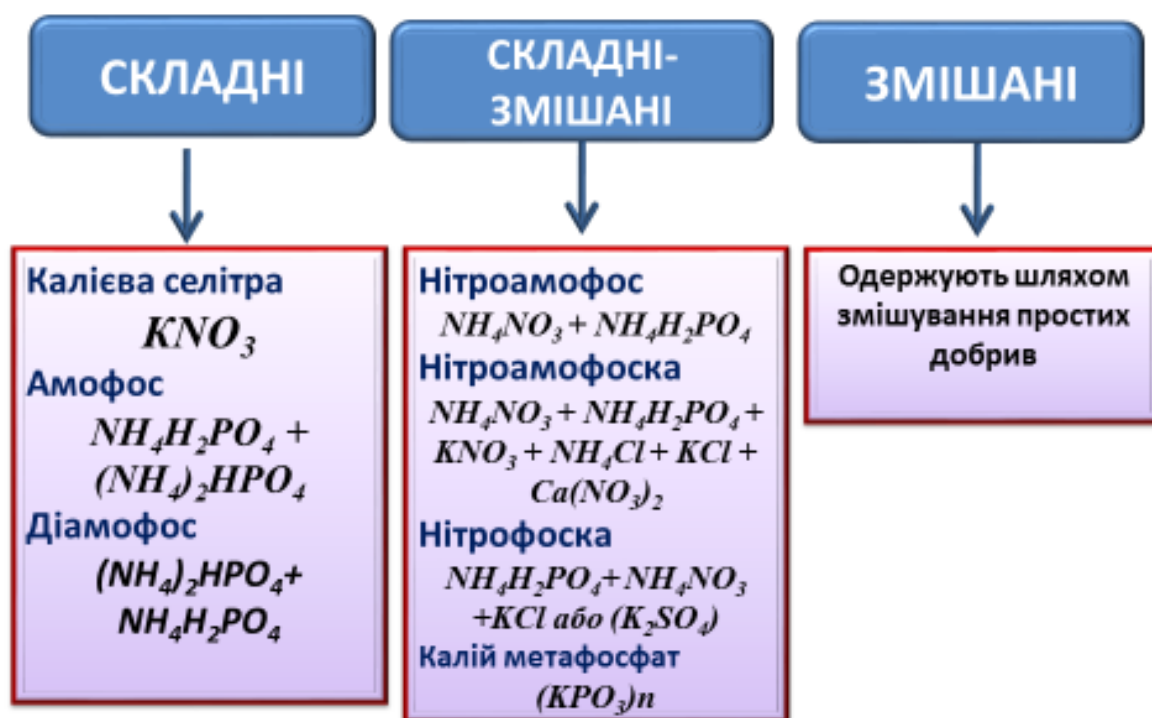


Рисунок 2.8 – Класифікація комплексних добрив

Складні добрива – це такі добрива, в яких живильні речовини знаходяться в одній молекулі цих добрив [KNO_3 , $(NH_4)_2HPO_4$ та ін.], отримують у єдиному технологічному процесі при хімічній взаємодії вихідних компонентів. Як їх використовуються аміак і ортофосфорна кислота, азотна кислота, сірчана кислота, аміак, фосфорит або апатит та калійні солі.

Зі складних добрив найбільшої уваги заслуговує амофос. Його частка у загальному російському випуску фосфоровмісних добрив останніми роками становить понад 40 %. Це вискоєфективне концентроване гранульоване азотно-фосфорне добриво.

Основу його становить *моноамонійфосфат* ($NH_4H_2PO_4$) і до 10% *діамонійфосфат* [$(NH_4)_2HPO_4$], одержують шляхом нейтралізації



Використовується під всі види культур на всіх ґрунтах. Діамонійфосфат (діаммофос) також є висококонцентрованим складним азотно-фосфорним добривом, отримують тим же засобом, як і амофос, але з витратою двох молекул NH_3 . У ньому зміст фосфору дещо нижчий, а азоту вищий. Це фізіологічно нейтральне добриво, сумісне з іншими і може використовуватися для змішування.

Амонійний азот цих добрив при внесенні в ґрунт переходить у поглинений стан, не вимивається, але за сприятливих умов піддається процесу нітрифікації, утворюючи HNO_3 і її розчинні у воді солі селітри KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Враховуючи це біологічне явище та високу вартість добрив, доцільніше вносити як основне під культивуацію, а краще при посіві, в рядки на всіх ґрунтах та під усі культури.

Калійна селітра – висококонцентрована азотно-калійне добриво, не злежується, добре розсіюється. Найкраще калійне добриво для культур чутливих до хлору. Застосування його ефективно на овочевих, плодово-ягідних культур, льону, тютюні.

Фосфат магнію-амонію може бути у вигляді шестиводного, або одноводного гідрату. Шестиводний дуже нестійкий при зберіганні, одноводний добре зберігається, не виділяє у процесі зберігання аміак. Азот у цьому добриві представлений в водонерозчинній формі, а фосфор і магній – у лимоннорозчинній, тому це добриво можна розглядати як добриво тривалої дії.

Калійна селітра та фосфат магнію-амонію використовуються в основному у тепличних господарствах.

Інші складні добрива випускаються у невеликих кількостях, виробництво їх практично не налагоджено.

Складнозмішані чи комбіновані добрива. До складнозмішаних добрив відносяться нітрофоси та нітрофоски. Їх одержують в єдиному технологічному процесі при обробці фосфатної сировини концентрованою азотною кислотою з подальшим додаванням у гарячу кашоподібну масу сульфату амонію чи сірчаної кислоти, аміаку, хлористого калію. Утворюється суміш різних речовин в одній гранулі.

Нітрат кальцію, що утворюється, сильно гігроскопічна сіль, яка надає поганих фізичних властивостей суміші, тому при подальшому виробництві добрив звільняються від кальцієвої селітри.

Якщо замість $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ додають сірчану кислоту та аміак, то отримують сірчано-кислотну нітрофоску; при додаванні до пульпи аміаку та ортофосфорної кислоти одержують *фосфорну нітрофоску*.

Нітрофоски випускаються в аморфно кристалічному гранульованому вигляді. У сульфатній нітрофоску тільки 60% фосфору знаходиться в водорозчинній формі, тому за ефективністю іноді вона поступається простій суміші з суперфосфату, амонійної селітри та хлористого калію.

Фосфатна нітрофоска містить дікальцій фосфат, амонійну селітру та вуглекислий кальцій:



Після змішування з хлористим калієм, грануляції та сушіння отримують карбонатну нітрофоску. Вона містить 35-37% поживних речовин. Фосфор у ній знаходиться майже повністю у нерозчинній у воді формі.

Зі складнозмішаних добрив сьогодні виробляються діамофоска, нітроамофоска, азофоска, нітрофоска, тобто потрібні суміші.

Перші два добрива містять усі компоненти у водорозчинній формі, тому є універсальними, тобто застосовуються на всіх типах ґрунтів під усі культури у всі терміни.

Складні та складно-змішані добрива в асортименті мінеральних добрив займають великий відсоток. Складно-змішані та складні добрива, одержувані з поліфосфорних кислот, найбільш концентровані, в них може міститися близько 100 і навіть понад 100 відсотків у перерахунку на P_2O_5 . До складу поліфосфорних кислот переважно входить H_3PO_4 (ортофосфорна), $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (пірофосфорна), $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (триполіфосфорна).

Ефективність використання комплексних добрив. Майже всі складні та складно-змішані добрива містять іноді до 50% лимоннорозчинного фосфору. На слабокислих та нейтральних ґрунтах такий фосфор засвоюється дуже слабо, тому ефективність від таких добрив може бути дещо нижчим, ніж від змішаних односторонніх добрив із включенням суперфосфату.

Комплексні гранульовані добрива при всіх способах внесення хороші тим, що в більшості не потрібно дроблення, перемішування, не припадають пилом при внесенні. При тривалому зберіганні у сирому приміщенні вони можуть, як і прості добрива, сильно стежити.

Висока ефективність від комплексних добрив виходить при місцевому внесенні їх при посадці картоплі та овочевих культур, а також при рядковому внесенні під зернові.

На початку 70-х років у країні почали випускати у великих кількостях комплексне добриво - **розчинин**. Завдяки особливій технології він повністю розчинний у воді, тому знайшов широке застосування тепличних господарствах. **Розчинин** – білий кристалічний порошок, має задовільні фізико-хімічні властивості, майже не злежується при зберіганні у паперових мішках.

Змішані добрива – тукосуміші. Змішані добрива являють собою механічну суміш простих, як порошкоподібних, так і гранульованих мінеральних добрив. Вони можуть містити 2-4 поживні елементи, готують їх на заводах або безпосередньо в господарствах. За кордоном тукосуміші успішно конкурують з гомогенними добривами, все більше завойовують світовий ринок. Отримання їх організовано великих промислових установках у єдиному технологічному циклі. Найважливішими умовами для створення якісних сумішей є правильний підбір вихідних матеріалів з заданими хімічними та фізичними властивостями.

У процесі приготування та зберігання змішаних добрив компоненти можуть взаємодіяти між собою та виявляти реакційну здатність. Готувати змішані добрива наперед, наприклад, у зимовий час, можна тоді, коли підібрані компоненти не утворюють добрив, що злежуються, і в них не відбувається втрата елементів живлення.

При змішуванні добрив необхідно дотримуватись деяких умов.

1. Заздалегідь не можна змішувати суперфосфат з амонійною селітрою, оскільки суміш швидко перетворюється на липку масу через утворення сильно гігроскопічної кальцієвої селітри;

2. Не можна змішувати суперфосфат із сульфатом амонію, оскільки суміш сильно цементується за рахунок утворення гіпсу;

3. Не можна змішувати амонійні форми азотних добрив із лужними добривами, оскільки такі суміші втрачають амонійний азот.

Для отримання високоякісних сумішей доцільно використовувати нейтральні форми складних добрив (амофос, діамонійфосфат) з калійними.

Найбільш широко застосовується діамонійфосфат (ДАФ) – приблизно 95% всього обсягу тукосумішей, що випускаються. Він має сприятливі властивостями – має високий вміст P_2O_5 , сумісний з усіма добривами, при зберіганні та завантаженні-розвантаженні не змінює своїх

якостей. Такі переваги має амофос. Суміші, виготовлені на діамофосі, більш концентровані: них 8-19% азоту, 14-23% фосфору, 14-19% калію.

Також популярний у змішуванні та подвійний суперфосфат, але він не повністю сумісний із сечовиною, яка часто використовується як джерело азоту. Подвійний суперфосфат часто використовується для приготування безазотистих сумішей або з низьким вмістом азоту.

У разі сільськогосподарських підприємств використовують такі прості добрива: з азотних – амонійну селітру, сульфат амонію, сечовину, натрієву, калійну селітру; з фосфорних – суперфосфат (простий, подвійний), преципітат, фосфорне борошно; з калійних – хлористий калій, калійну сіль, силівніт.

Для таких культур, як картопля, капуста, морква для суміші краще використовувати сульфат калію. Калійні добрива, що містять хлор, знижують якість урожаю цих культур. Правила змішування представлені в таблиці 2.5.

У господарствах частіше готують суміш, що складається з амонійної селітри (сульфату амонію або сечовини), суперфосфату та хлористого калію з додаванням 20% фосфоритної муки або 5% оксиду кальцію або карбонату кальцію. Якщо немає нейтралізуючих добавок, то цю суміш можна готувати тільки в день її висіву.

Дози комплексних добрив розраховують залежно від родючості ґрунту, виду культури, що удобрюється. Так як комплексні добрива містять різну кількість поживних елементів, то масу добрива на 1 га розраховують по одному найбільш необхідному для рослин елементу.

На дерново-підзолистих ґрунтах таким елементом частіше виступає азот. Припустимо, під яру пшеницю на дерново-підзолистому важкосуглинистому ґрунті необхідно внесення 45 кг азоту. З добрив є гранульована нітроамофоска з вмістом N - 9, P₂O₅ - 12 і K₂O - 9%.

Доза нітроамофоски, розрахована по азоту у фізичному вигляді, складе $(45/9) \times 100 = 500$ кг/га або 5 ц/га.

З такою кількістю азоту (45 кг у д.р. та 500 кг у фізичній масі) буде внесено 60 кг у д.р. P₂O₅ та 45 кг K₂O на 1 га.

Якщо вноситься комплексне добриво з високим та низьким вмістом поживних елементів під культуру при співвідношенні NPK рівному 1:1:1, то дозу у фізичній масі спочатку встановлюють елементом з найвищим вмістом у добриві. Наприклад, у господарстві є амофос із вмістом N - 11 %, фосфору – 50 %. Необхідне внесення під картоплю - N₉₀P₉₀K₉₀.

Таблиця 2.5 - Правила змішування добрив

Добриво	Сульфат амонію, амофос, діамфос	Амонійна селітра	Натрієва та калійна селітра	Сечовина	Суперфосфат	Фосфоритне та кістяне борошно	Калійна сіль, хлористий калій	Вапно, попіл	Гній, послід
Сульфат амонію, амофос, діамфос	*****	++	+	++	+	+	++	-	-
Амонійна селітра	++	****	++	+	+	+	+	-	-
Натрієва та калійна селітра	+	++	*****	+	+	+	+	+	-
Сечовина	++	+	+	****	++	+	+	+	+
Суперфосфат	+	+	+	++	****	+	+	-	++
Фосфоритне та кістяне борошно	+	+	+	+	+	****	+	-	++
Калійна сіль, хлористий калій	++	+	+	+	+	+	****	+	++
Вапно, попіл	-	-	+	+	-	-	+	****	-
Гній, послід	-	-	-	+	+	+	++	-	****
++ можна змішувати + можна змішувати тільки при внесенні - змішувати не можна									

В амофосі більше міститься фосфор. Доза його у фізичній масі буде наступною: $(90/50) \times 100 = 180$ кг або 1,8 ц З дозою 1,8 ц амофосу буде внесено азоту: $1,8 \times 11 = 19,8$ кг

Отже, бракує $90 - 19,8 = 70,2$ кг у д.р., у перекладі на амонійну селітру це складе: $(70,2/35) \times 100 = 206$ кг/га

Таку кількість амонійної селітри необхідно додати до амофосу, щоб внести 90 кг азоту на га. В амофосі немає калію, тому вносимо хлористий калій у фізичній масі таку кількість: $(90/60) \times 100 = 150$ кг/га

2.7. Мікродобрива та їх використання

2.7.1 Загальна характеристика та особливості

Мінеральні речовини, що містять у своєму складі мікроелементи, називаються мікродобривами (рис. 2.9). Застосування основних макродобрив (N, P, K, Ca, Mg та ін.) в оптимальних дозах не завжди дає очікуваний позитивний ефект. Для отримання високого врожаю хорошої якості необхідно враховувати потребу рослин у мікроелементах та вносити необхідні мікродобрива.

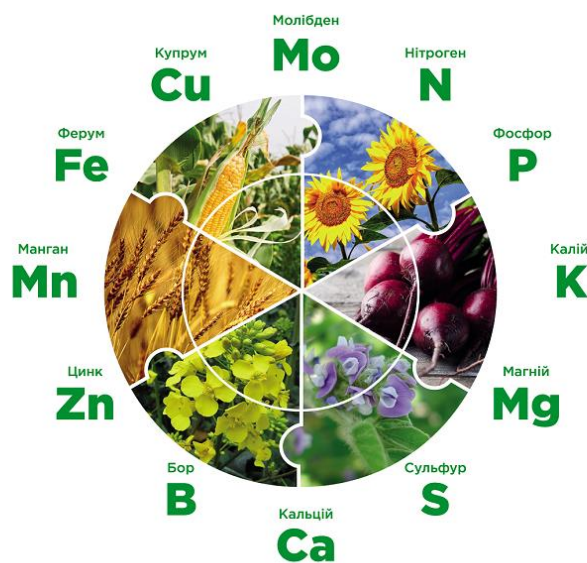


Рисунок 2.9 – Мікродобрива

Нестача мікроелементів викликає ряд хвороб рослин, іноді призводить до загибелі. У рослині мікроелементи беруть участь в окисно-відновних процесах, вуглеводному та азотному обміні, збільшують вміст хлорофілу, покращують фотосинтез, приймають участь в утворенні комплексів з нуклеїновими кислотами в освіті багатьох ферментів та вітамінів, що зумовлюють якість продукції та мають загальнобіологічне значення.

Загальнобіологічне значення мікроелементів пов'язане з тим, що вони входять до складу ферментів - це високомолекулярні органічні речовини, які відіграють важливу роль у процесах обміну речовин усіх живих організмів. За характером своєї дії ферменти схожі з неорганічними каталізаторами, у зв'язку з чим їх можна називати біологічними

каталізаторами, прискорювачами біохімічних реакцій у рослинах, тварин і людини.

Ферменти стосовно мікроелементів ділять на дві групи:

1) металоензими: вони у своєму складі містять мікроелементи як постійного компонента, тобто міцно пов'язані з білком;

2) ферменти, що не утворюють міцного зв'язку і не характеризуються специфічністю, активність таких ферментів може змінюватись під впливом мікроелементів.

Існує ряд ферментів, які містять не один елемент, а кілька і можуть замінювати один одного. Це Mn-містивні ферменти - оксидази. Поряд із ферментами мікроелементи входять до складу вітамінів, ростових речовин, що можуть прискорювати або уповільнювати зростання рослин, впливати на рівень урожайності сільськогосподарських культур та їх якість.

Вони потрібні рослинам, мікроорганізмам, тваринам, людині у мікрокількості. Однак їх недолік чи надлишок порушує діяльність ферментативного апарату і як наслідок обмін речовин у рослин, викликаючи їхнє захворювання.

Вміст мікроелементів у рослинах залежить не тільки від їх біологічних особливостей, а також від змісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах, технології обробітку сільськогосподарських культур.

2.7.2 Борні добрива

Борні добрива використовують речовини, що містять у своєму складі бор у вигляді борної кислоти.

Бормагнієве добриво – відхід виробництва борної кислоти (H_3BO_3). Порошок сірого або темно-сірого кольору з наявністю частинок шлаку, сухий, не гігроскопічний. Зміст бору 2,2-2,3%, MgO 15-20%. Можливо використовувати для внесення в ґрунт, обробки насіння та некореневого підживлення рослин у період вегетації.

Гранульований боросуперфосфат – світло-сірі гранули округлої форми із запахом ортофосфорної кислоти, вміст P_2O_5 18,5-19,3 % і 1% H_3BO_3 (0,2%), не гігроскопічний, не злежується. Використовувати краще як припосівне добриво з розрахунку 15-20 кг P_2O_5 на га.

Подвійний борний суперфосфат із вмістом P_2O_5 40-42% і 0,4%, фізичні властивості аналогічні простому боросуперфосфату, застосовувати при посіві, при посадці овочевих культур із розрахунку 15-20 кг P_2O_5 на гектар.

Борна кислота (H_3BO_3) білого кольору, дрібнокристалічна, висококонцентрована, добре розчиняється в теплій воді, містять 17,1-17,3 %. Доцільно використовувати для обробки насіння: намочування слабких розчинах (0,04 %) при 12-годинній експозиції, змочування насіння з розрахунку від 30 до 160 г на 1 т насіння і некореневих підживлень у вигляді 0,05-0,10% розчинів. Вносити у ґрунт економічно не вигідно.

Технічна бура – $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$, дрібнокристалічна сіль білого кольору, негігроскопічна, не злежується, добре розчинна у воді, містить 11 %. Може використовуватися для обробки насіння, некореневого підживлення.

Порошок, що містить бір – механічна суміш добре подрібненої чорної борної кислоти (H_3BO_3) та технічного тальку у співвідношенні 1:6,8 містить у середньому 2,6 % . Порошок призначений для передпосівного опудрювання насіння з розрахунку в кг на 1 ц насіння: всі види буряків – 0,5, льон, томати – 0,3, багаторічні бобові трави – 0,2, капуста – 0,1, огірок та гарбуз – 0,2.

Борнодатолітове добриво одержують із датолітової породи шляхом розкладання концентрованою сірчаною кислотою. Бор у добривах перебуває у вигляді H_3BO_3 близько 1,8-2,0 %. Порошок світло-сірого кольору із жовтуватим відтінком, не гігроскопічно, не злежується. Найкраще використовувати для внесення у ґрунт.

Ефективність бору залежить від вмісту його в ґрунті та застосовуваних доз бору. Доза з розрахунку 1 мг/кг ґрунту у вегетаційних дослідах з кормовим буряком навіть при вмісті водорозчинного бору 0,16 мг/кг була токсичною. При вивченні дози 0,5 мг/кг ґрунту при різних рівнях зволоження найбільшу ефективність на льоні отримано при вологості 30% від повної вологомісткості.

Ефективність використання борних добрив. Висока потреба у борних добривах обумовлена низьким його вмістом на значних посівних площах України (близько 25% орних земель) та великою часткою полів під культурами, чутливими до бору (соняшник та ріпак). Крім того, коефіцієнт засвоєння цього елемента з ґрунту за різними даними становить лише 3-10 %, що залежить від цілої низки чинників (кислотність ґрунту, вологість,

вміст органічної речовини, гранулометричний склад ґрунту, високий уміст кальцію та калію).

За умови високого рівня рН ґрунту ($>7,5$) утворюються борати і бор переходить у недоступні для рослин форми. Він утворює стійкі сполуки із залізом та алюмінієм, органічною речовиною та глинистими мінералами ґрунту. За оптимальних умов бор рухливий у ґрунті, але погано рухливий у тканинах більшості сільськогосподарських культур. Його надходження в рослину залежить від вологозабезпеченості ґрунту. Бор рухається виключно з водним током по ксилемі, тобто від кореневої системи до точки росту і швидкість його руху залежить від інтенсивності транспірації рослини. Тому критичним є вплив посухи у фази, які потребують оптимального забезпечення бором, наприклад період закладання генеративних органів та цвітіння. Низька мобільність бору в рослині також пояснює необхідність періодичних позакорневих підживлень.

Зміст бору в рослинах становить від 1 до 96 мг/кг сухої речовини і залежить від концентрації їх у живильному середовищі. Так, при концентрації водорозчинного бору в живильному середовищі 0,5 мг/кг ґрунту його вміст у листі цукрових буряків (фаза 4х пар листя) становить 30 мг/кг сухої речовини, а при вмісті 1,5-3,0 мг/кг ґрунту – 46- 51 мг/кг сухої речовини. Однак подальше підвищення концентрації бору в живильному середовищі гальмувало його надходження в рослини. Оптимальним є вміст водорозчинного бору 0,5-3,0 мг/кг ґрунту.

Важливість бору у мінеральному живленні рослин беззаперечна. Бор сприяє росту й розвитку меристемної тканини, за його нестачі, особливо у борофільних культур, спостерігається затримка росту кореня і стебла, а за сильного дефіциту відмічається повне відмирання точок росту як верхівкових, так і бокових пагонів. Бор сприяє нормальному проходженню процесів запилення та запліднення квіток, визначаючи кількість плодів і насінин; за його нестачі може відбуватися опадання зав'язей і пустозерність (рис. 2.10).

Бор регулює синтез і транспорт вуглеводів, підвищуючи вміст крохмалю в бульбах картоплі і цукру в коренях цукрових буряків. Входячи до складу клітинної стінки, бор сприяє поліпшенню товарного вигляду продукції, його кращій лежкості і транспортуванню. За достатнього забезпечення бором рослини краще засвоюють кальцій, азот і фосфор, в них оптимізуються процеси синтезу амінокислот і білків. У бобових

культур бор необхідний для нормального формування та функціонування бульбочок симбіотичних азотфіксуючих бактерій на коренях (рис. 2.11).

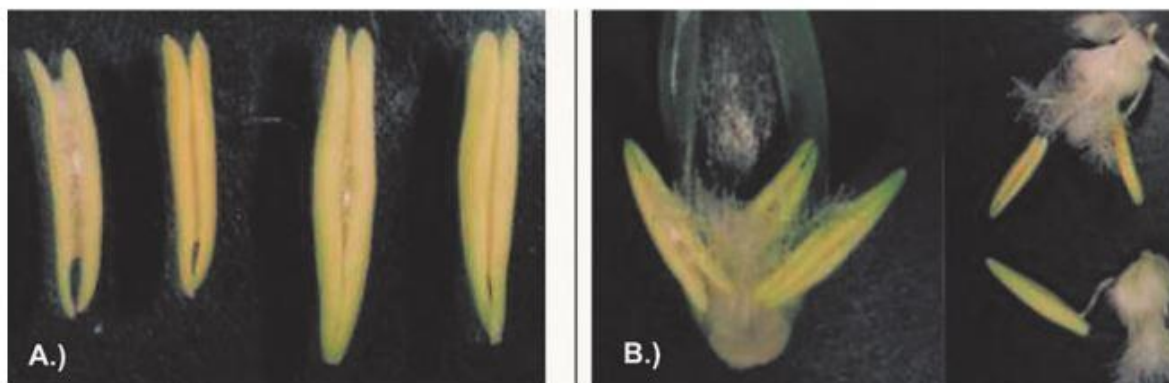


Рисунок 2.10 – Вплив бору на а) розвиток пиляків (нормальне забезпечення бором – праворуч) та б) квіток пшениці (нормальне забезпечення бором – ліворуч)



Рисунок 2.11 – Вплив бору на утворення бульбочок на коренях люцерни після інокуляції (а – нормальне забезпечення, б – дефіцит бору)

Потреба рослин у борі неоднакова. Вимогливі до нього льон, всі різновиди буряків, бобові, морква, капуста, огірок, томат, менш – зернові та інші злакові рослини. Потреба в ньому проявляється вже з початкових фаз розвитку. У зерні сої бору міститься 25-30 мг/кг сухої речовини, хлібних злаків 7-10, насіння льону 12-15, у бульбах картоплі 10-12, у корінні цукрових буряків до 35 мг/кг. Винос бору буряком, картоплею, кормовими коренеплодами від 70 до 272 г/га, сіном конюшини 60-822 г, люцерною до 350 г/га. З 1 т зерна виноситься 21,3-42,0 г/га, з 10 т овочів винос наступний: капустою білокачанною – 21 г, морквою – до 25 г, томатом – 10-11 г, огірком – 14 г, буряком столовим – 24 г.

Ефективність борних добрив залежить від біологічних особливостей культур, вмісту солей борної кислоти. Кислоти у ґрунті, що переходять у водну витяжку при кип'ятінні. Вони дуже рухливі і можуть вимиватися з орного шару в підорні. Зі збільшенням опідзоленості ґрунту вміст рухомого бору в них знижується.

Найбільше водорозчинного бору встановлено в дерново-глеюватих ґрунтах (до 4,4 мг/кг). Більш багатими ґрунтами є ґрунти з високим вмістом гумусу. Зміст водорозчинного бору у ґрунтах залежить і від реакції середовища. Найбільша рухливість бору у ґрунті при рН (KCl) від 5,2 до 5,8. У дуже кислому середовищі рухомого лісу доступного для рослин мало. Вапнування ґрунтів до рН (KCl) > 5,8 призводить до різкого зниження вмісту водорозчинного бору.

Слід також пам'ятати, що добрива на основі бури, крім бору, містять також високу кількість натрію, який може мати токсичний вплив на рослини. А деякі погано очищені борати можуть містити в своєму складі важкі метали та інші токсичні домішки.

Борна кислота може помітно знижувати рН робочого розчину лише за великих концентрацій, коли у розчині формуються поліборати та вивільнюється протон H^+ , але за таких концентрацій значно підвищується ризик опіку листя рослин. Це легко перевірити на практиці спробувавши знизити рівень рН лужної води хоча б до значення 5,5-6,0 за допомогою борної кислоти.

Токсична дія борної кислоти може бути зумовлена її низькою швидкістю та ступенем розчинності у бакових сумішах, що може призвести до нерівномірного розподілу діючої речовини у баку. В цьому випадку на листову поверхню потрапляють різні концентрації робочого розчину, в тому числі дуже високі, що призводить до опіку. До того ж на листку борна кислота швидко висихає та кристалізується, що повністю блокує надходження бору в рослину та підвищує ризик фітотоксичності.

Застосування бору на бідних ґрунтах цим мікроелементом наводить до поліпшення якості продукції: збільшується вміст білка в зернобобових та бобових культур в окремих випадках до 2 %, каротину до 3-5 мг, вітаміну С до 5-6 мг, знижується вміст вільних нітратів.

Найголовніше при внесенні з макродобривами їх застосування економічно та енергетично вигідне навіть за сучасних цін на добрива.

2.7.3 Молібденові добрива

Добрива, що містять у своєму складі мікроелемент молібден, звуться молібденові. Молібден – елемент із атомною масою 95,96. Середній зміст молібдену в рослинах становить від 0,1 до 50 мг/кг сухої речовини. Найменше містять злаки 0,2-0,55 мг, зернобобові від 0,28 до 9 мг/кг сухої маси, а бобові (конюшина, люцерна) від 0,22 до 18 мг/кг, у коренях люпину до 50 мг/кг сухої маси коріння. Найбільша кількість молібдену міститься у вегетативної масі рослин, менше у репродуктивних органах. До культур з більш високим вмістом молібдену також належать: томат, салат, капуста, цукрові буряки та лен.

З площі 1 га бобові культури за врожайності 10 ц зерна виносять 3-5 г, а злакові – 0,2-0,3 г. Середній виніс молібдену з урожаєми сільськогосподарських культур від 1 до 10 г/га.

Як молібденові добрива використовують солі, що містять молібден, і різні відходи промисловості, що включають молібден.

Молібденовокислий амоній $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4H_2O$ – біла дрібно-кристалічна речовина, кристали на сонці блищать, добре розчинна в підігрійтій воді до 50-600, сильно сипка. Зміст молібдену 54%. Застосовується для змочування насіння та некореневих підживлень.

Молібдат амонію-натрію $(NH_4)_2Mo_4 \times Na_2MoO_4$ – білувато-жовтуватого кольору аморфний порошок з наявністю дрібних кристалів соди, при розчиненні у воді дає емульсію, що нагадує молоко. Зміст молібдену 36%. Застосовується для змочування насіння та некореневих підживлень.

Молібденізований простий гранульований суперфосфат. На вигляд не відрізняється від звичайного суперфосфату. У своєму складі містить 18,7-19,0 % P_2O_5 та 0,1 % Мо у водорозчинній формі. Використовувати як рядкове добриво при посіві зернобобових культур розрахунок 15-20 кг P_2O_5 на га.

Суперфосфат подвійний гранульований із молібденом. Гранули сірого кольору 2-3 мм округлої форми, у воді повністю не розчинний, містить 43% P_2O_5 та 0,2% Мо. Використовується при внесенні в рядки при сівбі зернобобових культур із розрахунку 15-20 кг P_2O_5 на га.

Порошок, що містить молібден - це механічна суміш тонко-подрібненого сухого молібденовокислого амонію з технічним тальком у

співвідношенні 1: 6. вміст молібдену в порошок 9-11%. Рекомендується застосовувати для опудрювання насіння.

Відходи електролампової промисловості – порошок світло-сірого кольору з вмістом молібдену 5 %-8 %, не гігроскопічний, розчинний у воді, можна використовувати для внесення в ґрунт, підживлення рослин. Молібденові відходи придатні для виробництва молібденізованого суперфосфату та нітрофоски. Найпростішим та економічно вигідним є передпосівна обробка насіння шляхом їх змочування розчинами молібденовокислого амонію з розрахунку на 1 ц гороху – 25 г, ярої вікі – 50 г, конюшини та люцерни – 500 г. Зазначені дози молібденовокислого амонію розчиняють у 1-2 літри теплої води. Насіння розсипають шаром 10-15 см на рівній поверхні (щільна підлога або брезент), обприскують з обприскувача в 2-3 прийому, добре перемішують, провітрюють. Змочування насіння розчином молібденовокислого амонію можна проводити в день посіву або за кілька днів за умови гарного просушування. Обробку насіння молібденом можна поєднувати з їх нітрагуванням ризоторфіном.

Ефективність молібденових добрив. Потреба рослин в молібдені значно менше, ніж в борі, цинку, міді, марганцю. Із середнім урожаєм зернові культури виносять до 6 г / га молібдену, бобові – до 10 г / га. Чутливі до нестачі цього елемента бобові, деякі рослини сімейства капустяних (капуста цвітна і білокачанна, салат, шпинат, редис, гірчиця), цитрусові і 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 і сіні бобових трав, вітамінів і цукрів в овочах і т.д.

Молібден мінімізує вміст нітратів у рослинній тканині, зменшуючи поглинання рослиною нітратного та збільшуючи поглинання нітритного нітрогену і включення його до таких нітрогеновмісних сполук, як білки. Для бобових культур молібден є каталізатором фіксації нітрогену з повітря бульбочковими бактеріями та накопичення цього елемента на поверхні кореневої системи. Молібден позитивно впливає не лише на бобові рослини, а й на кольорову капусту, томати, цукровий буряк, льон та ін. З його допомогою в рослинах синтезуються вітамін С, каротин та вуглеводи. Він входить до складу ферментів, бере участь в окисно-відновних реакціях, впливає на процес утворення пилку під час цвітіння рослин.

Під впливом молібдену значно покращується і якість продукції: збільшується вміст білка в зерні та сіні бобових культур, вітамінів і цукру в овочах (табл. 2.6).

Зовнішні ознаки помірної нестачі молібдену в рослинах подібні ознаками азотного голодування. При значному дефіциті молібдену виявляються яскраво – жовто – зелені або блідо – помаранчеві плями між жилками старого листа, переважно з верхнього боку. При цьому молоде листя скручуються всередину у вигляді ложечок, точки росту відмирають, а жилки листа залишаються світло – зеленими (рис. 2.12). Послаблюється ріст рослин, затримується цвітіння.

Таблиця 2.6 – Вплив обробки насіння зернобобового молібдену на врожайність та вміст білка в зерні

Mo, мг/кг грунту	Горох (вегетаційний дослід)		Віка (польовий дослід)	
	збільшення врожайності, %	збільшення білка, %	збільшення врожайності, %	збільшення білка, %
0,10 - 0,22	11 – 22	0,7 – 3,6	15 – 35	1,3 – 2,8
0,22 – 0,33	10 – 21	0,6 – 1,2	10 – 30	1,1 – 3,2
0,33 – 0,50	8 – 12	-	-	-



Рисунок 2.12 – Вплив молібдену на розвиток листя томатів та огірків: недостатнє забезпечення – праворуч та посередині, перенасичення - ліворуч

Так, у рослин томату квітки виявляються майже сидячими на стеблі і передчасно опадають, у гороху на коренях не утворюються бульбашки, а бактерії здатні фіксувати азот. У багатьох рослин ознаки нестачі молібдену спостерігаються значно раніше, наприклад у капусти, редису, гірчиці, томатів, буряків та інших культур недолік молібдену проявляється вже на сім'ядолях, а через кілька днів або тижнів і на інших органах.

Молібден у ґрунтах знаходиться у складі органічної речовини, у складі мінералів: молібденіт (MoS_2), вульфеніт (PbMoO_4), наказує (CaMoO_4) та молібдат (MoO_3), на поверхні колоїдних частинок – обмінний та водорозчинний у вигляді солей молібденових кислот.

Загальний його вміст у ґрунтах залежить від типу ґрунтів, їх гумусованості, ступеню опідзоленості та гранулометричного складу. Основним джерелом живлення рослин молібденом є ґрунт. Ґрунти Полісся і Лісостепу малозабезпечені рухливими формами молібдену (0,2 до 5 мг/кг), ґрунти Степу, передгірних і гірських районів середньо забезпечені (0,23 мг/кг). Молібден, менш рухливий в ґрунтах з кислою реакцією середовища, де він зв'язується обмінним алюмінієм. Факторами, які підвищують його рухливість, є вапнування ґрунту і внесення фосфорних добрив. Це пов'язано зі зменшенням вмісту в ґрунті рухомого алюмінію і утворенням легко доступних для рослин молибдат-фосфатних іонів.

Для землеробства найбільше значення має вміст молібдену у ґрунті у доступній формі для рослин. Це обмінний молібден і водорозчинний, що витягується з ґрунту оксалатним розчином по Гріггу з рН 3,3.

Дерново-підзолисті ґрунти бідні рухливим молібденом. У орному шарі цих ґрунтів вміст його коливається від 0,04 до 0,40 мг/кг ґрунту. Більш багаті на молібден сірі лісові та чорноземи (від 0,16 до 0,72 мг/кг).

Рухливість сполук молібдену у ґрунтах залежить від реакції середовища. Нейтральне та лужне середовище підвищує рухливість молібдену.

На кислих дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах при високому вмісті алюмінію, заліза та марганцю рухливий молібден переходить у незасвоюваний стан у 3-х заміщений молібдат заліза та алюмінію.

Вапнування кислих ґрунтів сприяє утворенню рухливих форм молібдену та засвоєнню його рослинами за рахунок випадання в осад заліза та алюмінію.

Молібденові мікродобрива використовують, як правило, для обробки великих сільськогосподарських ділянок, в більшості випадків, які призначені для посадки зернових чи бобових рослин. Завдяки молібдену врожайність культур збільшується, як мінімум, на 30%, саме тому така сировина є незамінним для обробки промислових земельних ділянок.

Ефективність молібденових добрив при вапнуванні кислих ґрунтів знижується, оскільки воно переводить молібден ґрунту з недоступних сполук у доступний для рослин стан. Поряд із цим мають місце випадки високої ефективності молібдену та на тлі вапна.

2.7.4 Кобальтовмісні добрива

Кобальт у рослинах. Кобальт хімічний елемент із атомною масою 58,93. Він належить до рідко розсіяних важких металів. У природі переважають сполуки 2-х валентного кобальту, також зустрічається велика кількість ізотопів з масою ⁶⁰С.

У середині ХХ століття кобальту було присвячено велику кількість наукових досліджень за кордоном. Він був знайдений у гірських породах, ґрунтах, воді, у складі живих організмів: мікроорганізмів, тварин, рослин та людини.

Кобальт інтенсифікує поглинання рослинами азоту, фосфору, калію, магнію та обмежує надходження важких металів, зокрема свинцю. Кобальт впливає на прискорення цвітіння і скорочення тривалості вегетаційного періоду, посилюється жаростійкість та морозостійкість, стійкість до посухи і хвороб, підвищується стійкість до вилягання.

Дія кобальту щодо багатьох фізіологічних процесів, які проходять як у ґрунті, так й в рослинному організмі, доведена й перевірена: він активізує ферменти, бере участь у синтезі хлорофілу, нагромадженні вуглеводів і жирів, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і аскорбінової кислоти, підвищує інтенсивність дихання. Цей елемент живлення відіграє важливу роль у окисно-відновних реакціях, має позитивний вплив на процеси дихання та енергетичного обміну. Також не можна забувати й про позитивну дію кобальту на розмноження бульбочкових бактерій.

Вміст кобальту у рослинах становить від 0,05 до 0,85 мг/кг сухої речовини. Вміст кобальту в зерні ярих зернових рослин становить 0,05 - 0,14 мг/кг сухої речовини - в озимому житі до 0,21 мг; у зернобобових 0,12

- 0,44 мг; у бобових (конюшина, люцерна) 0,13 - 0,85 мг; картоплі 0,14 – 0,69 мг; у коренеплодах 0,06 - 0,35 мг/кг сухої маси. З високим урожаєм зернових виноситься його всього 2,0-2,5 г/га.

Нестачу кобальту рослини відчують на всіх типах ґрунтів, добре забезпечених усіма макроелементами, з реакцією близькою до нейтральною. Не потребують його рослини, якщо на поле внесено гній, так як із ним у ґрунт надходить досить велика його кількість.

Дефіцит кобальту - при недостатній кількості кобальту ознаки подібні до азотного голодування (рис. 2.13), при цьому послаблюється інтенсивність фізіологобіологічних процесів (уповільнення росту, розвитку рослини, знижується активність азотфіксуючих бульбочкових бактерій та зниження врожайності), порушення біосинтезу білків (кобальтовий хлороз - пожовтіння листя).



Рисунок 2.13 – Ознаки дефіциту кобальту у томатів

Зернові та бобові культури найбільш чутливі до дефіциту у ґрунті кобальту (рис. 2.14). Застосування кобальту у технології вирощування гороху озимого сприяє активізації росту рослин завдяки кращому засвоєнню азоту. Кобальтовмістні добрива обмежують негативну дію несприятливих зовнішніх чинників, що поліпшує умови росту та розвитку рослин. Із фізіологічного погляду особливе значення в період вегетації культури належить бору й кобальту.

Надлишкові кількості кобальту включаються рослинами в транспіраційний потік, що призводить до збагачення ним кінчиків листя, ділянки яких в результаті біліють і відмирають. Найбільша чутливість до надлишку цього елемента встановлена у хлібних злаків. Токсичність кобальту може виявлятися шляхом пригнічення вітаміну В₁₂. В результаті у рослин з'являються недорозвинені квіти, погіршується або взагалі відсутнє плодоношення, насіння не дає сходів.



Рисунок 2.14 - Дефіцит кобальту на посівах озимої пшениці

Однак у природних умовах надлишок кобальту не зустрічається, а тільки в результаті діяльності людини, що забруднює середовище. Основне джерело забруднення ґрунтів кобальтом - виплавка кольорових металів. Спалювання вугілля та іншого палива меншою мірою забруднює довкілля. При цьому ґрунти придорожніх смуг та вуличний пил містять підвищену кількість кобальту.

З метою контролю над забрудненням важкими металами встановлено ГДК кобальту та його оксиду у повітрі — 0,5 мг/м³. Підвищені концентрації сполук кобальту є токсичними, викликають задишку та гострі дерматити шкіри, діють на шлунково-кишковий тракт.

Велика кількість кобальту в забруднених ним ґрунтах є токсичною для вівса, квасолі, суданської трави та ячменю.

Вміст кобальту в ґрунтах залежить від материнських порід, типу ґрунтів, їх гранулометричного складу та антропогенного фактору.

Нормальним вважається вміст валової форми кобальту у ґрунтах від 7 до 30 мг/кг.

Запаси кобальту у різних типах ґрунтів коливаються від 3 до 45 кг/га. Найменше їх у супіщаних та торф'яних ґрунтах, а суглинні ґрунти багатші розчинними сполуками кобальту.

У ґрунтах Co середньорухливий і кількість його рухомої форми може змінюватися в межах 4-22% від валового вмісту. Відзначається порівняно висока рухливість кобальту в торфових ґрунтах, що пов'язано зі здатністю елемента утворювати легкорухливі органо-мінеральні комплекси. Вміст доступних рослин рухомих форм елемента в ґрунтах коливається від 0,1 до 7 мг/кг.

Зі збільшенням ступеня окультуреності ґрунту вміст рухомого кобальту підвищується, і в дерново-підзолистих ґрунтах доступні рослинам форми Co займає 10-20% від його валової кількості.

Вапнування кислих ґрунтів знижує поглинання рослинами кобальту, а при кислотності ґрунтового середовища рН 6,8 його сполуки починають випадати в осад. Засвоюваність елемента також знижується при надлишку в ґрунті марганцю та заліза, а фосфор – навпаки – посилює надходження кобальту до рослин. Кормові культури, оброблювані на піщаних ґрунтах, бідніші кобальтом, ніж ті, що вирощуються на більш важких за гранулометричним складом ґрунтах.

Кобальтові добрива. Рекомендується застосовувати кобальтові мікродобрива для отримання стабільної врожайності бобових, кормових та овочевих культур, для підвищення якості та забезпеченості кормів кобальтом. Як кобальтові добрива використовують хімічно чисті солі: сірчаноокислий, азотноокислий і хлористий кобальт та промислові відходи.

Сірчаноокислий кобальт $CoSO_4 \times 7H_2O$ у своєму складі містить 207 % кобальту. На вигляд кристали бруснично-рожевого кольору, дуже гігроскопічні.

Хлористий кобальт $CoCl_4 \times H_2O$. Червона кристалічна речовина, сильно гігроскопічна, добре розчинна у воді при температурі 20 °С, вміст 21,2 %.

Азотноокислий кобальт $Co(NO_3)_2 \times 5H_2O$ – крупнокристалічна речовина червоного кольору, при внесенні в ґрунт набуває фіолетового кольору, добре розчинний у воді, сильно гігроскопічний.

Найбільш безпечним з екологічної точки зору та економічно ефективним є некореневе обприскування рослин у найважливіші фази їх

росту та розвитку водними розчинами мікродобрива малих концентрацій – 0,01-0,1%.

Кобальтові мікродобрива слід застосовувати, якщо вміст рухомих сполук кобальту у ґрунті – менше 1,5 мг/кг. Внесення мікроелемента забезпечує не лише отримання повноцінних продуктів харчування для людей та кормів для тварин, але також підвищує врожайність та якість рослинницької продукції. Насамперед, Со слід використовувати на вапняних ґрунтах, особливо на торф'яних і піщаних, під багаторічні та однорічні бобові культури, які високо чуйні на елемент. Рекомендується також застосовувати Со для кормових культур (багаторічні злакові трави, пасовища, кукурудза), овочевих, плодових та ягідних культур для підвищення врожайності та покращення якості продукції.

Встановлено, що низький вміст кобальту в рослинах може бути обумовлений не лише його низьким вмістом у ґрунті, а й наявністю бар'єрних механізмів по відношенню до цього елемента, антагоністичним впливом на його надходження до рослин з боку міді, марганцю та цинку. Тому з метою підвищення ефективності кобальту як добрива його слід застосовувати окремо, а не в сумішах із зазначеними мікроелементами.

2.7.5 Мідні добрива

Мідь – елемент із атомною масою 63,54 зі змінною валентністю. У природі зустрічається у гірських породах, у воді та у всіх живих організмах.

Мідні добрива - один з видів мікродобрив, що містить так необхідний рослинам мікроелемент Cu. Основна біохімічна функція останнього - участь у ферментативних реакціях у складі ферментів, що містять мідь.

Мідь у рослинах. Вміст міді у різних рослинах коливається у межах від 35 до 130 мг/кг сухої маси. Багато міді у зернових. Найбільше у зерні озимого жита від 3,4 до 18,3 мг; ячменю до 14 мг/кг, а в сні тимофіївки до 26,3 мг, менше в картоплі, коренеплодах, овочах. При врожаю зернових хлібів 25-30 ц/га виноситься міді 30-40 г, сіна конюшини 30-40 ц – 25-30 г, картоплі 150-200 ц – 30-40 г, цукровим буряком - 52,5 г, соняшником - 243 г, просом - 21 г.

Мідь у ґрунтах. Валовий вміст міді в дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах становить від 1,5 до 20 мг, рухомої - від 0,9 до 5,3 мг/кг. Найменше міді у дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу, а більше у сірих лісових та чорноземах опідзолених - понад 5 мг/кг. Відповідно до досліджень, на ґрунтах із вмістом менше 6-15 мг валової міді тварини хворіють на анемію, лизуху, захворювання кісткової системи, відзначається легальність і недозрівання злаків, суховершинність плодових дерев. Використання мідних добрив залежить від вмісту міді у ґрунті у засвоюваній формі.

Дефіцит міді частіше спостерігається на торф'яно-болотних, а також на карбонатних і піщаних ґрунтах при вмісті міді менше 0,001%. Рослини розрізняються по чутливості до нестачі міді. Стійка до нестачі міді картопля. Із зернових найбільш чутливі до нестачі міді пшениця, потім овес, ячмінь і жито. Недолік міді у злакових викликає так звану хворобу обробки: спостерігається зупинка росту, хлороз і побіління кінчиків молодих листків (у пшениці і ячменю), втрата тургору у молодого листя і стебел, листя опускаються, в'януть.

Рослина сильно кушиться, утворення стебел затримується, утворення насіння придушене (пустозерносте). У пшениці при недоліку міді листя, що охоплюють колос, злегка хлоротичні і викривлені, іноді закручуються в спіраль (рис. 2.15). Головка колоса також хлоротична і викривлена, розвиток зерна слабке. При сильному недоліку міді не утворюється колос та насіння.



Рисунок 2.15 - Ознаки нестачі міді (Cu)

Мідні добрива. У якості мідних добрив застосовують піритні недогарки, сірчаноокислу мідь, порошок, що містить мідь.

Сірчанооксида мідь (мідний купорос) $CuSO_4 \times 5H_2O$ у своєму складі містить 25,4% міді. На вигляд кристалічна блакитно-синього кольору сіль, добре розчинна у воді.

Піритні недогарки $CuSO_4 \times Cu(OH)_2 \times CuS_2$ – це відхід хімічної промисловості, розсипчастий аморфний порошок вишневого, темного кольору. У своєму складі містить мідь у засвоюваній для рослин формі від 0,3 до 0,7%, містить невелику кількість домішок цинку, кобальту та молібдену.

Застосовують, насамперед, на осушених болотах. Вносять у ґрунт під зяблеву оранку в дозах 5-6 ц/га один раз на 5-6 років.

Порошок, що містить мідь - це механічна суміш тонко-дрібною сірчаноокислою міді з технічним тальком, вміст міді в порошку 5-6%. Рекомендується застосовувати для опудрування насіння.

Міднокалійні добрива – збагачений хлористий калій сірчано-кислою міддю (56,8 % K_2O та 1,0 % Cu), дрібнокристалічний порошок, призначений для внесення в ґрунт під культивування під зернові, кормові та овочеві культури на дерново-глеюватих та торфоболотних ґрунтах.

Застосування добрив, що містять мідь. Для внесення в ґрунт доцільно використовувати піритні недогарки з розрахунку 1,0-1,5 кг д.р. на гектар або міднокалійні з розрахунку по K_2O 60-90 кг/га. Сірчаноокислу мідь найкраще використовувати для передпосівної обробки насіння методом змочування або намочування з експозицією 6-12 годин 0,01-0,02 % розчині, це 50-100 г $CuSO_4 \times 5H_2O$ на 1 літр води, для некореневих підживлень – 0,02-0,05% розчин на 200-400 л/га. Порошок, що містить мідь використовують для обробки насіння з розрахунку: зернові та зернобобові 150 г порошку на 1 ц насіння, огірок – 200 г, томат – 300 г, капуста – 100 г, конюшина та люцерна – 200 г.

Мідь значно впливає на фотосинтез, формування генеративних органів, синтез лігніну в клітинних стінках, підвищує стійкість рослин до хвороб, вилягання, їхню посухо-, жаро- та зимостійкість, сприяє ліпшому засвоєнню ними азоту. Нестача міді спостерігається на провапнованих і лужних ґрунтах, із високим умістом гумусу і зависокої температури, підвищених доз внесення азотних добрив (понад 100 кг/га д.р.). Мідь значно впливає на врожайність. Для нормального розвитку пшениці озимої вміст міді в ній має становити 4–15 мг/кг сухої речовини. Замість показника вмісту міді зручніше користуватися співвідношенням $Cu:N$, яке має бути >1 .

2.7.6 Цинкові добрива

Цинк – елемент з атомною масою 65, широко поширений у природі. Його вміст у рослинах коливається від десятитисячних до тисячних, а іноді й сотих часток відсотка на суху речовину.

Цинк у рослинах. Цинк є необхідним елементом у житті рослин. З польових культур найбільший вміст цинку в зернових 8,5 до 75 мг/кг та у сухій масі кукурудзи – 14 - 180 мг/кг. Серед овочевих культур багатих на цинк - у селери близько 12 мг/кг зеленої маси, у петрушці – 4,8-7,76 мг/кг, салаті, шпинаті – 3-5 мг/кг, столових буряках – 5,0 мг/кг, моркви – 2,65 мг/кг і дуже мало у білокачанної капусти до 1,3 мг/кг, у огірках всього 1 мг та томатах у середньому 0,8 мг/кг сирої маси.

Цинк у рослин більше міститься у вегетативної масі, менше репродуктивні органи. У бульбах картоплі цинку міститься у 3-4 рази менше, ніж у бадиллі, у листі томату більше в 2,5 рази, ніж у плодах.

Багато цинку містить цукрові буряки, соняшник, овес. Овес з врожаєм зерна 20 ц та 21 ц соломи виносить 145 г, ячмінь з урожаєм 15 ц зерна та 20 ц соломи виносить 97 г цинку на гектар, винесення окремими культурами може бути до 2,25 кг/га та більше.

Винос цинку з 10 т свіжих овочів складає: капуста – 32, морква – 48, столові буряки – 74, петрушка – 92, селера – 187, томати – 38, огірки – 3,3 г/га.

Цинк бере участь у багатьох фізіо-логічних процесах, сприяє росту міжвузля, підвищує жаро-, посухо- та морозостійкість рослин, вміст білка в зерні, стійкість рослин до ураження хворобами. Його нестача в живленні рослин спостерігається у вигляді блідо-жовтих смуг на листках паралельних листовим жилкам. Рослини набувають жовтого або оранжевого забарвлення в ранні фази онтогенезу, гальмуються в рості й розвитку. Особливу увагу на забезпеченість пшениці озимої цинком потрібно звертати за вирощування її на ґрунтах із високим умістом гумусу й фосфору, застосування високих доз азотних і фосфорних добрив, вапнування, низьких температур.

Цинк у ґрунтах. Найбільший вміст валового цинку знайдено у високогумусних чорноземах до 90 мг/кг. Найменше - в дерново-підзолистих легких ґрунтах з гранулометричним складом від 20 до 67 мг/кг.

Цинк у ґрунті знаходиться у незасвоюваній формі у вигляді мінералів, органічної речовини та засвоюваної. Це цинк, що знаходиться на поверхні колоїдних частинок та водорозчинних солей.

Сірчанокислий цинк. Випускається двох видів: безводний ($ZnSO_4$) з вмістом елемента 45,5% та водний ($ZnSO_4 \times 7H_2O$) з вмістом близько 24-25%. На вигляд біла кристалічна сіль, добре розчинна у воді. Використовується для позакореневого підживлення та змочування насіння.

Порошок, що містить цинк – суміш тонкоподрібненого сірнокислового цинку з технічним тальком, містить 5-6% Zn. Рекомендується застосовувати для пудрування насіння.

Цинковмісні мелені шлаки плавильних заводів містять 2-7% цинку та невеликі кількості інших мікроелементів. Застосовується при внесенні у ґрунт у дозах 0,5-1,5 ц/га. При тонкому розмелюванні можуть бути використані для передпосівного опудрування насіння в дозах 200-400 г на 1ц насіння.

Цинкові полімікродобрива – відходи хімічних заводів цинкобілильного виробництва, що випускаються різних видів. Зовні тонкоподрібнений порошок темно-сірого кольору з частинками шлаку, негігроскопічний, не злежується.

Цинкові добрива найчастіше ефективні на дерново-карбонатних, перегнійно-карбонатних, бурих, сіроземних, сіроземно-лугових ґрунтах та чорноземах, а також на піщаних ґрунтах. Кислі дерново-підзолисті та торф'яно-глеєві ґрунти відрізняються, як правило, підвищеним вмістом цинку і не потребують внесення цинкових добрив.

В даний час цинкові добрива застосовуються головним чином у Середній Азії під бавовник. Насамперед, їх застосовують на ґрунтах, що мають реакцію, близьку до нейтральної, багатих на органічну речовину.

Ефективність цинкових добрив залежить від вмісту рухомого цинку у ґрунті. Вапнування ґрунту зменшує розчинність цинку і, отже, доступність його рослин. Знижує доступність цинку рослин та органічну речовину. Цинк, вступаючи в обмінні реакції з гуміновими та фульвокислотами, а також з мінеральними іонообмінниками, закріплюється ґрунтом завдяки утворенню погано дисоціюючих сполук. Рухливість цинку в ґрунті знижується і в присутності фосфатів, оскільки фосфат цинку, що утворюється, малорозчинний. Розчинність цинку підвищується зі збільшенням вмісту у ґрунтового розчині мінеральних солей, CO_2 та у присутності соди.

Найбільш ефективними є цинкові добрива при внесенні їх під кукурудзу на зерно, плодові культури, виноградники, цукрові буряки, люцерну та деякі овочеві культури.

Цинкові добрива вносять у ґрунт до посіву, обробляють насіння перед посівом і проводять некореневе підживлення рослин. Передпосівна обробка насіння проводиться шляхом їх обприскування або опудрювання сірчаноокислим цинком. При обробці насіння використовують розчин концентрації 0,05-0,1%. Для цього 2-4 г сірчаноокислого цинку розчиняють у 4 л води і цим розчином змочують насіння. На 1 ц насіння потрібно 6-8 л розчину.

Некореневе підживлення зазвичай проводять розчином сірчаноокислого цинку. Для підживлення 1 га посіву сільськогосподарських культур розчиняють 100 г сірчаноокислого цинку 100 л води при обприскуванні з літака. При некореновому підживленні просапних культур наземними обприскувачами цю ж норму сірчаноокислого цинку розчиняють у 300-400 л води. Некореневі підживлення плодових культур проводять по сплячих нирках (2-3% розчином солі) і в період вегетації рослин (0,05-0,1% розчином солі). Виноградники обприскують слабшим розчином (0,05%) у період вегетації. У розчин сірчаноокислого цинку додають 0,2-0,5%-не гашене вапно для нейтралізації кислотності розчину солі, щоб уникнути опіку листя.

Внесення цинкових добрив збільшує врожай зерна кукурудзи на 5-7 ц/га, бавовни-сирцю на 2-4, зерна пшениці на 1,5-2 ц/га. При цинковому голодуванні рослин застосування цинкових добрив помітно підвищує врожай часнику, гороху, квасолі, томатів.

Найчастіше нестача цинку в рослин проявляється на піщаних, слаболужних або близьких до нейтральних і карбонатних ґрунтах, де вміст рухомих форм цього елемента через осадження його у вигляді карбонатів, досить незначний.

При нестачі цинку в ґрунті забарвлення листя рослин стає жовто-зеленої, потім вони покриваються бурими плямами і відмирають (рис. 2.16). Молоде листя сповільнюється в рості, вони формуються маленького розміру, відбувається їх деформація: вони набувають асиметричну форму, часто мають хвилеподібні краї.

Найчутливіші до нестачі цинку кукурудза, бобові, хміль, цибуля, сорго, льон, плодові, цитрусові культури та виноград. Із польових культур цинковий дефіцит найчастіше виявляється на кукурудзі у вигляді

міжпрожилкового пожовтіння, починаючи від основи листка. Його край, кінчик і центральна жилка залишаються зеленими. Ознакою цинкового голодування у бобових (квасоля, соя) є наявність хлорозу на листках, іноді асиметричний розвиток листової пластинки.

Використання збагаченого цинком посівного матеріалу (рис. 2.17) дає змогу забезпечити рівномірну схожість рослин, покращити розвиток їхньої кореневої системи та підвищити стійкість проростків проти інфекцій та до стресових умов (несприятливі температури ґрунту, зміни вологості, рН).



Рисунок 2.16 - Ознаки дефіциту цинку на кукурудзі та сої

Крім того, отримуємо зерно вищої якості, що особливо важливо в аспекті збалансованого харчування людини та годівлі тварин. Цинкові добрива підвищують також стійкість картоплі до фітофтори та інших захворювань.

Таким чином, системний підхід щодо забезпечення рослин потрібними елементами живлення, починаючи з обробки насіння та закінчуючи позакореневим підживленням у пізні фази вегетації, значно покращить якість посівного матеріалу, підвищить продуктивність рослин та допоможе отримати продовольчу продукцію, збагачену потрібними поживними речовинами для людини.

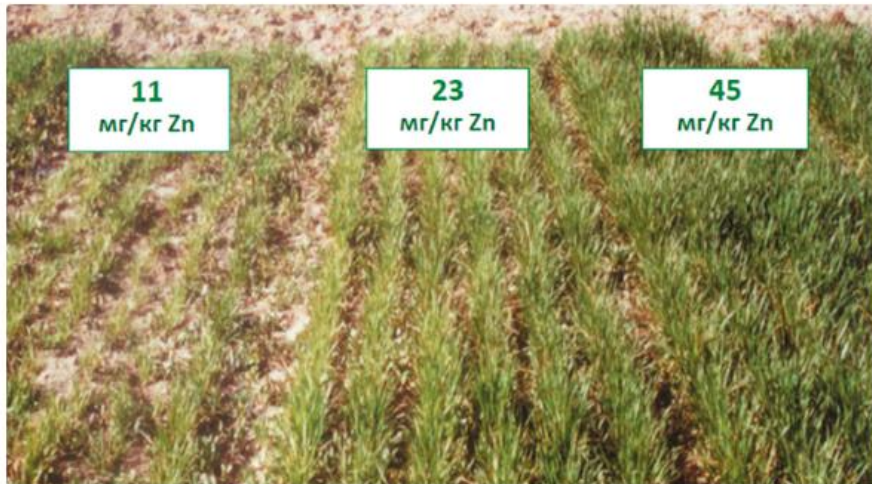


Рисунок 2.17 – Вигляд посівів пшениці в залежності від вмісту Zn у насінні в умовах вапнякового ґрунту

2.7.7 Марганцеві добрива

Марганець у рослинах. Марганець – елемент із атомною масою 54,94. Має змінну валентність (Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}). Зміст марганцю в рослинах варіює від тисячних до сотих часток відсотка на суху речовину. Найбільше марганцю в бобових рослинах (конюшина, люцерна), листової капусти, в зернових; менше у овочевих рослинах. Причому більше марганцю у вегетативній масі і менше в репродуктивних органах. У зерні пшениці його вміст 11-12 мг/кг, соломі від 60 до 146 мг/кг; у зерні ячменю 8-40 мг/кг, соломі 37-90 мг/кг; у бульбах картоплі 8-12 мг/кг, бадиллі 298-325 мг/кг. Винос марганцю з добривами сільськогосподарських культур вищий, ніж інших мікроелементів (порядку від 40 до 450 г/га, окремих випадках до 2-3 г/га), зерновими 160-400 г/га, картопля 300-450 г/га, конюшина 300-400 г/га, люцерна 400 г/га, столовий буряк до 4 кг/га, капуста до 8 кг/га та томати до 12 кг/га. Недостатньою кількістю марганцю в кормах для тварин, вважається його вміст менше 30 мг/кг, нормальним 30-60 мг/кг, токсичним більше ніж 60 мг/кг сухої маси.

Вміст марганцю у ґрунтах. Марганець входить до складу 150 мінералів, що знаходяться в ґрунтах у розпорошеному стані у вигляді 2-х, 3-х та 4-х валентних, рослинам доступний тільки 2-х валентний як катіон. Його надлишок може мати шкідливу дію. Валовий вміст марганцю в ґрунтах від 0,05 до 0,25. Найбільше його в лучно-дернових та торф'яних

грунтах, кислих дерново-підзолистих важкосуглинистих. Менше марганцю в дерново-карбонатних та алювіальних дернових грунтах.

Ефективність марганцевих добрив залежить від кількості рухливого марганцю в грунтах. Його рухливість залежить від реакції середовища, від окислювально-відновних реакцій у ґрунті. При нейтральної реакції середовища марганець у вигляді MnO_2 випадає в осад.

Окультурення ґрунтів за рахунок внесення органічних добрив підвищує вміст рухомого марганцю в ґрунті, а нейтралізація кислотності ґрунту вапном знижує його рухливість. Виникають умови прояву нестачі марганцю на кислих грунтах.

Асортименти марганцевих добрив. Сульфат марганцю ($MnSO_4 \times 4H_2O$) – кристалічний порошок світло-сірого кольору з вмістом марганцю 21-21 %, добре розчинний у воді, можна застосовувати для змочування та замочування насіння, позакореневих підживлень у концентрації 0,01-0,5% розчину добрива.

Марганізований суперфосфат ($Ca(H_2P O_4)_2 \times H_2O + CaS O_4 \times 2 H_2O + Mn$) – звичайний простий гранульований суперфосфат з додаванням марганцевого концентрату, містить 20 % P_2O_5 та 1-2% Mn. Найкраще застосовувати при посіві в рядки або посадці в гніздо.

Порошок, що містить марганець – механічна суміш тонкоподрібненого сухого $MnSO_4$ з тальком, м'яка на дотик. Містить 18-22 % марганцю, рекомендується для опудрювання насіння.

Застосування та ефективність марганцю. Рослини потребують хоч і в невеликого, але постійного постачання марганцю. Деякі специфічні ознаки відображені в назвах хвороб, що виникають при дефіциті марганцю, наприклад сіра плямистість, мозаїчність, суха плямистість та жовтяниця у шпинату і квасолі.

Дефіцит марганцю частіше буває на карбонатних, на торф'янистих, заплавлених і лучно-чорноземних грунтах. При нестачі марганцю спостерігається хлороз між жилками листа - на верхніх листках між жилками з'являється жовтувато-зелене або жовтувато-сіре забарвлення, жилки залишаються зеленими, що надає листу строкатий вигляд. Надалі ділянки хлорозних тканин відмирають, при цьому з'являються плями різної форми і забарвлення (рис. 2.18). Спостерігається однорідна жовтизна всього ураженого листка. Візуально симптоми нестачі марганцю у різних видів рослин дещо відрізняються. Так, у дводольних це міжпрожилковий хлороз, у трав - зеленувато-сірі плями на базальних листочках (сіра

плямистість), у буряка - темно-червоний колір листової пластинки з ураженими бурими ділянками.

Ознаки нестачі з'являються перш за все на молодих листках і в першу чергу біля основи листя, а не на кінчиках, як при недоліку калію. У вівса спостерігається хлороз з наступним відмиранням тканин між жилками в нижній третині листа; лист в цій частині перегинається і опускається.

В умовах нестачі марганцю в першу чергу знижується продукування фотосинтетичного кисню. Тим часом, вміст хлорофілу і сухої маси листка змінюється незначно, але змінюється структура мембран тилакоїдів. При жорсткому дефіциті марганцю значно знижується вміст хлорофілу в листках, вміст ліпідів в хлоропластах теж зменшується.



Рисунок 2.18 – Дефіцит марганцю

Марганцеві добрива можна вносити під зернові, злакові трави, кормові буряки на ґрунтах. із вмістом рухомого марганцю менше 50 мг/кг ґрунту в дозах 2-3 кг/га під культивуацію, при посіві зернових у рядки 0,5 кг/га у вигляді марганізованого суперфосфату.

Порошок, що містить марганець, слід використовувати для опудрювання насіння з розрахунку: зернові – 250 г і зернобобові – 300 г на 1 ц насіння; кормовий буряк – 550 г/кг; огірки – 200 г/кг; томати – 300 г/кг; капуста – 100 г/кг.

Дуже ефективно намочування насіння томатів у 0,5% розчині, що містить марганець, цинк. Додаток томатів при намочуванні сірчанокислим цинком становила 142%,

Питання для самоконтролю

1. Значення мінеральних добрив у сільському господарстві.
2. Які мінеральні добрива у сільському господарстві є найбільш популярними?
3. Поясніть, чому технологія внесення аміачної води складніша в порівнянні з твердими добривами. Як слід вносити аміачну воду?
4. При відсутності якого елемента в ґрунті буде спостерігатись більш швидко пожовтіння молодих листків?
5. В чому полягає ефективність використання фосфорних добрив?
6. Як отримують фосфорні добрива?
7. Назвіть наслідки дефіциту калію в ґрунті.
8. Для отримання максимального збільшення врожайності від калійних добрив є положення щодо їх ефективного застосування, назвіть їх.
9. Які добрива називають комплексними? Класифікація комплексних добрив.
10. Яких умов необхідно дотримуватись при змішуванні добрив?
11. Назвіть зовнішні ознаки помірної нестачі молібдену в рослинах.
12. Назвіть зовнішні ознаки дефіциту кобальту.
13. Добрива цинку, їх характеристика, дози та способи застосування під різні культури.
15. Марганцеві добрива, їх характеристика, дози та способи застосування під різні культури.

3 ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

3.1 Потреба рослин в елементах живлення

Для створення врожаю рослини споживають певне кількість поживних елементів у різних співвідношеннях. Це залежить від спадкової природи рослин, застосування добрив та умов зовнішнього середовища. Потреба сільськогосподарських культур у елементах харчування характеризується вмістом в рослинах. Зміст основних елементів харчування у сільськогосподарських культурах представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зміст основних елементів живлення в основній та побічній продукції сільськогосподарських культур, % у сухій речовині (В.В. Лапа, В.М. Босак, 2006)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6
Озима пшениця					
Зерно	1,31-2,74	0,76-0,96	0,39-0,60	0,02-0,07	0,15-0,23
Солома	0,27-0,93	0,12-0,34	1,05-3,19	0,14-0,25	0,06-0,13
Зелена маса	2,18-4,37	0,73-1,26	3,29-4,68	0,32-0,46	0,18-0,21
Озиме тритикале					
Зерно	1,45-2,38	0,67-1,05	0,54-0,67	0,05-0,12	0,10-0,26
Солома	0,25-0,67	0,11-0,36	1,44-3,82	0,12-0,30	0,09-0,18
Зелена маса	2,15-4,58	0,60-1,35	3,51-6,34	0,34-0,75	0,18-0,27
Озиме жито					
Зерно	1,28-2,12	0,43-1,01	0,30-0,43	0,05-0,10	0,08-0,20
Солома	0,25-0,45	0,24-0,38	1,56-2,36	0,10-0,16	0,08-0,11
Зелена маса	2,34-4,32	0,81-1,27	3,42-5,11	0,41-0,66	0,19-0,23
Тритикале ярове					
Зерно	1,41-2,28	0,91-1,29	0,42-0,58	0,03-0,05	0,17-0,23
Солома	0,18-0,39	0,15-0,39	1,42-2,70	0,08-0,13	0,03-0,10
Зелена маса	2,57-4,26	0,51-0,67	3,18-5,07	0,20-0,29	0,30-0,38

Таблиці 3.1- Продовження

1	2	3	4	5	6
Ярова пшениця					
Зерно	1,40-3,41	0,42-1,02	0,55-0,97	0,02-0,08	0,17-0,25
Солома	0,31-0,68	0,16-0,32	1,25-3,90	0,17-0,32	0,07-0,15
Зелена маса	2,24-4,51	0,74-1,21	3,31-5,04	0,38-0,67	0,19-0,26
Яровий ячмінь					
Зерно	1,14-2,51	0,55-1,03	0,58-0,83	0,06-0,16	0,20-0,46
Солома	0,25-0,79	0,10-0,32	1,64-3,59	0,17-0,62	0,10-0,32
Зелена маса	2,92-4,69	0,76-1,15	3,32-6,27	0,45-1,08	0,22-0,33
Овес					
Зерно	1,09-2,23	0,50-1,04	0,31-0,83	0,06-0,18	0,17-0,24
Солома	0,21-0,92	0,26-0,72	1,94-3,45	0,24-0,48	0,09-0,19
Зелена маса	1,81-4,28	0,55-1,10	3,34-5,16	0,39-0,71	0,22-0,30
Кукурудза					
Зерно	1,80	0,57	0,37	0,12	0,20
Солома	0,75	0,30	1,64	0,40	0,14
Просо					
Зерно	1,77	0,72	0,26	0,05	0,23
Зелена маса	2,05	0,65	3,66	0,27	0,54
Люпин					
Зерно	4,09-5,31	1,12-1,34	0,83-1,50	0,33-0,41	0,27-0,32
Солома	0,88-1,57	0,46-0,69	1,65-2,45	1,01-1,16	0,35-0,76
Зелена маса	3,25-4,52	0,92-1,22	2,24-3,12	1,57-2,14	0,43-0,84
Горox					
Зерно	4,50	1,00	1,25	0,09	0,13
Зелена маса	0,65	0,20	0,45	0,35	0,14
Соя					
Насіння	5,80	1,04	1,26	0,17	0,25
Капуста					
Качани	0,33	0,10	0,35	0,07	0,03
Томати (плоди)	0,26	0,07	0,32	0,04	0,06
Морква					
Коренеплоди	0,18	0,11	0,40	0,07	0,05

Таблиці 3.1- Продовження

1	2	3	4	5	6
Картопля					
Коренеплоди	1,00-2,93	0,49-0,84	2,42-3,91	0,02-0,06	0,17-0,25
Бадилля	0,90-2,14	0,25-0,39	0,53-7,88	2,12-4,01	0,48-0,72
Льон-довгунець					
Соломка	0,30-0,61	0,23-0,42	1,44-2,19	0,39-0,49	0,12-0,20
Насіння	3,15-4,33	1,71-2,01	1,29-1,43	0,22-0,32	0,58-0,66
Соняшник					
Насіння	2,61	1,39	0,96	0,20	0,51
Зелена маса	1,56	0,76	5,29	1,53	0,18
Цукрові буряки					
Коренеплоди	0,36-0,52	0,20-0,29	0,70-0,77	0,11-0,20	0,24-0,29
Бадилля	1,16-2,53	0,41-0,65	3,12-5,08	0,54-0,67	0,48-0,58
Кормові буряки					
Коренеплоди	0,84-1,70	0,26-0,72	2,71-3,75	0,15-0,24	0,20-0,38
Бадилля	1,88-3,26	0,50-0,92	5,29-8,63	2,37-3,23	1,10-3,10
Рапс ярий					
Насіння	2,89-3,54	2,12-2,38	0,87-0,91	0,07-0,12	0,56-0,58
Солома	0,36-0,74	0,39-0,62	1,43-3,27	0,80-1,08	0,15-0,30
Зелена маса	1,51-2,81	0,35-0,57	3,34-5,71	0,74-1,22	0,33-0,72
Конюшина лучна					
0 укос (1-го року життя)	3,19-3,48	0,77-1,07	1,03-2,01	1,96-2,61	0,56-0,78
1 укос	2,56-3,31	0,71-0,87	1,86-4,82	1,14-2,70	0,52-0,75
2 укос	2,34-3,07	0,62-0,92	2,26-4,65	1,33-2,05	0,50-0,72
3 укос	3,15-3,26	0,84-0,92	1,14-2,71	1,80-1,89	0,64-0,79
4 укос	2,83-3,23	0,80-0,86	2,55-4,29	2,05-2,39	0,58-0,65
5 укос	2,67-3,04	0,74-0,84	2,54-4,08	1,92-2,25	0,51-0,68
середнє	2,79-3,23	0,75-0,91	1,90-3,76	1,70-2,32	0,55-0,73
Горохо-вівсяна суміш					
Зелена маса	1,59-3,53	0,36-0,93	2,14-4,87	0,91-1,39	0,25-0,42
Віко-вівсяна суміш					
Зелена маса	2,03-3,20	0,38-1,07	2,08-4,92	0,64-0,95	0,26-0,40

Вміст азоту та зольних елементів у рослинах залежить від біологічних особливостей культури. Так, максимальне вміст азоту притаманно для бобових культур, калію – для кормових коренеплодів, картоплі. Вміст азоту та фосфору вище у генеративних органах (основна продукція), вміст же калію, навпаки, більше у вегетативних органах (побічна продукція).

За вмістом у біомасі (зеленій масі) рослин макроелементи, що надходять головним чином з ґрунту, можна розмістити в наступний ряд: $K \geq N > P > Ca > Mg$.

Хімічний склад рослин непостійний протягом вегетації. У перші фази росту та розвитку поглинання елементів живлення культурою значно випереджає синтез ними органічних речовин, тому вміст елементів живлення в цей період вищий, ніж у кінці вегетації. Крім того, рослини в другій половині вегетації втрачають деякі елементи, насамперед всього калій. Втрати елементів живлення пояснюються відмиранням та опаданням старого листя, а втрати калію – ще й вимиванням дощами з надземних органів. Відомості про елементний склад рослин мають практичне значення. За хімічним складом судять про забезпеченість рослин поживними речовинами (рослинна діагностика). Його використовують для розрахунку господарського виносу та доз добрив, і навіть контролю за якістю рослинницької продукції.

Потреба рослин в елементах живлення визначається за їх винесення з урожаєм. Розрізняють біологічний, господарський, залишковий та відносний (питомий, нормативний) винесення елементів живлення.

Біологічний виніс – це винесення поживних елементів з ґрунту всією біомасою рослин (основною і побічної продукцією, що забирається з поля, поживними залишками, корінням, опалим листям, що залишилися на полі). Біологічний винос поділяється на господарський та залишковий.

Господарський виніс – це винесення поживних елементів з врожаєм основної та побічної продукції, що забирається з поля (наприклад, зерно та солома, коренеплоди та бадилля). Величину господарського виносу в кг/га обчислюють за такою формулою:

$$V_x = C_o \cdot Y_o \cdot C_{\Pi} \cdot Y_{\Pi}, \quad (3.1)$$

де, V_x - господарський винос, кг/га;

C_o – вміст елемента живлення в основній продукції, %;

U_0 - врожайність основної продукції, ц/га;

$C_{п}$ – вміст елемента живлення у побічній продукції, %;

$U_{п}$ - врожайність побічної продукції, ц/га.

Залишковий винос - це винос елементи живлення, які залишаються в полі, з побічною продукцією (якщо вона не забирається з поля), з поживно-кореновими залишками, опалим листям, втраченим зерном тощо.

Хоча господарський винос поживних речовин є тільки частиною біологічного і не відображає потреби в них рослин, але оскільки залишковий винос поживних елементів залишається в полі і поступово стає доступним рослинам, то для характеристики потреби рослин у поживних елементах використовують величину господарського виносу в розрахунку на одиницю основної продукції (кг/ц чи кг/т) – питомої (відносного виносу). За допомогою цього показника та визначаються дози добрив.

Питомий винос визначається за такою формулою:

$$V_{уд} = V_x / U_0 \quad (3.2)$$

де, $V_{уд}$ - питома винос, кг/ц або кг/т;

V_x - господарський винос, кг/га;

U_0 - врожайність основної продукції, ц/га чи т/га.

Величина питомого винесення поживних речовин в одних й тих самих культур може істотно (в 1,5 рази і більше) різнитися залежно від ґрунтових умов, рівня врожайності, сорту, дози внесення добрив, погодних умов, зрошення тощо. Винесення елементів живлення зазвичай збільшується при внесенні добрив. В оптимальних умовах рослина більш економно витрачають елементи живлення.

Рослини споживають переважно ті поживні речовини, які їм необхідні, що зумовлено їх біологічними особливостями та характеризує вибірковість поглинання елементів живлення рослинами. Більшість сільськогосподарських культур більше виносять азоту, менше калію та ще менше фосфору (табл. 3.2, 3.3). Зернові культури виносять більше азоту. Просапні культури (цукрові та кормові буряки, кукурудза, картопля, овочеві культури) споживають більше калію.

Таблиця 3.2 – Величина питомого (нормативного) винесення основних елементів живлення з 1 т основною та відповідною кількістю побічної продукції, кг

Культура	Основна продукція	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
1	2	3	4	5	6	7	8
Пшениця озима	зерно	28,2	10,8	19,2	4,7	3,1	5,0
Жито озиме	зерно	28,0	12,1	23,3	4,1	3,1	6,0
Тритикале озиме	зерно	26,0	11,5	21,0	4,2	3,0	5,5
Ячмінь озимий	зерно	25,0	11,1	25,0	4,5	2,8	8,0
Пшениця ярова	зерно	30,4	11,6	24,7	3,2	2,4	6,0
Тритикале ярове	зерно	23,3	12,0	21,9	2,9	3,2	6,0
Ячмінь яровий	зерно	29,1	11,9	27,4	4,8	3,0	9,0
Овес	зерно	25,9	12,4	28,6	4,2	3,3	10,0
Кукурудза	зерно	30,2	13,3	27,6	5,0	3,1	6,1
Просо	зерно	30,0	12,0	30,0	3,6	1,8	1,2
Гречка	зерно	37,5	19,8	48,2	8,1	3,4	8,0
Зернові в середньому	зерно	28,5	12,5	26,5	4,8	3,0	6,6
Горох	зерно	58,9	14,0	29,0	24,0	4,8	10,5
Кормові боби	зерно	60,0	18,0	38,0	25,0	7,4	11,9
Квасоля	зерно	45,0	10,7	37,9	-	-	-
Віка яра	зерно	60,0	18,0	38,0	-	-	-
Сараделла	зерно	60,0	18,0	38,0	-	-	-
Люпин	зерно	84,3	19,9	44,0	21,0	8,7	12,0
Зернобобові в середньому	зерно	81,7	17,6	37,2	18,8	8,5	14,2
Озимі зернові в середньому	зелена маса	4,8	1,2	3,9	1,2	0,6	0,3
Ярові зернові в середньому	зелена маса	4,2	1,2	3,6	1,2	0,6	0,3
Кукурудза	зелена маса	3,3	1,2	4,2	0,6	0,5	0,9

Таблиці 3.2- Продовження

1	2	3	4	5	6	7	8
Горох	зелена маса	6,5	1,5	5,0	21,4	6,6	12,1
Кормові боби	зелена маса	3,2	1,0	3,5	-	-	-
Віка	зелена маса	4,5	1,1	3,5	-	-	-
Сараделла	зелена маса	4,7	1,2	4,0	-	-	-
Люпин	зелена маса	5,4	1,7	3,9	-	-	-
Однорічні бобові трави	зелена маса	4,8	1,3	3,9	2,0	0,9	0,6
Амарант	зелена маса	2,8	2,0	7,0	-	-	-
Горохо-вівсяна суміш	зерно	45,5	13,4	24,4	-	-	-
Віко-вівсяна суміш	зерно	43,1	15,4	30,9	-	-	-
Суміш бобово-злакових трав	зерно	43,7	15,5	27,8	14,8	4,5	9,5
Однорічні бобово-злакові трави	зелена маса	4,5	1,3	4,3	1,5	0,7	0,5
	сіно	17,4	5,4	25,9	7,6	2,9	2,5
Льон-довгунець	волокно	58,1	22,9	73,0	15,0	7,8	16,0
Коноплі	волокно	60,2	32,8	50,4	-	-	-
Цукрові буряки	коренеплоди	4,0	1,6	6,5	1,6	1,2	1,6
Картопля столова	бульби	5,4	1,6	10,7	2,2	1,1	0,8
Картопля технічна	бульби	5,4	2,0	9,5	-	-	-
Буряки кормові	коренеплоди	3,5	1,1	7,8	0,9	0,8	1,0
Морква кормова	коренеплоди	2,6	1,0	5,0	0,9	0,8	1,0
Капуста	овочі	4,0	1,0	4,3	5,8	2,0	2,0
Огірки	овочі	1,3	0,5	2,3	1,5	1,0	0,7
Томати	овочі	1,6	0,5	2,8	3,0	1,7	1,0
Бурякі столові	коренеплоди	5,0	1,6	7,4	-	-	-
Морква столова	коренеплоди	3,4	1,1	4,5	-	-	-

Таблиця 3.3 – Приблизне співвідношення елементів живлення у врожаї сільськогосподарських культур

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зернові	2,5-3	1	1,5-2,2
Картопля	2,5-3,5	1	6,0-6,5
Цукрові буряки	2,5-3,5	1	3,5-5,0
Конюшина	3,5	1	4,0
Овочі (в середньому)	3,0	1	4,3

3.2 Мінеральне харчування культур та якість рослинницької продукції

При вирощуванні сільськогосподарських культур поряд з показниками врожайності важливе значення приділяється якості виробленої продукції, яка використовується для харчування людини, як корм для тварин та сировини для промисловості. Якість урожаю оцінюється за кількістю органічних сполук у рослині, таких як білки, жири, сирий протеїн, крохмаль, цукор, клітковина та ін. (табл. 3.4 та 3.5).

Таблиця 3.4 – Середній хімічний склад товарної частини врожаю сільськогосподарських культур, % сухої речовини

Культура	Вода	Білок	Сирий протеїн	Жир	Крохмаль, цукор та інші вуглеводи (крім клітковини)	Клітковина	Зола
1	2	3	4	5	6	7	8
Пшениця (зерно)	14	14	15	2,0	65	2,0	2,0
Жито (зерно)	14	12	13	2,0	67	2,0	2,0
Овес (зерно)	14	11	12	4,5	55	10,0	3,5
Ячмінь (зерно)	14	9	10	2,2	65	5,5	3,0
Кукурудза (зерно)	14	9	10	5,0	66	2,0	1,5
Гречка (зерно)	14	9	11	2,8	60	9,0	2,0
Просо (зелена маса)*	-	-	11	2,5	50	27	9,5

Таблиці 3.4- Продовження

1	2	3	4	5	6	7	8
Горох (зерно)	14	20	23	1,5	53	5,4	2,5
Соя (зерно)	12	30	35	20,0	23	5,0	5,0
Льон (насіння)	12	23	26	35	16	8,0	4,0
Ріпак (насіння)	-	-	25	45	18	8,0	4,0
Соняшник (насіння)	12	22	25	50	7	5,0	3,5
Морква (коренеплоди)	86	0,7	1,3	0,2	9	1,0	1,0
Цибуля	85	1,5	1,6	0,1	12	0,8	0,5
Картопля (бульби)	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Цукрові буряки (коренеплоди)	75	1,0	1,6	0,1	20	1,0	0,8
Конюшина (зелена маса)	87	0,8	1,5	0,1	9	1,0	1,0

Таблиця 3.5 – Середній хімічний склад овочевих та баштанних культур, % сухої речовини

Культура	Вода	Білок	Жир	Моно- та дисахариди	Крохмаль	Клітковина	Органічні кислоти	Зола
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Баклажан	91	1,2	0,1	4,2	0,9	1,3	0,2	0,5
Горох зелений	80	5,0	0,2	6,0	6,8	1,0	0,1	0,9
Кабачок	93	0,6	0,3	4,9	-	0,3	0,1	0,4
Капуста білокачанна	90	1,8	0,1	4,6	0,1	1,0	0,3	0,7
Капуста брюсельська	86	4,8	-	5,4	0,5	1,0	0,3	1,3
Капуста кольрабі	85	2,8	-	7,4	0,5	1,7	0,1	1,2
Капуста червонокочанна	91	0,8	-	4,7	0,5	1,3	0,2	0,8
Капуста кольорова	90	2,5	0,3	4,0	0,5	0,9	0,1	0,8

Таблиці 3.5 - Продовження

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Картопля	76	2,0	0,4	1,3	15,0	1,0	0,2	1,1
Цибуля зелена	93	1,3	-	3,5	-	0,9	0,2	1,0
Цибуля-порей	88	2,0	-	6,5	-	1,5	0,1	1,2
Цибуля ріпчаста	86	1,4	-	9,0	0,1	0,7	0,2	1,0
Морква	88	1,3	0,1	7,0	0,2	1,2	0,3	1,0
Огірок ґрунтовий	95	0,8	0,1	2,5	0,1	0,7	0,1	0,5
Перець зелений солодкий	96	0,7	0,1	1,8	0,1	0,5	0,1	0,5
Перець червоний солодкий	92	1,3	-	5,2	0,1	1,4	0,1	0,6
Петрушка зелень коріння	85	3,7	0,4	6,8	1,2	1,5	0,1	1,1
	83	1,5	0,6	6,5	4,0	2,4	0,1	1,5
Редис	93	1,2	0,1	3,5	0,3	0,8	0,1	0,6
Салат	94	1,5	0,2	1,7	0,6	0,8	0,1	1,0
Бурякі столові	86	1,5	0,1	9,0	0,1	0,9	0,1	1,0
Селера коріння зелень	83	1,3	0,3	5,5	0,6	1,0	0,1	1,0
	85	-	-	2,0	-	1,0	-	1,0
Томат ґрунтовий	92	1,1	0,2	3,5	0,3	0,8	0,8	0,7
Кріп	86	2,5	0,5	4,1	-	3,5	0,1	2,3
Квасоля	90	3,0	0,3	2,0	1,0	1,0	0,1	0,7
Хрін	77	2,5	0,4	4,6	3,0	2,8	0,2	1,4
Часник	80	6,5	-	3,2	2,0	0,8	0,1	1,5
Шпинат	91	2,9	0,3	2,0	Сл.	0,5	0,1	1,8
Щавель	92	1,5	Сл.	3,0	Сл.	1,0	1,8	1,4
Кавун	89	0,7	0,2	8,7	0,1	0,5	0,1	0,6
Диня	88	0,6	-	9,0	0,1	0,6	0,2	0,6
Гарбуз	90	1,0	0,1	4,0	0,2	1,2	0,1	0,6

У зернових та зернобобових культур якість зерна характеризується, насамперед, вмістом білків. Найбільша кількість білків має утримуватися в зерні озимої пшениці та найменше – у зерні пивоварного ячменю.

Хлібопекарська якість зерна пшениці визначається кількістю клейковини. Добре відомо, що якість бульб картоплі визначається вмістом крохмалю, а коренеплодів цукрових буряків - вмістом цукру.

Зміст органічних сполук у рослинах визначається біологічними особливостями і може суттєво змінюватись в залежності від сорту, умов харчування, температури, освітлення та інших факторів. Так, вміст білка у зерні озимої пшениці може коливатися від 9 до 25%, крохмалю в картоплі – від 10 до 24%, цукру в коренеплодах цукрових буряків – від 12 до 22%.

В даний час встановлено, що дія мінерального харчування на зміну хімічного складу рослин є обмеженою, а набагато більше значення мають генетично встановлені властивості. Це означає, що скільки б ми не вносили добрив, у зерні накопичуватиметься білок, а в коренеплодах цукрових буряків – цукор.

Разом з тим, найбільш ефективним та швидкодіючим фактором, що сприяє підвищенню якості рослинницької продукції, є добрива. Дія добрив на хімічний склад рослин визначається тим, що поживні речовини, що надходять у рослини з добрив, входять до складу найважливіших органічних сполук та підвищують їх вміст у основній та побічній продукції. Крім того, окремі елементи живлення впливають на активність ферментативних систем рослин. За допомогою добрив можна змінювати спрямованість процесів обміну речовин та регулювати накопичення в рослинах корисних для людини речовин - білків, крохмалю, цукрів, жирів, вітамінів та ін.

Вплив добрив на якість урожаю може бути прямим та непрямим. **Під прямим впливом на якість врожаю** розуміється зміна співвідношення між вегетативною та репродуктивною масою. Звичайно, краще, коли у складі врожаю більше зерна, а чи не соломи; бульб, а не бадилля. При високих урожаях вегетативної маси відбувається різке збільшення виносу елементів живлення з ґрунту, знижується ефективність застосування добрив.

Буйне зростання вегетативної маси відбувається, коли вносяться завищені дози азотних добрив, коли азотні добрива вносяться у неправильному співвідношенні з фосфорними та калійними добривами і коли запізнюються з азотними підживленнями, так як азот затримує дозрівання культур.

Під непрямим впливом якість врожаю мається на увазі зміна хімічного складу рослин, тобто. Зміна вмісту у рослинах білків, жирів, вуглеводів, елементів харчування та інших показників.

У рослинах протікають різноспрямовані процеси – біосинтез білків та інших азотистих сполук, також біосинтез вуглеводів чи жирів. Відомо, що при посиленні біосинтезу білків зменшується синтез вуглеводів чи жирів, і навпаки.

За допомогою добрив можна змінювати спрямованість процесів обміну речовин та регулювати накопичення в рослинах корисних для людини речовин – білків, крохмалю, цукрів, жирів, вітамінів та ін.

Під впливом азотних добрив посилюється синтез амінокислот та білків. Так, у дослідженнях застосування зростаючих доз азоту сприяло збільшенню вмісту сирого білка в зерні ярої пшениці на 2,3%, ячменю – на 2,2% (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Вплив доз азоту вміст сирого білка в зерні ярих зернових, %

Варіант	Яра пшениця	Ярий ячмінь
P₆₀K₁₂₀ - фон	10,2	9,2
Фон + N₃₀	11,0	10,2
Фон + N₆₀	11,7	10,9
Фон + N₆₀₊₃₀	12,4	11,4
Фон + N₆₀₊₃₀₊₃₀	13,1	-

Є дані, що на вміст білка в зерні озимих та ярих зернових культур істотно впливають підживлення рослин азотом у період початку колосіння рослин. Азот, що надходить у рослини в цю фазу, використовується, основному, для утворення насіння, внаслідок чого зміст азоту у яких підвищується, і синтез білків відбувається інтенсивніше.

Під впливом фосфорних добрив зростає інтенсивність синтезу сахарози, крохмалю, жирів, дещо менше – білків. Для якості продукції важливим є не тільки абсолютна кількість фосфору, але його співвідношення з іншими елементами харчування, насамперед – з азотом. Змінюючи співвідношення між азотом та фосфором, можна регулювати спрямованість процесів обміну, і таким чином сприяти накопиченню у

рослинах білків чи вуглеводів. Під впливом фосфорних добрив прискорюється дозрівання культур.

Під впливом калію підвищується накопичення крохмалю, сахарози та жирів. Калій посилює синтез високомолекулярних вуглеводів (целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин), внаслідок чого потовщуються клітинні стінки стебла злакових культур та підвищується стійкість їх до вилягання, у льону покращується якість волокна. Калій посилює синтез деяких вітамінів, зокрема тіаміну та рибофлавіну.

Мікроелементи покращують збалансованість мінерального харчування рослин та беруть участь у синтезі та обміні речовин.

Мідь, беручи участь у азотному обміні у рослинах, сприяє накопиченню білка у зерні. Бір та цинк покращує вуглеводний і білковий обмін у рослинах. Так, внесення бору позакореневим підживленням під цукрові буряки збільшує цукристість коренеплодів. Застосування цинку на посівах кукурудзи супроводжується зростанням вмісту білка та крохмалю у зерні.

Регулювати якість продукції можна підбором форм мінеральних добрив. Так, під гречку, картоплю не рекомендують вносити калійні добрива, що містять хлор. Під цукровий буряк краще вносити добрива, що містять натрій (калійна сіль та ін.), так як натрій позитивно впливає на накопичення цукрів у коренеплодах.

Керувати процесом харчування та отримувати необхідний ефект у формуванні якісної рослинницької продукції можна лише при науково-обґрунтованому застосуванні добрив з урахуванням біологічних та фізіологічних особливостей сільськогосподарських культур, ґрунтових умов, ступеня кислотності, запасів макро- та мікроелементів у ґрунтах, а також факторів довкілля.

3.3 Особливості харчування рослин у різні періоди росту та розвитку

Відомо, що рослини поглинають елементи живлення вибірково. Крім цього потрібно знати, що поглинання елементів живлення протягом вегетації здійснюється нерівномірно. Зміни вимог рослин до умов харчування пов'язані із зміною енергії фотосинтезу, інтенсивності дихання, обміну речовин тощо.

Виділяють три етапи надходження поживних елементів у рослини за вегетаційний період.

Перший етап – це період проростання насіння, сходів та спочатку після сходів (10-15 днів). У цей час рослини мають слаборозвинену кореневу систему з невисокою засвоюваною здатністю, відрізняються високою чутливістю до нестачі елементів живлення у доступній формі (особливо фосфору), до підвищеної концентрації елементів живлення ґрунті, а також до підвищеної кислотності ґрунтового розчину.

У цей період у шарі проростання насіння в ґрунті має бути невисока концентрація елементів живлення у легкорозчинній формі з переважанням фосфорного харчування над азотним та калійним. У більшості рослин у молодому віці проявляється критичний період до нестачі фосфору.

Другий етап за часом триваліший, ніж перший. У цей період рослин посилено розвивається і формується асимілююча (листова) маса, бурхливо наростає загальна вегетативна маса, у деяких рослин утворюються плоди (огірки), зав'язуються та ростуть качани (салат, капуста). Коренева система добре розвинена і має високу засвоюваність, що є характерною для рослини. Різко збільшується інтенсивність накопичення елементів живлення. Більшість рослин у цей період відзначається максимальне споживання елементів живлення.

Третій етап – загасання процесу поглинання елементів харчування. Найчастіше він збігається з утворенням репродуктивних органів. Надходження елементів живлення знижується, але інтенсивність процесу синтезу рослин залишається як і раніше високою. Спостерігається реутилізація, тобто. повторне використання в біосинтезі раніше поглинених поживних елементів та відтік із листя до репродуктивних органів (місць відкладення). Наприкінці вегетації має місце деяка втрата елементів живлення внаслідок опадання листя та відтоку з кореневої системи у ґрунт.

У житті рослин розрізняють два найважливіші періоди харчування, з якими слід зважати при використанні добрив. Перший, який отримав назву критичного, збігається з початковими фазами росту та розвитку більшості рослин.

Велика вимогливість молодих рослин до умов мінерального харчування пояснюється високою напруженістю синтетичних процесів, що відбуваються в цей час у рослинному організмі, і одночасно

слаборозвиненою кореневою системою. У цей період рослини чутливі як до нестачі, так і надлишку елементів мінерального живлення.

Під критичним розуміється такий період, коли при невеликому споживанні поживних елементів, недолік або відсутність будь-якого елемента живлення негативно позначається на зростанні рослин, а зрештою і на врожаї. Подальше забезпечення рослин цим поживним елементом неспроможне повністю виправити становище, тобто підвищити врожай. По відношенню до фосфору критичний період у більшості рослин припадає на перші 15 днів після проростання.

По відношенню до азоту – перші 15-30 днів. При різкій нестачі калію в перший період росту та розвитку рослин також сильно знижується врожай. Однак подальше внесення калійних добрив дозволяє значно збільшити врожай.

Тому стосовно калію зазвичай критичний період не виділяють.

У польових умовах критичний період щодо мінерального харчування зазвичай збігається з низькою активністю мікроорганізмів, що розкладають органічну речовину ґрунту.

Це зазвичай проявляється навесні при низькій мікробіологічній діяльності в ґрунті. У цей період у молодих рослин коренева система розвинена слабо і характеризується невисокою засвоюваною здатністю. Тому в перший період вегетації рослин системою добрив має бути передбачене внесення фосфорних добрив або азотно-фосфорних добрив. Під деякі калієлюбні культури (цукрові та кормові буряки, картопля) при посіві вносяться три елементи харчування (NPK).

Другий період отримав назву періоду максимального споживання поживних речовин. У цей період рослини поглинають найбільшу кількість поживних елементів. Цей період характеризується максимальною інтенсивністю споживання поживних речовин рослинами.

Інтенсивність споживання елементів живлення обчислюють за формулою:

$$I = B / T, \quad (3.3)$$

де, I – інтенсивність споживання елементів живлення рослинами, кг/га на добу;

B – винесення елементів живлення за період T, кг/га;

T – період вегетації, доба.

У ярого ячменю найбільш інтенсивне споживання азоту, фосфору та калію відзначається у фазу поява нижнього вузла соломини. У картоплі найбільш інтенсивне споживання азоту посідає період інтенсивного клубнеутворення, а споживання фосфору та калію - на період від бутонізації до цвітіння.

Період максимального споживання елементів живлення може бути тривалим, розтягнутим як у цукрових буряків, багаторічних трав і, навпаки, коротким, як у коноплі, ранніх сортів картоплі. Так, у озимих зернових період максимального поглинання елементів живлення триває від фази поява нижнього вузла соломини до колосіння, у ярих зернових - від кущіння до колосіння, у льону від початку бутонізації до кінця цвітіння.

Недостатня забезпеченість харчування рослин у період максимального споживання поживних речовин викликає зниження врожаю та погіршення його якості.

Споживання поживних елементів змінюється не тільки протягом вегетаційного періоду рослин, а також протягом діб: у денний час споживання поживних речовин йде інтенсивніше, ніж уночі, що відповідає тимчасовому ходу інших фізіологічних процесів: асиміляції та метаболізму.

Для рослин відзначаються також річні, сезонні (для багаторічних трав), а також імпульсні (від кількох годин до секунд) ритми у споживанні елементів живлення.

При розробці системи добрива окремих сільськогосподарських культур поряд з особливостями споживання ними елементів живлення необхідно враховувати й інші біологічні особливості рослин: характер розвитку та засвоююча здатність кореневої системи, тривалість вегетаційного періоду, відношення до концентрації ґрунтового розчину і тому подібне.

Характер розвитку кореневої системи та її здатність до засвоювання. Основна маса коренів у більшості сільськогосподарських культур зосереджена у вологому шарі орного горизонту з глибини 5 см і нижче поверхні ґрунту.

Оптимальні умови харчування для рослин створюються, якщо добрива вносяться до найбільш вологого шару ґрунту – на глибину від 10 до 20 см, тобто в зону розміщення основної маси кореневої системи. При дрібному закладенні добрива розміщуються в поверхневих, пересихаючих шарах ґрунту, що стає причиною поганого використання рослинами.

Особливо низький ефект від такого закладення спостерігається у посушливі роки при недостатньому випаданні опадів.

Коренева система сільськогосподарських культур має різну здатність до засвоєння по відношенню до фосфору та калію. Високою здатністю до заввоювання по відношенню до фосфору мають люпин, гречка, гірчиця, горох, озиме жито. Ці культури добре засвоюють фосфор із запасів ґрунту та важкорозчинних фосфатів та менш чуйні на внесення фосфорних добрив. При вмісті рухомих форм фосфору у ґрунті понад 110 мг/кг ґрунту гречка та люпин не відкликаються на застосування фосфорних добрив.

Добре засвоюють калій із запасів ґрунту люпин, гречка, цукровий та кормовий буряк, картопля, гірше – льон, конюшина, кукурудза.

Під культури, що мають слабку здатність до засвоєння, необхідно вносити елементи живлення за потребою та у легкодоступній формі.

Тривалість вегетаційного періоду. Культури з коротким вегетаційним періодом (льон, ярі зернові та ін.), як і скоростиглі сорти, більш вимогливі до умов харчування, краще відгукуються на внесення добрив у доступній формі. Культури з тривалим вегетаційним періодом (кукурудза, буряк, картопля, капуста та ін.), як і пізньостиглі сорти, менш вимогливі до умов харчування.

Вони триваліше і краще використовують елементи живлення з органічних добрив, запасів ґрунту та важкодоступних форм добрив.

Сорти інтенсивного типу краще відгукуються на високий агрофон і, зокрема, високі дози добрив, і погано ростуть, дають низький урожай на біднішому по харчуванню фоні.

Відношення (чутливість) сільськогосподарських культур до концентрації ґрунтового розчину. Озиме жито, озима пшениця, ячмінь, овес, картопля, капуста, томати витримують високу концентрацію ґрунтового розчину. Під ці культури можливе внесення всіх елементів живлення, з мінеральними добривами можна вносити всі елементи харчування при посіві або посадці, а також можливе внесення фосфорних та калійних добрив у запас.

Не витримують високої концентрації ґрунтового розчину льон, горох, кукурудза, буряк, огірки, морква, суниця.

Під ці культури не вносять добрива до запасу. Припосівне внесення добрив обмежується 10 кг фосфору на гектар. При цьому необхідно, щоб насіння та добрива поділялися прошарком ґрунту.

Таким чином, раціональна система добрива сільськогосподарських культур розробляється на основі їх біологічних особливостей харчування протягом усього вегетаційного періоду. Вона має своєчасно забезпечувати рослини елементами живлення у необхідних кількостях, співвідношеннях та формах.

Питання для самоперевірки

1. Як впливає тривалість вегетаційного періоду культур на вимоги до умов харчування?
2. У якій період вегетації ярого ячменю спостерігається найбільш інтенсивне споживання азоту, фосфору та калію?
3. Як називається період, коли рослини поглинають найбільшу кількість поживних елементів?
4. Скільки виділяють етапів надходження поживних елементів у рослини за вегетаційний період? Назвіть їх.
5. З чим пов'язані зміни вимог рослин до умов харчування протягом вегетації?
6. Що розуміють під прямим впливом добрив на якість врожаю?
7. Від чого залежить вміст азоту та зольних елементів у рослинах?

4 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

4.1 Основні причини забруднення природного середовища мінеральними добривами

Світова та вітчизняна практика інтенсивного землеробства переконливо показує, що добрива - основний фактор підвищення кількості та якості сільськогосподарської продукції, а також розширеного відтворення родючості ґрунтів. Ще на початку 20 століття про значення добрив говорили: «Застосування мінеральних добрив рівнозначне відкриттю нових сільськогосподарських континентів». Нині цей «континент» створює близько 50% сільськогосподарської продукції.

Проте нерозумне застосування добрив таїть у собі певну небезпеку для навколишнього середовища. Тому, не випадково одним із завдань системи добрива є екологічна безпека. При цьому слід розуміти, що застосування добрив - екологічно обґрунтований захід. При виробництві рослинницької продукції людина порушує кругообіг речовин, задіяних у продукційному процесі рослин внаслідок відчуження (винесення) значних кількостей елементів живлення з урожаєм сільськогосподарських культур. Тому, внесення добрив є захід регулювання кругообігу елементів харчування, тобто поновленню природного перебігу процесів в агроєкосистемах.

Вивченню проблем ефективного і екологічнобезпечного використання мінеральних добрив значну увагу приділяли відомі вчені: С.І. Дорогунцов, П.П. Борщевський, О.О. Гаца, Л.Г. Котова, А.С. Даниленко, В.В. Горлачук, Л.В. Дейнеко, Є.В. Хлобистов і ін.

Негативні наслідки безконтрольного використання мінеральних добрив пов'язують з тим, що вони, поряд із основними біогенними елементами часто містять різні домішки у вигляді солей важких металів, органічних сполук, радіоактивних ізотопів, що може призвести до негативного їх впливу на довкілля, рослинницьку продукцію, тваринний світ, здоров'я людей, що працюють з добривами та населення в цілому.

Сировина для одержання мінеральних добрив – фосфорида, апатити, сирі калійні солі, як правило, містять значну кількість домішок – від 10 до 15 % і більше. Із токсичних елементів можуть бути присутні миш'як,

кадмій, свинець, фтор, стронцій, які повинні розглядатися, як потенційні джерела забруднення довкілля і строго враховуватись при внесенні у ґрунт мінеральних добрив.

На думку окремих авторів, за останні 5-7 років у структурі забруднення сільськогосподарської продукції відбулися суттєві зміни: на перше місце, серед всіх забруднювачів, вийшли нітрати - 75%, частка важких металів складає - 15%, пестицидів - 8%.

Не дивлячись на ряд негативних наслідків використання мінеральних добрив, результати наукових досліджень вітчизняних учених свідчать, що завдяки застосуванню добрив можна одержати у середньому 40-50% приросту основних сільськогосподарських культур, що значно вище, ніж частка приросту врожаю від сорту насіння, засобів захисту рослин чи обробітку ґрунту. Залежно від ґрунтово-кліматичних і інших умов приріст урожаю від внесення мінеральних добрив коливається в значних межах. Так, у поліській зоні він становить 60%, лісостеповій - 40%, у зволоженому ґрунті степу - 15%, у сухому - 10% і зрошуваному степу - 40%

Позитивна роль добрив незрівнянно вища, ніж негативні явища, які можуть виявлятися в результаті їх нерозумного застосування. Завдання сучасного землеробства полягає в оптимізації, а не мінімізації застосування добрив.

Навіть прихильники біологічного землеробства сьогодні не заперечують проти застосування мінеральних добрив за умови, що вони компенсують винесення елементів живлення, не забруднюють ґрунт, атмосферу, ґрунтові води і не погіршують якість кінцевого продукту.

Перерахуємо основні причини забруднення природного середовища добривами, їх втрат та непродуктивні витрати:

- недосконалість технології транспортування, зберігання, тукосмішання та внесення;
- порушення агрономічної технології застосування добрив;
- низька якість мінеральних добрив;
- водна та вітрова ерозія ґрунтів;
- інтенсивне використання різних промислових, міських та побутових відходів як добрива без систематичного контролю їх хімічного складу.

Класифікація об'єктів, що потребують захисту при використанні мінеральних добрив приведена на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 - Класифікація об'єктів, що потребують захисту при використанні мінеральних добрив

З одного боку, метали – мікроелементи, які впливають на формування врожаю і якості продукції і є важливим компонентом ґрунтів, а з іншого - надмірне надходження важких металів у біосферу в результаті господарської діяльності викликає забруднення ґрунтів і рослин.

Слід зауважити, що на відміну від атмосфери і гідросфери, де відбувається самоочищення від важких металів, ґрунти такої здатності практично не мають, в результаті чого, вони стали основним середовищем, яке накопичує важкі метали. Основна маса металів, хоча і викидається в атмосферу, але досить швидко поступає на поверхню ґрунтів. Значна їх кількість включається у ґрунтоутворювальні процеси, деяка частка металів поглинається сільськогосподарськими культурами і відділяється з врожаєм. Забруднення ґрунтів важкими металами негативно впливає на мікроорганізми, у ґрунті порушуються процеси азотфіксації, нітрифікації, мінералізації рослинних залишків.

Суттєві втрати добрив, а водночас і забруднення довкілля спостерігаються вже під час транспортування добрив від заводу до поля, що насамперед, обумовлено перевалочною системою доставки добрив, та, крім того, необладнаним для перевезення транспортом.

Серйозні недоліки є й у зберіганні мінеральних добрив. Не у всіх господарствах є складські приміщення чи спеціально обладнані

майданчики для зберігання мінеральних добрив. За оцінкою вчених, втрати мінеральних добрив при зберіганні становлять близько 4%.

Серйозною екологічною проблемою залишається нерівномірність внесення добрив, зумовлена недосконалістю туковисівних машин та агрегацією (розшаруванням) суміші добрив. При нерівномірності внесення 20-25% і більше збільшується строкатість посівів, нерівномірність дозрівання, знижується якість продукції та підвищуються втрати елементів живлення із ґрунту.

Недотримання науково обґрунтованої системи застосування добрив (доз, поєднань макро- та мікроелементів, способів, термінів внесення, форм добрив) призводить до забруднення ґрунту, водних джерел та рослинницької продукції. При цьому максимальну небезпеку для довкілля становить азот, потім фосфор і менше – калій.

Асортимент мінеральних добрив, що застосовується в даний час недостатньо досконалий, багато з них мають суттєві недоліки в хімічному складі, фізичних та механічних властивості. Це може бути причиною негативного їх впливу на довкілля.

Недосконалість хімічних властивостей мінеральних добрив призводить до значних втрат поживних речовин при взаємодії із ґрунтом. Так, внесення азотних добрив супроводжується газоподібними втратами в атмосферу формі NH_3 , N_2O та N_2 , які становлять 15-30% від внесеного кількості. При внесенні азотних та калійних добрив також відзначаються значні втрати азоту (5-15%) та калію (10-33 кг/га на рік) внаслідок вимивання.

Фосфор внаслідок малої його рухливості практично не вимивається з ґрунту (до 0,2 кг/га на рік) і не становить такої екологічної небезпеки, як азот та калій.

При цьому слід зазначити, що розміри втрат азоту та калію від вимивання залежать від гранулометричного складу ґрунтів, виду оброблюваних культур. Зниження інфільтраційних втрат азоту і калію спостерігається в наступних рядах:

1 – пісок > супісок > суглинок > глина;

2 – овочеві, просапні > культури суцільної сівби > багаторічні трави.

Істотним недоліком багатьох мінеральних добрив є їхня фізіологічна реакція, особливо кислотність, а також наявність залишкової кислотності внаслідок недосконалості технології їх виробництва. Інтенсивне застосування таких добрив призводить до помітного підкислення ґрунтів.

Незадовільні фізичні та механічні властивості добрив призводять до їхньої залежності, що потребує додаткових витрат на підготовку до внесення. Ця обставина, а також не вирівняний гранулометричний склад, сегрегація (розшарування) добрив не дозволяють готувати їх високоякісні суміші. Неякісні суміші нерівномірно розподіляються поверхнею поля, що призводить до непродуктивної витрати добрив, тобто до їх втрат.

Наявність супутніх баластових елементів (хлор, фтор), а також важких металів (кадмій, свинець, миш'як та інші) знижує переваги багатьох застосовуваних добрив (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Середній вміст важких металів у добривах, г/т

Добрива	Zn	As	Cd	Pb	Ni
Азотні	18	8	1,2	21	7
Фосфорні	164	150	3,7	39	92
Калійні	11	10	1,0	14	21
Вапнякові	22	8	0,2	28	12
Органічні	112	10	0,2	4	7
Осади стічних вод	1000	15	15,0	390	100

Важкі метали – один із основних забруднювачів навколишнього середовища. До них відносяться елементи, питома маса яких більше 6 г/см^3 , а атомна маса понад 40. Деякі їх них (Cu, Zn, Co, Mo та ін) у невеликих кількостях надають позитивний вплив на зростання та розвиток рослин.

Значна частина важких металів може потрапляти з осадами стічних вод. Тому інтенсивне використання побутових відходів як добрива без систематичного контролю їхнього хімічного складу становить найбільшу небезпеку для довкілля.

При тривалому внесенні підвищених доз добрив важкі метали можуть накопичуватися в ґрунті, негативно впливаючи на її властивості, врожай та якість рослинницької продукції. Важливим фактором, що посилює негативний вплив добрив на навколишнє середовище, є водна та вітрова ерозія ґрунтів.

Водна ерозія сприяє змиву родючого шару ґрунту, що знаходяться в ньому, а також внесених з добривами елементів живлення. Зливовими

дощами та паводковими водами зі схилів земель виносяться в річки, моря та океани мільйони тонн ґрунту та біогенних елементів.

Те саме відбувається і при вітровій ерозії, коли найбільш родюча дрібнодисперсійна фракція ґрунту, багата гумусом і поживними речовинами розноситься на тисячі кілометрів, завдаючи шкоди навколишньому середовищу. Водний та вітрової ерозії піддаються всі біогенні елементи. В умовах країни втрати за рік з гектара з поверхневим стоком становлять: 10-15 т твердої фази, 150-160 кг гумусу, 10 кг N, 4-5 кг P₂O₅ та K₂O, 5-6 кг CaO та MgO.

Величина втрат поживних речовин від ерозії ґрунтів залежить від:

- а) виду культур (під багаторічними травами вони є мінімальними);
- б) кількості атмосферних опадів;
- в) ступеню еродованості ґрунтів;
- г) гранулометричного складу ґрунтів (найбільші втрати – на легких ґрунтах).

4.2 Негативний вплив мінеральних добрив на компоненти довкілля

Несприятливий вплив добрив, що застосовуються в сільському господарстві, на навколишнє середовище є багатостороннім, наслідки позначаються практично на всіх його компонентах або ланках. Система людина – навколишнє середовище дуже складна, полікомпонентна, з безліччю прямих і зворотних зв'язків. Використовуючи цей принцип зв'язку, вплив добрива можна подати у вигляді спрощеної схеми (рис. 4.2).

Добрива, внесені в ґрунт, надають безпосередню як позитивну, так і негативну дію на її властивості. Вирощені на ґрунтах рослини випробовують на себе як безпосередню, і непрямую (через властивості ґрунту) дію добрив. Внаслідок недосконалості властивостей добрив, а також перетворення азотних добрив у ґрунті утворюються газоподібні продукти цього перетворення (N₂, N₂O, NO, NO₂, NH₃), які надходять до атмосфери, забруднюючи її.

У певних умовах частина поживних (нітратний азот, калій та ін.) та супутніх речовин добрив (F, Cl, важкі метали) можуть вимиватися з ґрунту, забруднюючи при цьому ґрунтові води та водойми. Через

рослинницьку та тваринницьку продукцію, атмосферу та воду ці речовини надходять у організм людини викликаючи певні захворювання.

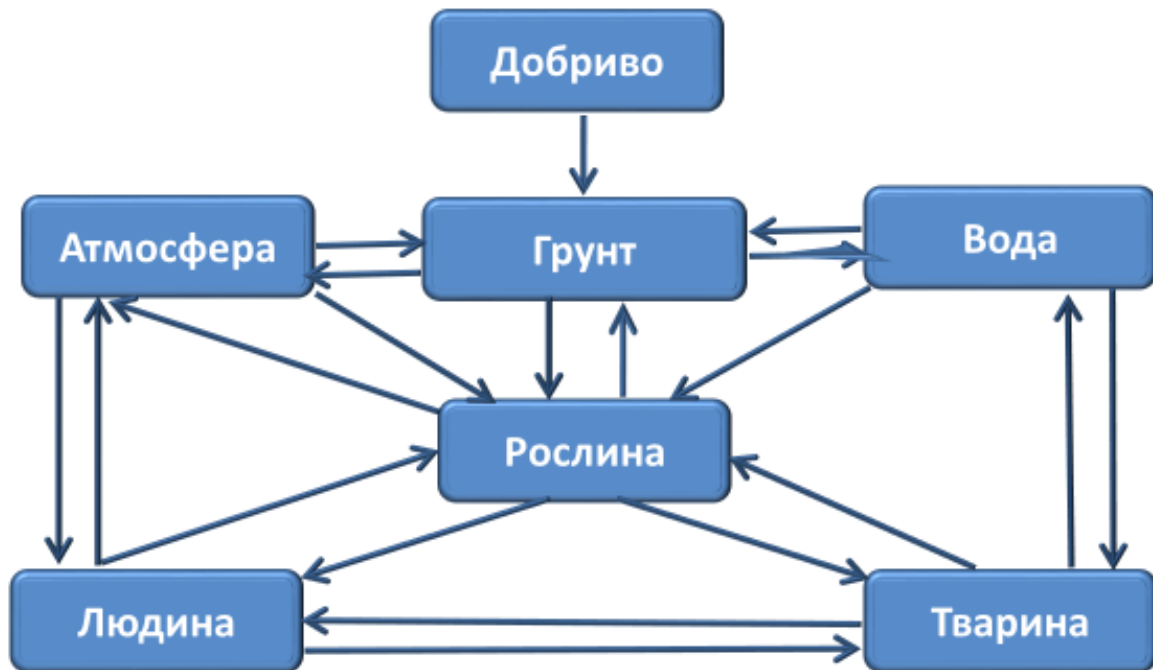


Рисунок 4.2 – Спрощена схема впливу добрив на компоненти довкілля

Розглянемо більш детально негативну дію добрив на основні компоненти довкілля.

4.3 Забруднення ґрунтових та поверхневих вод мінеральними добривами

Збагачення природних вод біогенними елементами – найважливіша екологічна проблема. Основними причинами забруднення водних джерел (водойми, ґрунтових вод) є:

- недосконалість технології зберігання мінеральних добрив;
- порушення системи застосування добрив;
- недосконалість якості мінеральних добрив;
- водна та вітрова ерозія.

В результаті вищевказаних причин у воді підвищується вміст нітратів, сульфатів, хлоридів, фосфатів та ін. (табл. 4.2). Підвищення концентрації поживних речовин у водоймищах викликає їх евтрофікацію.

Таблиця 4.2 - ГДК шкідливих речовин у воді водойм, мг/л

Речовини	Господарсько-питні водоймища	Рибогосподарські водоймища
Нітрати	45	40
Нітри	33	0,08
Фосфати	7	5
Хлориди	350	300
Сульфати	500	100
БПК*	3	3
<i>Примітка. БПК – біологічне споживання кисню. Вміст кисню у чистій воді – 8-10 мг/л</i>		

Евтрофікація – процес збагачення вод поживними елементами (насамперед азотом та фосфором) природним або антропогенним шляхом, які підвищують біологічну продуктивність водойм: розвиток водоростей, фітопланктону, відбувається «цвітіння» вод, заболочування водойм. У воді таких водойм знижується вміст кисню внаслідок витрати його на окислення відмерлої маси фітопланктону (рис. 4.3).

Це призводить до загибелі риб, вода стає непридатною для пиття, тому що важко піддається очищенню. Оптимальне зростання фітопланктону спостерігається при концентрації фосфору 0,09-1,80 мг/л нітратного азоту - 0,9-3,5 мг/л. Цвітіння води за рахунок водоростей виникає тільки в тих випадках, коли концентрація фосфору у воді перевищує 0,01 мг/л. Отже, визначальним фактором евтрофікації є вміст фосфору у воді.

Існує помилкова думка, що в річки та водойми поживні речовини потрапляють лише з добрив. Дослідження показують, що більше біогенних елементів надходить із запасів ґрунту. При цьому значний вміст водойм припадає на частку міських стічних вод. За даними американських учених, роль землеробства у формуванні евтрофікації складає 8%.

Вироблені та використані людиною сільськогосподарські хімічні засоби, що забруднюють ґрунтову воду, особливо нітрати та пестициди

(фосфати, як правило, у ґрунтову воду не потрапляють) викликають стурбованість суспільства.



Рисунок 4.3 – Евтрофікація водойм

На територіях з поливним землеробством солі з води, якою зрошується, поступово концентруються в ній при її пересуванні вниз по профілю ґрунту.

Зрештою сіль може забруднити ґрунтові води, особливо в посушливих кліматичних умовах, коли природне поповнення ґрунтових вод опадами мало і, отже, відбувається слабке розведення ґрунтової води.

У певних геологічних умовах можливе також вимивання іригаційною водою селену, миш'яку та інших слідових елементів із кореневої зони рослин та з вадозної зони до ґрунтових вод. І хоча у цих випадках забруднення ґрунтової води солями та слідовими елементами є прямим результатом сільськогосподарської діяльності, воно не викликається хімічними сполуками, внесеними людиною.

Нітрат-іон є кінцевою хімічною формою азоту, внесеного в ґрунт з мінеральними добривами. Він дуже рухливий у землі і легко пересувається разом із глибоко проникаючою водою через вадозну зону в ґрунтову воду.

Цей азот, очевидно, не був спожитий рослинами з добрива і не зазнав денітрифікації в ґрунті, а зрештою проявився в ґрунтовій воді. Концентрації нітратного азоту (N-NO₃) у воді вадозної зони під сільськогосподарськими угіддями зазвичай перебувають у межах від 5 до 100 мг/л. Часто зустрічаються концентрації 20-40 мг/л. Максимальне дозволене значення для питної води - 10 мг/л (N-NO₃).

Великі концентрації NO₃ у питній воді (і в їжі) можуть спричинити захворювання плода – метгемоглобінемію. Крім того, нітрат-іони можуть призвести до загального зростання ракових захворювань через відновлення NO₃→NO₂ у порожнині рота або у шлунку, та наступної реакції NO₂- іона з амінами з утворенням нітрозамінів. Ці з'єднання поряд з афлатоксином В₁ включені до списку найнебезпечніших канцерогенів. Вони можуть викликати злоякісні пухлини практично всіх органів у всіх ссавців. Відома також сильна географічна кореляція між споживанням нітратів та раком стравоходу.

Виявилось, що у Японії спостерігається сама велика зона поширення цього виду раку і одночасно найбільше споживання нітратів на душу населення на день, найменша зона поширення спостерігається США. Нітрати викликають також серцеві захворювання та поведінкові проблеми у лабораторних тварин.

Форма азоту, внесеного як добриво може впливати на ступінь його змиву в поверхневі води або на вимивання з ґрунту в ґрунтову воду. З усіх форм азоту нітрат-іон має найвищий потенціал до цих двох видів втрат: до вимивання та до змиву у водні джерела. Змив може відбуватися, якщо азот в будь-якій формі вноситься в мерзлу землю, в крутий схил, або в надлишкової кількості перед рясним випаданням дощів або при надмірному зрошенні (іригації).

Вимивання азоту відбувається:

- 1) якщо ґрунт насичений нітратами;
- 2) при інтенсивному зрошенні;
- 3) якщо в ґрунті недостатньо органічної речовини;
- 4) якщо ґрунт є піщаний.

Менш імовірно, що інші форми азоту перейдуть у NO₃, якщо ґрунт має тонку текстуру або якщо в ньому є органічна речовина.

Вимивання - це рух азоту вниз по профілю ґрунту разом із водою, яка проникає до нього. Як багато азоту буде втрачено при цьому з кореневої зони, залежить від форми азоту, типу ґрунту, кількості дощів, що

випали, і пов'язаних з цим втрат води на випаровування, а також від глибини кореневої зони.

Більшість ґрунтів не мають великої аніонообмінної ємності в межах кореневої зони трав'яного покриву. **Аніонообмінна ємність** - це кількість позитивних зарядів, що утворилися на гранях і краях частинок ґрунтової глини та органічної речовини, які притягують негативно заряджені іони, такі як нітратіон. Оскільки аніонообмінна ємність ґрунту мала, нітрат рухається разом з водою, що проникає в ґрунт. Часто цей рух виявляється швидким і призводить до втрат нітратів із кореневої зони.

Катіони, в тому числі іон амонію, утримуються ґрунтовим катіонообмінним комплексом. **Катіонообмінна ємність** такого комплексу - це кількість негативних зарядів, що утворилися на гранях і ребрах частинок ґрунтової глини та ґрунтової органічної речовини.

У більшості ґрунтів катіонообмінна ємність достатня для того, щоб сильно затримувати вимивання іонів амонію водою, що проникає в ґрунт. Але у деяких випадках ґрунти, наприклад піщані, мають невелику катіонообмінну ємність, і може відбуватися деяке вимивання амонію. Амоній змагається з калієм, кальцієм та магнієм за адсорбцію на катіонообмінних центрах. Кальцій та магній утримуються міцніше, ніж амоній та калій в цих центрах. Надлишок цих суттєвих елементів живлення може обмежувати адсорбцію амонію та посилювати його вимивання.

Носій азоту - це форма, в якій він вноситься в ґрунт, вона грає важливу роль у визначенні ймовірності попадання азоту в ґрунтові або поверхневі води.

Форми із швидкодоступним азотом забезпечують швидкий відгук рослини через вивільнення великих кількостей азоту у ґрунт. Наприклад, неорганічні солі, такі як сульфат амонію, швидко розчиняються у ґрунтовій воді, забезпечуючи великі кількості доступного рослин азоту протягом короткого періоду часу. Сечовина є джерелом швидкодоступного органічного азоту і широко застосовується в рідкій або гранульованій формі. Після введення сечовини в ґрунт вона бере участь у декількох реакціях, та швидко перетворюється в нітратну форму, яка є доступною для рослини. Однак існує високий потенціал (ймовірність) опіку листя, а також високий потенціал (загроза) вимивання за певних параметрів навколишнього середовища.

Дія добрив, що постачаються у вигляді гранул, покритих оболонкою, наприклад сечовини, покритої сіркою або розчинним полімером, засноване

на повільному розчиненні оболонки, що контролює перехід азоту в ґрунтовий розчин у доступній для рослин формі.

Забруднення нітратами ґрунтових вод можна мінімізувати, ретельно контролюючи час і кількість азоту, що вноситься з добривом відповідно потребам посівів та використовуючи добрива з повільним вивільненням, ефективну систему іригації та інші прийоми *найкращої практики управління (НПУ)*, що уповільнюють рух нітрату в ґрунтову воду. І навіть у цих випадках деяке попадання нітратів в ґрунтову воду може бути неминучим.

У холодних та помірно дощових кліматичних умовах більша частина нітратів вимивається в ґрунтову воду на протязі осені та зими. Таке вимивання можна мінімізувати, вирощуючи посіви восени, щоб спожити (і отже, видалити) азот, що залишився від літнього сезону в кореневій зоні.

Фермери вважають за краще вносити добрива в кількостях, необхідних для отримання вищих урожаїв, незважаючи на те, що такі врожаї реалізуються нечасто через дощі, невідповідну температуру та інші умови, далекі від оптимальних, що трапляються протягом сезону. Така практика не тільки дарма витрачає добрива, але також збільшує забруднення нітратами ґрунтових вод.

Застосування добрив має бути засноване на очікуваннях реального врожаю та на одержанні максимального довгострокового прибутку.

Існує велика занепокоєність нітратним забрудненням ґрунтових вод у США, Західній Європі та інших частинах світу з інтенсивним сільським господарством. Запропоновані заходи регулювання з метою обмеження нітратного забруднення ґрунтової води включають розробку НПУ (у всіх штатах США), контроль кількості азотних добрив, які можна застосовувати (Нідерланди), або встановлення меж, в яких азот може бути присутнім у вадозній зоні наприкінці періоду зростання (Німеччина).

Якщо враховувати просторове розмаїття умов, остання пропозиція передбачає частий відбір зразків ґрунту на аналіз.

4.4 Забруднення ґрунтів мінеральними добривами

Ґрунт – основний засіб виробництва продуктів харчування людини і корму для тварин, а також один з основних природних ресурсів Землі.

Тому збереження і примноження його родючості – життєво важливим завданням для людства.

Для ґрунту характерна самоочисна здатність, яка проявляється в протидії зміни реакції і складу ґрунтового розчину – буферності, в розкладанні чи зв'язуванні токсичних речовин на малорухомі нерозчинні нетоксичні сполуки. Самоочисна здатність є функцією складу, властивостей і динаміки біоценозу ґрунту та його абіотичної частини, зокрема ґрунтового вбирного комплексу. Вона настільки вища, настільки вища родючість ґрунту. Проте, незважаючи на таку властивість, можливий і негативний вплив добрив на ґрунт, який виникає, як правило, за високого рівня насичення мінеральними добривами та безпідстилковим гноєм, а також за незадовільних умов їхнього зберігання і нераціонального використання.

Такий вплив може виявлятися у вигляді порушення оптимального співвідношення елементів живлення, нагромадження нітратного і нітритного азоту, важких металів і радіоактивних речовин; у вигляді антропозооепідеміологічного забруднення, у зменшенні вмісту гумусу, ущільненні, засоленні, підкисленні, появі інших небажаних змін складу та властивостей ґрунту.

Збереження родючості ґрунтів має стати пріоритетним напрямом діяльності у кожному господарстві, яке зайняте у сфері агропромислового виробництва. Найважливішим завданням усіх, хто сьогодні працює в аграрному секторі, повинно стати глибоке усвідомлення великої відповідальності за екологічний стан ґрунтів. Від того, як будуть збережена і відтворена родючість ґрунту зараз залежатиме те, якою вона залишиться нащадкам, залежатиме майбутнє нашої держави, добробут і суспільний розвиток наступних поколінь українського народу.

Добрива мають складний вплив на ґрунт. Не розглядаючи позитивного їхнього впливу на властивості ґрунту, відзначимо основні причини та наслідки негативного впливу добрив.

Тривале застосування високих доз фізіологічно кислих мінеральних добрив сприяє підкисленню ґрунтового розчину, прискоренню вимивання кальцію, магнію з орного шару та мінералізації гумусу ґрунту.

Використання високих доз азотних добрив сприяє накопиченню нітратного азоту у ґрунті у кількостях, що перевищують ГДК (130 мг NO₃/кг).

Недосконалість якості мінеральних добрив, а саме вміст важких металів у добривах, які застосовують у високих дозах, може призводити до накопичення їх у ґрунті у надлишкових кількостях. Високі концентрації важких металів у ґрунті згубно діють на біологічну та ферментативну активність ґрунту.

Застосування високих доз азоту посилює розвиток фітопатогенної мікрофлори у ґрунті, що призводить до захворювань сільськогосподарських культур.

Встановлено, що забруднення ґрунтів важкими металами носить локальний характер і приурочено до зон впливу великих промислових центрів та окремих підприємств, ґрунтів придорожніх смуг, землям, де як органічні добрива використовувалися різні відходи (опади стічних вод, комунальні відходи та ін.).

Акумуляція металів у ґрунтах безпосередньо залежить від їх фізико-хімічні властивості. Тяжкі метали в основному адсорбуються частинками фізичної глини. Тому фітотоксична дія їх на рослини менш виражена на дерново-підзолистих суглинних ґрунтах.

У міру збільшення вмісту у ґрунті гумусу знижується кількість у ньому рухомих форм металів (Cd, Pb, Cu та Zn) та їх концентрація у рослинах, оскільки важкі метали фіксуються в органічній речовині ґрунту.

У свою чергу збільшення кислотності ґрунту, навпаки, сприяє збільшенню рухомих форм важких металів, що посилює міграцію їх у рослинах.

Рухливість металів зростає із збільшенням ступеня гідроморфізму. На дерново-підзолистому суглинному тимчасово надмірно зволоженому і глеюватому ґрунтах відзначається максимальна рухливість важких металів.

Для реальної оцінки небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами та надлишкового накопичення в рослинницькій продукції розроблені градації, **орієнтовно допустимі концентрації (ОДК)** та **гранично допустимі рівні (ГДР)** в дерново-підзолистих ґрунтах (табл. 4.3).

Невеликий дефіцит азоту в ґрунті обмежуватиме зростання рослини, але ледве помітним чином і помітити його можна лише порівнюючи ці рослини з рослинами, що виростили з адекватним азотним харчуванням. Помірний дефіцит азоту викликає зміну кольору листя до світло-зеленого або жовтуватого. Різкі симптоми наступають при сильному дефіциті, вони

включають некроз (омертвіння тканин), що починається з кінчиків старого листа з наступним відмиранням тканини, що розвиваються V-подібно від центрального ребра у напрямку до основи листа.

Таблиця 4.3 – Орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) та гранично допустимі рівні (ГДР) важких металів у дерново-підзолистих ґрунтах, мг/кг

Важкий метал	Форми	Ґрунти		
		піщані	супіщані	суглинкові
Кадмій (ОДК)	Валові	0,3	0,4	0,6
	Рухливі (1 М НСІ)	0,2	0,3	0,4
Свинець (ОДК)	Валові	25	35	60
	Рухливі (1 М НСІ)	10	15	25
Мідь (ГДР)	Валові	60	70	100
	Рухливі (1 М НСІ)	10	12	15
Цинк (ГДР)	Валові	50	60	80
	Рухливі (1 М НСІ)	14	16	18

Азот впливає і на якість трав'яної покриву більшою мірою, ніж будь-який інший елемент живлення. У самих трав'янистих рослин вміст азоту більше вмісту будь-якого іншого істотного елемента живлення (природно, крім вуглецю, кисню і водню). Азот є головним компонентом амінокислот, з яких побудовано протеїни та ензими у всіх живих організмах, включаючи рослини. Атоми азоту оточують атом магнію в хлорофілі, який поглинає енергію сонця та сприяє утворенню цукрів з діоксиду вуглецю та води. Кругообіг азоту, участь у якому беруть атмосфера, ґрунт і вода, є виключно складним. Розуміння азотного циклу, трансформацій азоту та його руху є критичним в оптимальному управлінні трав'янистим покривом (дерном).

Форми азоту. Азот присутній у ґрунтах в органічному та неорганічному формах. Існує велика різноманітність типів органічних сполук, що містять азот. Органічні сполуки можуть бути малими молекулами, як амінокислоти, які легко розкладаються мікроорганізмами, або великими складними молекулами, які сильно впливають на мікробіологічне розкладання. Найбільш стійкі з таких ґрунтових матеріалів зазвичай називають *гумусом*.

Неорганічні форми азоту - це нітрат (NO_3), нітрит (NO_2), амоній - (NH_4) та аміак (NH_3). Нітрат та амоній легко поглинаються рослинами та сприяють росту та розвитку. В теж час нітрит та аміак токсичні для рослини.

Реакції азоту у ґрунті. Кількість та форми азоту в ґрунтах постійно змінюються внаслідок біологічних, хімічних та фізичних процесів. Розуміння цих змін та впливу факторів навколишнього середовища на їх розвиток допомагає керувати поведінкою азоту та ефективно сприяє на трав'яний покрив, роблячі його більш здоровим та якісним.

Мінералізація органічного азоту. Мікробіологічна трансформація органічного азоту в неорганічні форми називається **мінералізацією**. Найбільш поширеними органічними речовинами, що містять азот, є: ґрунтовий гумус, залишки листя і тканин кореневих систем, мул і гній, що використовуються як добрива. В загальному, складні та великі молекули, що містять азот, розпадаються на простіші і малі, а потім утворюється амоній.

Іноді цей процес поділяють на частини: першу називають **амінізацією**, а другу **амоніфікацією**. При амінізації утворюються молекули, що містять аміногрупу ($-\text{NH}_2$), і азот, що входить до неї називається амінним.

Багато типів мікроорганізмів здатні на ці реакції, деякі з їх можуть здійснювати обидва кроки, а частіше лише один з них.

Грибки та бактерії виконують велику частину мінералізації у ґрунтах. Оскільки мінералізувати азот можуть багато організмів, умови мінералізації не є високоспецифічними: її прискорюють тепло, вологість та ґрунтові умови. Так, рН більший, ніж 5,5 сприяє мінералізації та гарній аерація ґрунту, тому кількість води, що перевищує ємність ґрунту, зазвичай знижує мінералізацію азоту. Одним із факторів, який може бути змінений фахівцем і сильно впливає на швидкість вивільнення азоту з джерела органічного азоту, є відношення C:N в органічному матеріалі.

Відношення «вуглець:азот» (молярне відношення C:N). Швидкість мінералізації азоту, що входить до органічного з'єднання, є функцією молярного відношення «вуглець: азот» (C:N) у ньому. У речовинах з низьким ставленням C:N, меншим, ніж 15:1, зміст азоту відносно великий, і мікроорганізми швидко вивільняють азот у процесі розкладання матеріалу. Якщо ж відношення C:N у матеріалі велике (більше, ніж 30 : 1) і, отже, азоту міститься мало, то мінералізація повільна.

Для того щоб зруйнувати матеріал з високим ставленням C:N, мікроорганізми споживають неорганічний азот з ґрунтового розчину. Цей процес називають *імобілізацією*, і відбувається він часто, коли в ґрунт вносять речовини з високим ставленням C:N (наприклад, тирсу, деякі компости, деякі типи мулів). У цьому випадку весь неорганічний азот може бути видалений із ґрунту надовго і зростання трав'янистих рослин буде призупинено. Мікроорганізми значно більш агресивні щодо споживання ґрунтового азоту, ніж рослини, тому вони споживають неорганічний азот першими до того, як це зроблять рослини.

Зупинка мінералізації фумігацією. При фумігації ґрунту мікробні популяції, які виробляють мінералізацію азоту, деякий час руйнуються. Тоді сполуки органічного азоту не можуть перейти в неорганічні форми та стати доступними рослинам.

Після проведення фумігації рослин отримують азот лише з наявних у ґрунті джерел неорганічного азоту. Зрештою, через деякий час мінералізація відновлюється.

Тривалість періоду відновлення визначається ретельністю фумігації та пересуванням мікроорганізмів із сусідніх областей до області, зазначеної фумігації.

Нітрифікація. Нітрифікацією називають перетворення іона амонію на нітрат-іон. Це перетворення відбувається у два етапу, які виконуються двома специфічними видами мікроорганізмів.

Перший етап, перетворення амонію на нітрит, здійснюється за допомогою бактерій *Nitrosomonas*, а другий - перетворення нітриту на нітрат - за допомогою бактерій *Nitrobacter*.

Вплив температури на нітрифікацію. Нітрифікація протікає у ґрунтах при температурах вище точки замерзання води. Чим вища температура, тим швидше нітрифікація. Наприклад, сульфат амонію змішували з ґрунтом і підтримували вологість при різних температурах протягом 24 днів. При 4,4 °C було нітрифіковано 29% амонію; при 15,6 °C нітрифікації зазнали 59%, а при 26,7 °C були перетворені на нітрат все 100% амонію. Таким чином, температура сильно впливає на форми доступного рослинам азоту. Застосування джерела іонів амонію в холодну погоду може дати рослині значні кількості амонію, але за високих температурах більшість доступного рослині азоту перебуватиме у нітратної формі.

На щастя, ці реакції тісно пов'язані і тому нітрит, високотоксичний для рослин, рідко накопичується у ґрунтах.

Оскільки тільки ці два види мікроорганізмів беруть участь у повній реакції нітрифікації, умови, за яких можна змінити швидкість реакції, знаходяться у відносно вузьких рамках та добре вивчені.

Вплив азотних добрив на ґрунтовий рН. Азотні добрива впливають на рН ґрунту двома шляхами. По-перше, хімічні реакції добрива, включаючи реакції гідролізу сечовини та нітрифікації амонію, можуть змінити рН основної маси ґрунту. **Основна маса ґрунту** - це ґрунт, що прямо не прилягає до кореневої системи рослини. По-друге, форма азоту, що споживається рослиною, може змінити рН ґрунту і безпосередньо у кореневій сфері. **Ґрунт кореневій сфері** - це ґрунт, що знаходиться в безпосередньому контакті з кореневою системою рослини.

Прямий вплив на рН основний маси ґрунту. Азот у амонійній формі створює кислотність в процесі нітрифікації амонію в нітраті, і при цьому знижується рН основної маси ґрунту. Початкова реакція сечовини з ґрунтом збільшує рН через реакцію гідролізу. Однак після нітрифікації амонію рН ґрунту суттєво знижується. Зниження ґрунтового рН внаслідок застосування містять амоній або амоній утворюючих добрив буде відбуватися і без рослин.

Вплив форми азоту на рН кореневої сфери. Повторне застосування добрив, що містять нітрат, як правило, збільшує рН ґрунту в кореневій сфері (ризосфері). Рослина викликає збільшення рН сама, коли нітрат поглинається коренем, а гідроксильний іон ОН⁻ - вивільняється в ґрунт. Однак, якщо іон-амонію є первинною формою азоту, накопиченого рослиною, вона (рослина) вивільняє кислоту та рН поблизу коріння знижується. Ризосферний рН може відрізнятись від рН основної маси ґрунту аж до 2 одиниць рН. Ґрунтовий рН може сильно змінювати популяції мікроорганізмів, що населяють ризосферу.

Значну роль у забрудненні ґрунту відіграють фосфорні та комплексні добрива. Поглинені ґрунтом фосфати малорухомі і майже не вимиваються (лише 2%) з орного шару. При надмірному використанні фосфорних і комплексних мінеральних добрив у ґрунті накопичується Р₂О₅ у такій кількості, яка здатна гальмувати процеси самоочищення. Слід також підкреслити, що фосфорні та комплексні добрива містять домішки селену, миш'яку, важких металів, природних радіонуклідів - урану, радію. Тому, при перевищенні норм внесення цих добрив шкідливими речовинами може

забруднюватися ґрунт, звідки зазначені токсиканти при їх міграції та транслокації можуть надходити в поверхневі та підземні (в першу чергу, ґрунтові) води та в рослинницьку продукцію. Встановлено, що при надмірному внесенні у ґрунт суперфосфату вміст кадмію в картоплі збільшується у 4 рази.

Із фосфорними та комплексними добривами щорічно у ґрунт вноситься 3–4 г/га кадмію, ця величина може сягати до 10 г/га. Залежно від типу ґрунту, кількості опадів і технології внесення фосфорних добрив (доз, термінів, форм, способів внесення, тощо) в деяких сільськогосподарських районах вміст фосфору у річкових водах (навесні) становить 0,12–0,16 мг/л. Гранично допустима концентрація фосфору в питній воді – 10 мг/л. Тому, з метою запобігання можливості включення у біологічний кругообіг токсичних і радіоактивних елементів застосування фосфорних добрив повинно знаходитись під постійним контролем екологів.

Калійні добрива також мають негативний вплив на довкілля, оскільки вони містять так звані баластні елементи (Cl, Na), які можуть накопичуватися у ґрунті при систематичному застосуванні підвищених доз таких добрив, знижуючи при цьому його родючість. Внесення великих доз калійних добрив може зумовити підвищену концентрацію хлорид-іонів, порушити співвідношення між катіонами Ca^{2+} : K^+ , Mg^{2+} : K^+ , витіснити кальцій і магній з ґрунтового комплексу, а також посилити їх міграцію за профілем ґрунту.

На вимивання калію з ґрунту впливають фізико-механічні властивості ґрунту, зокрема гранулометричний склад і водопроникність; із важких ґрунтів він вимивається менше, ніж із легких.

Поверхневі стічні води вимивають калій з ґрунту, а ґрунтові і підґрунтові - калій з добрив. Metали, що містяться у калійних добривах (Cd, Hg, Pb, Al) можуть накопичуватися у живих організмах, проникати у ґрунтові води тощо. Разом із калійними добривами у ґрунти надходять також аніони хлору. Якщо вносити 45–50 кг/га калійних добрив (із розрахунку на K_2O), то разом із ними надходить 30–35 кг/га аніону хлору, який призводить до штучного засолення ґрунтів. До того ж, накопичення значних кількостей калію у ґрунті може зумовити порушення співвідношення між калієм і натрієм у питній воді та харчових продуктах, що має негативний вплив на здоров'я людини.

Визнаючи відносну безпечність мінеральних добрив щодо забруднення ґрунтів важкими металами, тим не менше, існує реальна

небезпека одержання вирощеної рослинницької продукції з підвищеним умістом цих металів. Підвищення ймовірності даної небезпеки пов'язано із тим, що в деяких областях України (Донецькій, Луганській, Запорізькій, Дніпропетровській) та поблизу великих міст (Київ, Харків, Одеса, Львів і ін.) спостерігається високе техногенне забруднення ґрунтів важкими металами в результаті газопилових викидів і стоків промислових підприємств, комунальних господарств, транспорту, полігонів промислових і побутових відходів і інших джерел. У цілому для всієї території України характерна тенденція накопичення важких металів у ґрунтах.

У багатьох країнах світу утворились цілі регіони, де забруднення займає площі від декількох квадратних метрів до декількох гектарів. У цих областях переважають ґрунти зі значним умістом важких металів, токсичних для сільськогосподарських культур. Їх висока концентрація у ґрунтового розчині призупиняє ріст коренів і спричиняє загибель рослини.

4.5 Вплив мінеральних добрив на забруднення атмосфери

Основними джерелами забруднення атмосфери є промисловість та транспорт. Від застосування мінеральних добрив забруднення атмосфери незначно, особливо з переходом на застосування комплексних гранульованих, повільно діючих азотних добрив, але має місце.

Забруднення атмосфери агрохімічними засобами є можливим при порушенні технології зберігання та застосування. І тут відбувається забруднення атмосфери аміаком, сірководнем, метаном, фенолом та іншими токсичними сполуками.

Згідно з наявними даними понад 80% аміаку забруднюючого атмосферного повітря і 10% метану, що руйнує озоновий шар і є парниковим агентом, що надходять з гною та посліду при зберіганні їх у відкритих накопичувачах або через несвоєчасне загортання у ґрунт.

На можливе забруднення атмосфери газоподібними сполуками азоту, що утворюються в результаті денітрифікації (N_2 , N_2O , NO , NO_2), що відбувається у ґрунті, вказують вітчизняні та зарубіжні дослідники.

Незважаючи на негативний вплив від надмірного внесення різних видів перерахованих мінеральних добрив, слід зауважити, що дія забруднюючих речовин має порівняно локальний характер поширення і

визначається їх високою концентрацією і тривалою дією на довкілля. Це пов'язано з тим, що в атмосферу надходить значна кількість пилу, парів і газоподібних речовин, залежно від агрегатного стану добрив. Результати наукових досліджень показали, що подрібнення нітроамофоски супроводжується пилоутворенням у кількості $426,2 \pm 84,6$ мг/м³, затарення у мішки - $51,88 \pm 13,30$ мг/м³. Концентрації фосфорного та сірчаного ангідридів визначались у концентраціях $2,62 \pm 0,14$ і $8,33$ мг/м³, відповідно, оксиди азоту і аміак значно нижче гранично допустимих концентрацій. Під час підготовки тукосуміші простих мінеральних добрив у польових умовах уміст пилу мінеральних добрив у повітрі робочої зони коливається від 4,0 до 12 мг/м³.

Ґрунтовий пил площ, на яких вносились мінеральні добрива, порівняно з нативними містить в 1,8–2,5 рази більше елементів фосфору, калію, азоту, а також більш високий вміст ртуті, свинцю, кадмію, марганцю. Пил чорноземного ґрунту, на відміну від інших, акумулює більшу кількість елементів, які входять до складу добрив: кальцію, магнію, фосфору, азоту та меншу кількість важких металів. У пилу інших типів ґрунту, порівняно з чорноземом, концентрація нікелю більша в 6–12 разів, ртуті - в 3–5 разів, кадмію і свинцю - в 2–3 рази.

Мінеральна частина ґрунтового пилу містить також сполуки кремнію, алюмінію, титану, магнію, заліза, міді, цинку та марганцю. Вміст в пилу шкідливих домішок мінеральних добрив (важких металів, миш'яку, фтору тощо) та продуктів їх трансформації залежить, в першу чергу, від типу ґрунту та асортименту і обсягів внесення мінеральних добрив. Концентрації важких металів (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Mn), які надходять в повітря робочої зони разом із пилом різних типів ґрунтів, за сумою зазначених елементів складає:

- дернево-підзолистий - 2,65;
- темно-сірий - 3,67;
- чорноземний - 0,81;
- сірозем темний - 3,43;
- сірозем світлий - 3,03;
- темно-каштановий - $1,30 \times 10^{-2}$ мг/м³.

Отже, негативний вплив на довкілля має не лише внесення мінеральних добрив, але й процеси їх виготовлення, зберігання і транспортування. Це розширює проблематику екологічно негативного впливу добрив на довкілля.

Відзначається, що збільшення втрат азоту в атмосферу прискорить руйнування озонового шару. Відомо, що озоновий шар має велике значення для життя на Землі, так як він поглинає сонячну радіацію, що у великих дозах шкідлива всім живим організмів.

За висновком Всесвітньої метеорологічної організації, надходження в атмосферу N_2O , пов'язаного, крім усього іншого, з використанням добрив, не викликає такого значного ефекту, як передбачалося раніше. Подвоєння вмісту N_2O в атмосфері має призвести до скорочення кількості озону лише на 2%.

Незважаючи на докази міжнародних організацій про слабкий вплив застосування добрив на озоновий шар, з точки зору довгострокових наслідків, а також недостатності наших знань ці питання заслуговують на увагу і вимагають подальших досліджень.

4.6 Забруднення рослинницької продукції мінеральними добривами

Основними забруднюючими рослинницьку продукцію речовинами, пов'язаними з застосуванням добрив є нітрати і важкі метали. Головними причинами накопичення надлишкових кількостей нітратів у продукції рослинництва є недотримання регламентів системи добрив.

Нітрати – необхідна частина азотного живлення рослин. Вони завжди присутні у природі, навіть якщо повністю відмовитися від застосування добрив. Головне, щоб зміст нітратів у рослинницькій продукції не перевищував гранично допустимих рівнів. Рослини, зазвичай, не страждають від надлишку в них нітратів і нітритів, але ці сполуки дуже токсичні для тварин та людини.

Рівень вмісту нітратів у рослинах піддається регулюванню за допомогою різноманітних агрохімічних та агротехнічних заходів. На накопичення нітратів у рослинах впливає понад 30 чинників, кожен із яких у конкретних умовах може мати вирішальне значення.

За наявними даними, частка азотних добрив серед усіх факторів, що впливають на накопичення нітратів у рослинницькій продукції, становить майже половину (47%). Тому застосування екологічно безпечних доз азотних добрив у оптимальні прийоми та терміни є гарантією отримання якісної продукції.

До регульованих факторів, що впливають на накопичення NO_3 у рослинах, належить забезпеченість рослин фосфором, калієм, а також мікроелементами (Mo, Cu, Mn), які беруть участь у процесі відновлення NO_3 до NH_3 рослин.

Накопичення нітратів у рослинницькій продукції визначається видовими та сортовими відмінностями. Більше їх накопичується у овочевих культурах. Сортові відмінності щодо накопичення нітратів у томату досягають 200-300%, у буряків – 200%, у редису – 55%.

Серед факторів довкілля, що впливають на накопичення нітратів у рослині, можна відзначити світло, вологість, температуру повітря та ґрунту. Оптимізація цих факторів є однією з вирішальних умов асиміляції нітратів у рослинах та зниження їх концентрації. Крім того, весь агротехнічний комплекс (засоби сівби, площа харчування, інтегрований захист рослин від хвороб і шкідників та ін.) може забезпечувати максимальну фотосинтетичну діяльність рослин, а отже, перетворення нітратного азоту на органічний.

На концентрацію нітратів впливають терміни, умови зберігання та технологія їх переробки. Наприклад, після 6-місячного зберігання столових буряків та моркви вміст нітратів знижується в 1,5-2,0 рази. При кулінарній обробці овочів та картоплі вміст нітратів зменшується на 25%.

На відміну від нітратів важкі метали, накопичуючись у рослинах у великих кількостях, мають на них токсичний вплив. Механізм такого впливу важких металів на рослини полягає в їх денатуруючій дії на білки, що беруть участь в обміні речовин. Тяжкі метали – протоплазматичні отрути. Наприклад, кадмій послаблює у рослин процес фотосинтезу, транспірації, ртуть викликає мутагенну дію, свинець уповільнює зростання кореневої системи.

Усе це призводить до зниження продуктивності рослин та якості рослинницької продукції.

Проблема одержання екологічно чистої продукції рослинництва ще більше загострилась в умовах радіоактивного забруднення. Тому пошук і впровадження нових технологій і засобів, направлених на одержання продукції рослинництва з мінімальним вмістом шкідливих речовин, є надзвичайно актуальною. Як приклад, дослідження, що проводились у дослідному господарстві “Грозинське” Інституту сільського господарства Полісся УААН. Варіанти удобрення вивчали на фоні оранки на загальноприйнятій глибину 18-20 см і дискування на 8-10 см. Сівбу ярого

ріпаку Аріон проводили в оптимальні для зони Полісся строки сівалкою СН-16 з нормою висіву 2,0 млн. схожих насінин на 1 га на глибину 2-3 см з шириною міжрядь 15 см (табл. 4.4 та 4.5).

Таблиця 4.4 - Вплив способів обробітку і удобрення на вміст важких металів в ґрунті та продукції ярого ріпаку (зелена маса та соломі) в умова Полісся, мг/кг (Є.М. Данкевич)

Варіанти дослідів	Вміст в							
	зеленій масі				соломі			
	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn
Оранка на 18-20 см								
1. Без добрив	3,3	8,7	0,32	25,0	2,4	1,0	0,16	3,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,4	15,2	0,29	28,0	3,8	2,1	0,20	7,4
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	6,6	8,3	0,45	35,0	5,2	2,3	0,19	7,5
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	3,6	37,2	0,44	36,0	5,4	2,4	0,20	7,5
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	5,2	4,7	0,49	32,0	4,3	2,4	0,31	10,0
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +вапно	2,7	7,4	0,26	25,0	5,3	3,8	0,55	10,0
7. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ +Cq 250 кг/га	2,2	9,1	0,41	24,0	4,7	2,3	0,23	7,9
Дискування на 8-10 см								
1. Без добрив	2,4	10,8	0,28	34,0	2,4	2,0	0,04	3,3
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,1	11,1	0,37	29,0	4,9	2,0	0,24	7,8
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,7	13,0	0,38	36,0	4,2	1,6	0,12	10,0
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	4,3	35,8	0,37	35,0	5,7	2,5	0,24	7,8
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	2,4	25,0	0,47	31,0	4,3	2,3	0,23	6,7
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +вапно	6,5	5,1	0,40	33,0	3,6	1,6	0,32	7,8
7. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ +Cq 250 кг/га	2,8	43,1	0,24	22,0	4,5	2,7	0,22	9,0

Спостерігається його незначне підвищення на удобреному фоні порівняно з неудобреним, в зеленій масі і соломі. Транслокація важких металів у продукцію ярого ріпаку обумовлена поліелементним забрудненням ґрунту, на що вказують результати аналізів. Слід зазначити, що найвищий рівень забруднення важкими металами спостерігається під

час використання ярого ріпаку на зелений корм. У подальшому вміст важких металів зменшується.

Таблиця 4.5 - Вплив способів обробітку і удобрення на вміст важких металів в ґрунті та продукції ярого ріпаку (насіння та олія) в умова Полісся, мг/кг (Є.М. Данкевич)

Варіанти досліду	Вміст в								
	насінні				олії				
	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Fe
Оранка на 18-20 см									
1. Без добрив	2,5	1,6	0,10	17,6	0,50	0,06	н/в	2,5	4,7
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,7	2,0	0,10	19,7	0,50	0,07	н/в	2,5	4,6
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,6	2,0	0,12	14,7	0,48	0,07	н/в	2,1	4,9
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	2,8	1,6	0,13	19,8	0,48	0,09	н/в	2,5	4,8
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	3,1	1,9	0,12	14,7	0,48	0,09	н/в	2,6	4,5
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +вапно	3,5	4,2	0,19	14,8	0,50	0,10	н/в	2,5	4,7
7. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ +Cq 250 кг/га	3,4	3,3	0,12	17,5	0,50	0,10	н/в	2,0	4,7
Дискування на 8-10 см									
1. Без добрив	1,7	1,9	0,09	17,5	0,50	0,10	н/в	2,0	4,7
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,7	1,6	0,10	19,0	0,50	0,10	н/в	2,5	4,8
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	3,3	1,6	0,13	19,8	0,50	0,10	н/в	2,5	4,8
4. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	2,5	1,8	0,10	19,3	0,50	0,10	н/в	2,1	4,9
5. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	2,9	2,8	0,13	19,9	0,49	0,09	н/в	2,0	4,7
6. N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +вапно	3,8	3,8	0,08	19,3	0,48	0,10	н/в	2,0	4,7
7. N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ +Cq 250 кг/га	3,2	3,4	0,10	19,0	0,50	0,10	н/в	2,0	4,7
*н/в - не виявлено									

В продукції, яка може бути використана на продовольчі цілі (олія), вміст міді був у 5-7 разів менший, ніж в насінні; свинцю - у 15-40, цинку - у 7-9 разів. Кадмій, як найбільш шкідливий елемент, в олії не виявлений. Як правило, забруднення важкими металами продукції ярого ріпаку не перевищувало ГДК.

Значно більшу небезпеку для здоров'я людей викликає забруднення радіонуклідами цезію-137 і стронцію-90. Поглинання радіоцезію рослинами в першу чергу залежить від форми, в якій він перебуває в ґрунті. Встановлено, що цезій-137 зустрічається в ґрунтах у водорозчинній, обмінній і необмінній формах. В дерново-підзолистих ґрунтах Полісся кількість обмінного цезію знаходиться в межах 5 -13 %.

Результати досліджень показують, що зміна активності радіоцезію в продукції ярого ріпаку значно залежала не тільки від способів обробітку ґрунту, але й від застосування мінеральних добрив (табл.8.6 та 8.7).

Таблиця 4.6 - Накопичення радіонуклідів ярим ріпаком залежно від обробітку ґрунту (оранка на 18-20 см) і удобрення в умова Полісся (Є.М. Данкевич)

Показник	Варіанти обробітку і удобрення						
	Оранка на 18-20 см						
	1	2	3	4	5	6	7
Питома активність ґрунту, Бк/кг цезію-13	483	470	461	428	402	413	380
Питома активність соломи, Бк/кг	220	170	110	145	183	178	116
Коефіцієнт накопичення, Кн в соломі	0,46	0,36	0,24	0,30	0,46	0,43	0,31
Питома активність насіння, Бк/кг	47	62	51	60	70	46	45
Коефіцієнт накопичення Кн в насінні	0,09	0,13	0,11	0,1	0,17	0,11	0,12
Питома активність ґрунту, Бк/кг стронцію-90	21,5	16,8	19,0	15,0	19,0	16,3	15,0
Питома активність соломи, Бк/кг	4,3	5,3	3,0	3,0	3,3	3,0	3,0
Коефіцієнт накопичення Кн в соломі	0,20	0,32	0,16	0,20	0,17	0,18	0,20
Коефіцієнт накопичення Кн в насінні	0,10	0,18	0,16	0,2	0,16	0,18	0,18

Як видно з даних таблиці 8.6 та 8.7, при порівняно незначних коливаннях в показниках активності ґрунту за питомою активністю соломи і насіння варіанти значно відрізнялись. Так, на удобрених варіантах питома активність соломи ярого ріпака на фоні оранки була в 1,2-2 рази меншою, ніж на неудобреному. На всіх варіантах удобрення, крім 5, коефіцієнт накопичення радіоцезію в соломі був нижчим, порівняно з не удобреним.

Таблиця 4.7 - Накопичення радіонуклідів ярим ріпаком залежно від обробітку ґрунту (дискування на 8-10 см) і удобрення в умовах Полісся (Є.М. Данкевич)

Показник	Варіанти обробітку і удобрення						
	Дискування на 8-10 см						
	1	2	3	4	5	6	7
Питома активність ґрунту, Бк/кг цезію-137	396	370	487	479	407	451	413
Питома активність соломи, Бк/кг	191	203	151	248	100	194	200
Коефіцієнт накопичення, Кн в соломі	0,48	0,52	0,31	0,52	0,24	0,43	0,49
Питома активність насіння, Бк/кг	49	47	82	73	89	52	60
Коефіцієнт накопичення Кн в насінні	0,12	0,13	0,17	0,15	0,22	0,10	0,14
Питома активність ґрунту, Бк/кг стронцію-90	16,0	13,3	21,0	22,0	18,3	12,2	18,5
Питома активність соломи, Бк/кг	3,0	5,7	3,4	5,1	3,0	4,2	3,7
Коефіцієнт накопичення Кн в соломі	0,19	0,43	0,16	0,23	0,17	0,34	0,20
Коефіцієнт накопичення Кн в насінні	0,19	0,20	0,14	0,14	0,17	0,02	0,02

Істотної різниці між варіантами обробітку ґрунту і доз мінеральних добрив за активністю цезію-137 в насінні та коефіцієнтами накопичення не встановлено.

Питома активність стронцію-90 в соломі і в насінні ярого ріпаку майже не залежала від способів обробітку ґрунту і доз мінеральних добрив.

В цілому вміст радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 був значно нижчий від ГДК. Таким чином, в умовах техногенного забруднення агросфери вміст важких металів може бути одним із головних ідентифікаційних показників якості продукції. Підвищення вмісту в сільськогосподарській продукції важких металів - результат дії на агроєкосистемі комплексу факторів, якими не завжди можна управляти. Один із способів отримання екологічно чистої продукції - оптимізація живлення рослин.

4.7 Вплив забруднення мінеральними добривами на стан здоров'я людини та тварин

Джерелом надходження нітратів, нітритів, важких металів та інших речовин в організм людини є рослинницька продукція, питна вода, тваринницька продукція. Підвищений вміст нітратів і нітритів у продуктах харчування має широкий спектр негативного впливу на організм людини.

Здатність живих організмів переносити несприятливий вплив того чи іншої чинника середовища зветься *толерантністю*. Концентрація елемента, що перевищує оптимальний діапазон, вважається нетолерантною, що знижує врожайність, – чутливість до концентрації проростків, вегетативних та генеративних органів. Летальна концентрація викликає загибель рослин та накопичування вище ГДК. Забруднення ґрунтів важкими металами за рахунок добрив при сучасній насиченості мінеральними добривами 20-22 кг/га та органічними 1,5 т/га мало ймовірно. Воно можливе лише на землях з дуже високою насиченістю та без належного контролю.

Потенційними та небезпечними забруднювачами можуть бути відходи промисловості, такі як піритні недогарки, фосфогіпс, осад стічних вод, побутові відходи, сапропель. При внесенні піритних недогарків 4-5 ц/га поряд з міддю надходить до 160-240 кг заліза, 1,6-5,2 кг цинку та близько 1,2-5,0 кг свинцю. При внесенні фосфогіпсу є небезпека забруднення ґрунту та рослин фторидами, стронцієм.

При внесенні 25 т/га осаду стічних вод можна різко збільшити вміст кадмію у ґрунті (до 50 %).

Надлишкове надходження нітратів та нітритів в організм людини викликає метгемоглобінемію (синюшність та задуху). Вона є наслідком окислення у крові людини двовалентного заліза в тривалентний.

Метгемоглобін, що утворюється під дією нітратів і нітритів, не здатний переносити кисень в організмі людини. Заміщення на 20% гемоглобіну метгемоглобіном викликає отруєння, що супроводжується кисневою недостатністю. При 80% заміщенні гемоглобіну настає смерть від задухи. Цьому захворюванню наражаються насамперед діти.

Захворювання на метгемоглобінемію зустрічаються рідко, але тривале вживання води, продуктів харчування, що містять підвищену кількість нітратів, може викликати хвороби обміну речовин, опорно-рухової, нервової та імунної системи.

Вживання в їжу продуктів, багатих на нітрати і нітрити, призводить до гострих шлунково-кишкових розладів, отруень і хронічних захворювань.

Надмірна кількість нітратів і нітритів у рослинах у кислому середовищі реагують з вторинними амінами, утворюючи нітрузоаміни. Ці речовини можуть утворюватися в харчових продуктах при їх технологічній обробці, а також і в організмі тварини та людини, тому що в шлунку присутні бактерії, що трансформують нітрати в нітрити і далі в нітрузоаміни. Ці сполуки мають канцерогенні та мутогенні властивості і можуть викликати ракові захворювання у людини.

Певну шкоду завдають нітрати та тваринництва. Надлишок їх негативно позначається на здоров'ї та продуктивності тварин. У цьому випадку слабшає серцева діяльність, погіршується перетравність каротину. Симптоми отруєння - рясна слинотеча, блювання, часте дихання. У вагітних тварин можуть відбуватися аборти і народжуватися мертвими приплоди.

З утворенням метгемоглобіну пов'язана зміна крові з червоного до шоколадно-коричневого. Наявність понад 25% метгемоглобіну крові вказує на захворювання у тварин. Орієнтовні разові токсичні дози NO_3 (г/100 кг маси) становлять: велика рогата худоба – 50-90, свині – 60-90, коні 60-70, птахи - 90-130. Ще небезпечніші нітрити. Вони викликають токсикоз у тварин при утриманні у 5-15 разів більше, ніж нітрати.

З метою обмеження надходження до організму людини Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) встановила межу надходження нітратів для людини – 3,5 мг на 1 кг маси людини.

За даними вчених, краще, щоб денний «пайок» нітратів не перевищував 120-140 мг на добу. Оскільки овочі, фрукти та корми накопичують максимальну кількість нітратів саме для цієї продукції в Україні, як і в інших країнах, розроблено ГДК NO_3 (мг/кг сирової речовини) (табл. 4.5).

Крім вмісту нітратів у кормах регламентовано кількість фосфору та калію. Оптимальний для тварин вміст фосфору в сухій речовині пасовищного та лугового корму становить 0,6-0,7 % = P_2O_5 . Вміст калію в кормах не повинен перевищувати 3,0 % K_2O . Високі дози калійних добрив знижують вміст кальцію і магнію в рослинах, а відношення $\text{K}:(\text{Ca}+\text{Mg})$ перевищує норму – 2,2. Такий корм викликає захворювання худоби на гіпомагнієву тетанію (пасовищна тетанія).

Серед широкого спектру забруднювачів довкілля найбільш небезпечними є важкі метали. Найбільш токсичними для людини та тварин є так звана "велика четвірка" - миш'як (As), ртуть (Hg), кадмій (Cd), свинець (Pb).

Тяжкі метали є протоплазматичними отрутами. При підвищеному надходженні кадмію в організм людини спостерігається ушкодження нирок, носова кровотеча. Він має канцерогенну дію. При свинцевому токсикозі уражаються в першу чергу органи кровообігу (анемія), нервова система, нирки, при ртутному токсикозі спостерігається порушення обміну речовин та ураження печінки.

Таблиця 4.5 - ГДК нітратів в овочах, фруктах та кормах (мг/кг сирій речовини)

<i>Назва</i>	<i>Відкритий ґрунт</i>	<i>Назва</i>	<i>Відкритий ґрунт</i>
Овочі			
Картопля	250	Томати	150/300*
Капуста рання	900	Огірки	150/400*
Капуста пізня	500	Морква рання	400
Цибуля перо	400/800*	Морква пізня	250
Буряки столові	1400	Перець солодкий	200
Кабачок	400	Листові овочі	2000/3000*
Фрукти			
Яблуко	60	Гарбуз	60
Дині	90	Груша	60
Дитяче харчування	50	Вода	45 (мг/л)
Корма			
Силос	500	Сінаж	500
Сіно	1000	Зелений корм	300
Кормові буряки	1500	Кормова картопля	300
<i>Примітка * - закритий ґрунт</i>			

З метою запобігання надмірному надходженню важких металів в організм людини їх вміст у продуктах харчування регламентовано (табл. 4.6).

Токсичну дією на людину у підвищених концентраціях має і фтор. Людина щодня має вживати 3 мг фтору на добу. З одного боку, при нестачі фтору у людини виникає карієс зубів. В Україні у воді міститься мало фтору, і це захворювання набуло широкого поширення. Тому внесення

фосфорних добрив (з точки зору джерела фтору) є корисним. З іншого боку, при надлишку фтору у воді (вище 2 мг/л) спостерігається захворювання на флюороз (руйнування у людини емалі зубів), а вище 8 мг/л – флюороз кістяка.

Таблиця 4.6 – Гігієнічні нормативи якості та безпеки продовольчої сировини та харчових продуктів за вмістом важких металів (мг/кг)

Продукти харчування	Pb	As	Cd	Hg	Cu	Zn
Зерно продовольче (пшениця, жито, тритикале, овес, ячмінь, просо, гречка, рис, кукурудза, сорго)	0,5	0,2	0,10	0,03	10,0 15,0 (гречка)	50,0
Насіння зернобобового (горох, квасоля, маш, чина, сочевиця, нут, соя)	0,5	0,3	0,10	0,02	10,0	50,0
Крупа, толокно, пластівці	0,5	0,2	0,10	0,03	10,0 15,0 (гречка)	50
Борошно всіх видів, зокрема, для макаронних виробів	0,5 1,0 (соєва)	0,1 0,2 (соєва)	0,20 0,1 (соєва)	0,03 0,02 (соєва)	15,0 10,0 (гречка)	30,0 50,0 (соєва)
Хліб, булочні та здобні вироби	0,35	0,1	0,05	0,01	5,0	25,0
Свіжі та свіжоморожені овочі, картопля, баштанні фрукти, ягоди, гриби	0,5 0,4 (ягоди, фрукти)	0,2 0,5 (гриби)	0,03 0,01 (гриби)	0,05 0,05 (гриби)	5,0 10,0 (гриб)	10,0 20,0 (гриб)

До шкідливих домішок, що містяться в калійних добривах, належить хлор. У невеликих кількостях хлор необхідний для тварин та людини. Добова потреба людини в хлор становить 5-7 г.

Отже, екологічно безпечні мінеральні добрива – це засоби підвищення врожайності сільськогосподарських культур із мінімальним вмістом шкідливих речовин, пристосовані до певних ґрунтово-кліматичних умов і виготовлені з використанням сучасних еколого безпечних технологій, які не призводять до забруднення довкілля. Досягнення екологічної безпеки технологій застосування мінеральних

добрив повинно здійснюватися комплексом заходів нормативно-правового, організаційного та технологічного плану.

Щодо заходів нормативно-правового характеру, то слід відмітити, що екологічна безпека сьогодні знаходиться під контролем держави і регулюється нормативно-правовими актами, серед яких: Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища", Закон України "Про пестициди і агрохімікати", Закон України "Про відходи", Закон України "Про захист рослин", Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Постанова Верховної Ради України "Про основні напрями державної політики України в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки", Концепція екологічної безпеки України, Указ Президента України "Про державну стратегію України по охороні навколишнього середовища і забезпечення стійкого розвитку", "Санітарні правила по зберіганню, транспортуванню і застосуванню мінеральних добрив в сільському господарстві" №1049-73, Інструкція по екологічному обґрунтуванню господарської і іншої діяльності. Дані документи націлені загострити увагу громадських і державних органів влади на той факт, що забезпечення екологічної безпеки є потребою, задоволення якої у сукупності з іншими потребами створює можливості для розвитку особистості, суспільства і держави в цілому.

У зв'язку з підвищеною актуальністю проблеми захисту навколишнього середовища в Україні в останні роки почали створюватись спеціальні національні і міжнародні органи управління і контролю, на які покладено обов'язки щодо забезпечення екологічної безпеки регіону, держави, всього світового суспільства.

Проте, слід зауважити, що система існуючих в Україні екологічних нормативів недостатньо розвинута на сьогоднішній день і не охоплює всі аспекти безпеки довкілля при використанні мінеральних добрив. Причиною цього є також і нестача природно наукових критеріїв, придатних для оцінювання ідентифікації об'єктів навколишнього середовища, їх якісного стану і впливу на здоров'я людини.

4.8 Екологічні проблеми, що виникають при виробництві мінеральних добрив

До факторів негативного впливу на довкілля під час виробництва аміаку, мінеральних добрив та неорганічних кислот відносяться:

- викиди в атмосферу;
- стічні води;
- великотоннажні побічні продукти;
- інші чинники негативного впливу.

При зіставленні значень викидів/скидів аналогічних виробництв слід звернути увагу на можливі похибки, пов'язану з різним обсягом оброблюваного масиву даних, використанням різних методів аналізу, приладового парку, алгоритму перерахунку у необхідні величини тощо.

Існує проблема з віднесенням рівня емісій до конкретного виробництва: марка продукту (об'єднана звітність кількох виробництв, роздільна звітність одного виробництва, загальні очисні споруди, широкий асортимент ряд продукції), а також у зв'язку з тим, що різні марки продукції можуть вироблятися на тому самому обладнанні та емісії у повітря здійснюються (можуть здійснюватись) через одне джерело викиду.

До основних забруднюючих речовин (поллютантів), що викидаються в атмосферу, відносяться SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 , CO , NH_3 , сполуки фтору, NH_4NO_3 .

Виробництво аміаку, мінеральних добрив та неорганічних кислот вимагає великих витрат енергії, що отримується зазвичай за рахунок спалювання органічного палива із виділенням значних обсягів парникових газів. При цьому деякі підприємства (наприклад, з виробництва карбаміду) частково використовують CO_2 , що утворився як вихідну сировину, що дозволяє зменшити емісію діоксиду вуглецю.

Проте робота більшості підприємств супроводжується викидами в атмосферу, пов'язаними зі спалюванням природного газу або дизельного палива в турбінах, котлах, компресорах та інших системах для вироблення енергії та тепла. Дані викиди не можна вважати показниками, які коректно визначають рівень розвитку технологій, оскільки вони часто залежать від використовуваної сировини та виду палива і визначають переважно техніку та технологію отримання енергії.

Технологічні стічні води від виробництв мінеральних добрив містять компоненти такі як: фторид-іон (F^-), фосфат-іон (PO_4^{3-}), сульфат-іон

(SO₄), іон амонію (NH₄⁺), нітрат-іон (NO₃⁻), хлорид-іон (Cl⁻), обумовлені або складом сировини, або складом готових продуктів.

Способи зниження емісій наведені нижче:

- очищення стічних вод перед скиданням у зовнішні джерела;
- зниження утворення стічних вод за рахунок вторинного використання у виробничих процесах, організації та/або модернізації водооборотних циклів (зокрема використання безстічних систем);
- видалення в ізольовані водовмісні пласти гірських порід.

На всіх аналізованих виробництвах технологічні стічні води збираються, очищаються від забруднюючих речовин і спрямовуються на повторне використання у виробництві, дебалансні води, які не можуть бути використані, після очищення скидаються в поверхневі водні об'єкти або віддаляються у водовмісні пласти гірських порід.

В даний час закачування стічних вод у водовмісні гірські пласти порід застосовується тільки на одному підприємстві з виробництва мінеральних добрив та пов'язано це зі специфічними умовами спільного водокористування підприємств, що відносяться до різних галузей промисловості, у складі раніше існував хімкомбінату (у тому числі завод мінеральних добрив), при діяльності яких утворюються об'єднані води, для яких відсутні ефективні та економічно доцільні способи очищення. Так, біологічне очищення не прийнятне у зв'язку з токсичним впливом на біологічні об'єкти компонентів стічних вод, що утворюються у виробництві, не пов'язаному з випуском аміаку, мінеральних добрив та неорганічних кислот; використання ставків-випарників неможливо через кліматичні, географічні та геологічні особливості регіону (обводнення, опади, можливе потрапляння забруднюючих речовин у водний об'єкт, службовець для водопостачання великого населеного пункту).

На даний момент підприємство є єдиним, де успішно використовується закачування стічних вод із використанням найкращого (на момент будівництва) світового досвіду. Використання даного способу екологічно та економічно обґрунтовано, має всі необхідні дозвільні документи та результати експертиз.

Крім того, на згаданому підприємстві організовано мережу наглядових свердловин, моніторинг яких підтверджує виконання вимог промислової та екологічної безпеки.

Наявність на підприємствах установок для очищення стічних вод дозволяє попередити попадання забруднюючих речовин у водойми. Крім

того, очищена вода може бути повернена у виробництво шляхом організації водооборотних циклів (далі - ВОЦ), внаслідок чого скоротиться споживання води. Споживання свіжої води буде обумовлено поповненням втрат в результаті її випаровування, а також переходом води у продукцію та/або у відходи (у тому числі у вигляді кристалогідратної вологи).

В результаті абсорбційного очищення газів, що містять SiF_4 , утворюється кремнефторістоводнева кислота (H_2SiF_6), яка є побічним продуктом.

Її використання залежить від попиту на продукцію, одержувану на її основі. За відсутності попиту кремнефторістоводнева кислота нейтралізується з використанням додаткових ресурсів.

Наявність на підприємствах установок для очищення стічних вод дозволяє попередити попадання забруднюючих речовин у водойми. Крім того, очищена вода може бути повернена у виробництво шляхом організації оборотних циклів. При цьому споживання свіжої води пов'язане з необхідністю поповнення втрат, обумовлених її випаровуванням та переходом води у продукцію та (або) у відходи (у тому числі у вигляді кристалогідратної вологи).

Внаслідок великотоннажності розглянутих виробництв основні проблеми переробки та використання вторинних матеріальних ресурсів пов'язані з тим, що вони утворюються у великих кількостях. Це призводить до обмеженості ринку збуту наведених нижче продуктів:

- фосфогіпс, що утворюється під час виробництва ЕФК;
- конверсійна крейда (карбонат кальцію), що отримується в результаті конверсії нітрату кальцію, що утворюється в процесі азотнокислотної переробки фосфатного сировини;
- галітові відходи, які утворюються при виробництві хлористого калію. При виробництві фосфорної кислоти сірчано-кислотним способом на 1 т P_2O_5

ЕФК залежно від типу використовуваної фосфатної сировини утворюється 4,2-6,5 т фосфогіпсу (у перерахунку на сухий дигідрат сульфату кальцію). Виробництво 1 т хлориду калію супроводжується утворенням 2,7-2,9 т галітових відходів. При виробництві 1 т азофоски (нітроамофоски) одержують 0,2 т конверсійної крейди.

Надлишок утворених матеріалів направляють на спеціально організовані об'єкти сухого складування або за допомогою гідровидалення

направляють у гідротехнічні споруди (шламонакопичувачі, гіпсонакопичувачі та ін.).

До інших факторів негативного впливу на довкілля відносяться фізичні чинники. Джерелами фізичних впливів від діяльності підприємств є динамічне та інше обладнання.

Однак слід зазначити, що при дотриманні чинних норм та правил дані впливу не виходять за межі санітарно-захисної зони об'єкта негативного дії.

Найбільш значна небезпека пов'язана із поводженням та зберіганням NH_3 (летючий і отруйний у високих концентраціях), каустичної соди, азотної, сірчаної, фосфорної кислоти та органічних сполук, а також горючих газів, таких як природний газ, CO , Hg та інших. Їх вплив може бути пов'язаний із суттєвим гострим впливом на персонал та, можливо, на місцеве населення, залежно від кількості та типу викинутих при аварії хімічних речовин, а також умов для виникнення реакції або катастрофічної події, включаючи пожежу та вибух.

Підприємства цієї галузі можуть виділяти та (або) переробляти великі кількості горючих газів, таких як природний газ. Синтез-газ, що містить H_2 , що утворюється на установках з виробництва аміаку, може викликати струменеве горіння або призводити до вибуху парової хмари, утворення «вогненного кулі» або спалах хмари газоповітряної суміші.

Типові джерела викиду аміаку на стадії синтезу – це відсутність конденсації відпрацьованих газових потоків, що надходять з відділень уловлювання аміаку та сепараторів. Такі технологічно-відпрацьовані газові потоки утворюються в результаті присутності інертних газів у CO_2 та повітрі для пасивації з метою запобігання корозії. Ці газові потоки складаються з водню (H_2), кисню (O_2), азоту (N_2), аміаку (NH_3) та вуглекислого газу (CO_2). Певна кількість H_2 , O_2 та NH_3 може призвести до утворення вибухової газової суміші. Ризик зменшується за допомогою каталітичного спалювання H_2 , що міститься в CO_2 , до величини нижче 300 ppm або шляхом розведення відпрацьованих газових потоків вуглекислим газом чи азотом.

Аміачна селітра, NP/NPK-добрива або рідкі комплексні добрива, на їх основі самопідтримується розкладання (СПР) - це явище, коли добрива на основі нітратів починають мимоволі розкладатися, і цей процес поширюється по всій масі добрива без впливу зовнішніх джерел тепла

(проте в більшості випадків розкладання починається при дії деякого зовнішнього джерела тепла).

Для СПР АС при атмосферному тиску потрібна фіксована матриця, якою протікає реакція СПР розплавленої АС, а також каталізатор СПР НРК-добрив не викликає детонації. СПР може призвести до виділення великої кількості токсичних газів та пари, таких як NOx.

Навантаження/розвантаження та складування елементарної сірки при виробництві сірчаної кислоти. Існує ряд небезпек, пов'язаних з використанням елементарної (рідкої або твердої) сірки, яка є сировиною для виробництва сірчаної кислоти:

- виділення сірководню (H_2S) - дуже токсичний газ, що міститься в елементарній сірці, отриманої за методом Клауса, з подальшим його окисленням до діоксиду сірки (SO_2) киснем повітря;

- горючість сірки, яка легко спалахує в присутності кисню, при цьому виділяється діоксид сірки (SO_2) - також дуже токсичний газ. Точка займання рідкої сірки-168 °С-187 °С, самозаймання відбувається при 248°С-266 °С.

Самозаймання пилової хмари з твердих частинок відбувається за температури вище 191 °С.

Гідротехнічні споруди та відвали під час розміщення вторинних матеріалів. Дуже важливо витримувати параметри розміщення фосфогіпсу/фосфомелу як при вологому видаленні (гідротранспорт) у шлаконакопичувачах, так і при сухому розміщенні. При розміщенні фосфогіпсу/фосфомелу в гідротехнічних спорудах та відвалах існує небезпека (при неправильній експлуатації) обвалення схилу- греблі.

Споживання енергоресурсів нерозривно пов'язане із проблемою екологічного впливу на довкілля, яке надають вироблення енергії та транспорт, а також викиди парникових газів внаслідок спалювання вуглеводневого палива.

При виробництві азотних добрив витрачається значна частина енергії, зокрема зв'язування атмосферного азоту, який буде необхідний при виробництві аміаку.

При виробництві нітрату амонію, азотної кислоти з аміаку, сірчаної кислоти із сірки виробляються корисні енергоресурси, які можна використовувати для виробництва електроенергії, застосовуючи при цьому парові турбіни. При нейтралізації аміаку азотною кислотою з метою отримання нітрату амонію також виробляється енергія. Для випуску

добрив, що містять фосфор, потрібна енергія для виробництва фосфорної кислоти, її подальшої переробки у готові продукти.

Питання для самоконтролю

1. В чому причини несприятливого впливу мінеральних добрив на навколишнє середовище?
2. Назвіть негативні зміни у кругообігу азоту в агроєкосистемах України.
3. Які з важких металів є найбільш токсичними для людини та тварин?
4. До чого призводить вживання в їжу продуктів, багатих на нітрати і нітрити?
5. Від чого залежить, кількість втраченого азоту з кореневої зони?
6. В чому полягає шкідливий вплив нітратів на оточуюче середовище та організм людини?
7. Що призводить до непродуктивної витрати добрив, тобто до їх втрат?
8. Дайте визначення поняття біологічно якісної та екологічно чистої продукції сільського господарства.
9. Розкрийте значення азоту, фосфору та калію для росту і розвитку культурних рослин.
10. Назвіть шляхи оптимізації фосфорного живлення рослин?
11. Які переваги використання біологічного азоту в землеробстві?
12. Які шляхи забруднення нітратами сільськогосподарської продукції?
13. Назвіть чинники, від яких залежить вміст нітратів в продуктах рослинного походження?
14. Перелічить способи зниження емісій при виробництві мінеральних добрив.

5 ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Викладений матеріал з мінеральних добрив показує, що вони є основою кількості та якості продукції, можуть підвищувати врожайність сільськогосподарських культур в 1,5-2,0 рази, значно змінюючи їх якість. Добрива – основа відтворення родючості для ґрунтів, позитивного балансу елементів живлення та гумусу в системі.

Однак деякі добрива можуть негативно впливати на властивості ґрунтів і навколишнє середовище. До причин забруднення навколишнього середовища слід віднести:

- порушення у технології транспортування, зберігання, тукосмішення та внесення добрив;
- хімічний склад мінеральних добрив, наявність у них домішок токсичних речовин, таких як фтор, хлор, кадмій, свинець, миш'як та інші;
- при систематичному внесенні підвищених доз добрив вони можуть накопичуватися в ґрунті у значних кількостях, негативно впливати на її властивості та родючість, урожайність культур, їх якість, мігрувати у водойми, ґрунтові води;
- порушення співвідношення елементів живлення при внесенні під окремі культури, які зумовлюють дисбаланс поживних речовин при формуванні врожаю;
- порушення термінів та способів внесення добрив;
- використання різних промислових відходів, міських та побутових відходів без урахування їх хімічного складу та спеціальної підготовки;
- використання добрив без урахування водної ерозії ґрунтів.

Концепція сучасного екологічно безпечного землеробства передбачає таку систему застосування добрив, яка забезпечувала б отримання рослинницької продукції високої якості з допустимим вмістом нітратів, важких металів та інших поллютантів (забруднюючих речовин), виключала б забруднення навколишнього середовища і водночас час гарантувала б заплановану врожайність сільськогосподарських культур.

Проблема економного використання добрив завжди була актуальною. Втрати мінеральних добрив у процесі їх застосування – це колосальна кількість енергії, яка витрачається на їх виробництво і недоотримана частина врожаю. Кожен відсоток зменшення втрат

мінеральних добрив обертається мільйонами гривень економії, збереженням значної кількості трудових, сировинних та енергетичних ресурсів, а також зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище.

Вченими багатьох країн, у тому числі й українськими, розроблено комплекс заходів, спрямований на запобігання забруднення біосфери добривами. Серед основних заходів щодо охорони навколишнього середовища при використанні мінеральних добрив можна виділити такі:

- організаційні;
- агротехнічні;
- біологічні;
- хіміко-технологічні;
- контролюючі.

5.1 Організаційні заходи

Організаційні заходи спрямовані на організацію екологічно безпечного перевезення, зберігання та внесення добрив. Мінеральні добрива, одержувані на тукових заводах, у своєму складі містять основний елемент живлення та деякі домішки, які можуть забруднювати ґрунт та негативно впливати на розвиток рослин.

Мінеральні добрива одержують на тукових заводах, розташованих на значній відстані від споживачів. Їх транспортують залізничним, водним та автотранспортом, іноді не дотримуючись герметичність вагонів, барж, машин. Це призводить до втрат фізичної маси добрив. За даними агрохімслужби вони становлять від 10 до 20%, а іноді і до 50%.

Перевозити добрива від заводу до поля потрібно у спеціально обладнаному транспорті, що виключає втрати добрив. Необхідно організувати екологічно безпечне зберігання добрив. Кращий спосіб зберігання мінеральних добрив – на складах чи спеціально обладнаних майданчиках для зберігання добрив.

Одним із шляхів вирішення проблеми складських приміщень може бути використання для зберігання азотних та фосфорних добрив спеціальних м'яких пластикових контейнерів типу "Біг-бег" з подальшим складуванням їх на пристосованих майданчиках.

Мінеральні добрива в господарствах повинні зберігатися у спеціальних складських приміщеннях, що відповідають певним технічним умов.

1. Склад має бути дерев'яним, цегляним, бетонним, добре провітрюваний, з в'їздом та виїздом.

2. Підлога в складах може бути глинобитна або бетонна.

3. Розміщувати слід на височини з глибоким заляганням ґрунтових вод, на відстані не менше 200 м від населених пунктів, ферм.

4. У середині складу територія має бути поділена на секції, у центрі проїзд для машин. Кожен вид добрив слід розміщувати у окремій секції.

5. Дах складу може бути дерев'яним, бетонним або з шиферу, ні в якому разі не залізний. Виділення з добрив під час зберігання викликають корозію металу.

6. За наявності малогабаритної техніки для завантаження мінеральних добрив до машин при їх внесенні можна купувати добрива в спеціальних контейнерах і зберігати в полі.

7. Не можна зберігати добрива у полі насипом чи мішках. Основна частина добрив – водорозчинні солі. При зберіганні таких добрив у полі за рахунок атмосферних опадів різко погіршуються фізичні властивості, знижується вміст діючої речовини. Так, при неправильному зберіганні суперфосфату кількість засвоюваного фосфору може знижуватися до 2-3%. Мінеральні солі любить худоба, при вживанні в у великих кількостях вони можуть стати отрутою для нього. За рахунок вимивання аніонів (Cl , SO_4 , NO_3) спостерігається забруднення водойм та ґрунтових вод.

З метою зниження втрат біогенних елементів та рівня забруднення повітря токсичними газами (аміаком, сірководнем тощо) бурти твердих органічних добрив при зберіганні необхідно покрити шаром адсорбуючих матеріалів торфом, тирсою, соломою. Необхідно використовувати техніку для внесення добрив, що забезпечує рівномірне їх внесення. В даний час цим вимогам відповідає техніка для внесення розчинів добрив: різні марки обприскувачів, що забезпечують нерівномірність внесення лише на рівні 5-10%. Вимогам високої рівномірності внесення відповідають усі імпортні машини для внесення добрив.

5.2 Агротехнічні заходи

Агротехнічні заходи включають елементи науково обґрунтованої системи добрив:

- застосування диференційованих (розрахункових) доз добрив під кожен культуру;
- дотримання технологічної дисципліни (прийомів, термінів і способів внесення добрив);
- використання оптимальних форм добрив, що забезпечують максимальне використання та мінімальні втрати елементів живлення.

Забруднення навколишнього середовища не спостерігається, якщо мінеральні добрива вносять у суворій відповідності до планів їх застосування, розробленими на ЕОМ для кожного господарства, в яких дози та співвідношення елементів мінерального живлення встановлені з урахуванням рівня запланованої врожайності та виведення елементів живлення сільськогосподарськими культурами, основних ґрунтових характеристик: типу та гранулометричного складу, запасу поживних речовин, ступеня кислотності, попередника. Така система добрив обов'язково містить обмеження максимальних доз азотних добрив, а також екологічні регламенти, що передбачають максимальне надходження азоту з органічними та мінеральними добривами, обмеження на внесення фосфорних, калійних та мікродобрив (табл. 5.1 та 5.2).

При вирощуванні зернових культур рекомендовані дози азоту необхідно коригувати за даними ґрунтової та рослинної діагностики, що дозволить регулювати стан азотного режиму ґрунту протягом усього періоду. Основним критерієм застосування рідких органічних добрив має бути гранично допустиме навантаження по азоту – 200 кг/га, а умовах зрошення – 300 кг/га. Забезпечити таке навантаження можна за умов дотримання максимальної щільності поголів'я на 1 гектар сільгоспугідь.

Комплексне внесення мінеральних добрив у ґрунт надає багатосторонній вплив на ґрунт:

- підкислює або підлужує його середовище за рахунок фізико-хімічного обмінного поглинання, взаємодії із рослинами;
- може змінювати біологічну та ферментативну активність;
- сприяти або протистояти хімічному поглинанню біогенних та токсичних елементів;
- сприяти засвоєнню чи ослабленню дії інших елементів.

Систематичне внесення фізіологічно кислих добрив призводить до зсуву реакції середовища в кислий інтервал, фізіологічно лужні добрива в лужну сторону. У цьому випадку необхідно нейтралізувати кислотність ґрунту та створити оптимальні умови для росту та розвитку рослин, засвоєння поживних речовин.

Таблиця 5.1 – Екологічні обмеження застосування добрив на дерново-підзолистих ґрунтах

Обмеження	Ґрунти			
	суглинкові	супіщані	піщані	
1. Максимальне надходження азоту з органічними та мінеральними добривами, кг/га	300	180	200	
2. Обмеження на внесення добрив при вмісті елементів у ґрунті більше зазначених значень, мг/кг ґрунту:	P ₂ O ₅	400	300	250
	K ₂ O	400	300	200
	B	1	1	1
	Cu	5	5	5
	Zn	10	10	10
3. На вапнуванні при рНксі більше	6,7	6,2	5,8	

Таблиця 5.2 – Екологічно безпечні дози азоту під сільськогосподарські культури

Культура	Доза азоту, кг/га
Зернові, картопля	120
Цукрові буряки, кукурудза, ріпак	150
Кормові коренеплоди, багаторічні злакові трави	180
Морква, огірок, буряки столові, томати, цибуля	90
Капуста	120

При високих дозах азоту необхідно використовувати і вищі дози фосфору. При нестачі фосфору не відбувається утворення білків, накопичуються вільні нітрати.

Оптимізація застосування добрив передбачає не лише внесення макроелементів, а й мікроелементів. Високі дози азоту підвищують урожайність овочевих культур: білокачанної капусти, моркви, томатів, огірків. Однак у ряді випадків це зумовлює продукцію більш високе накопичення вільних нітратів. Крім того, необхідно зазначити, що з азотними добривами в ґрунт надходять баластові речовини, у тому числі важкі метали, такі як свинець, кадмій, мідь та цинк.

Фосфор мінеральних добрив, що у ґрунт міцно закріплюється ґрунтовими колоїдами за рахунок хімічного та обмінного поглинання. Швидкість його переміщення в глиб ґрунтового профілю не перевищує 0,2-0,5 мм на рік. Навіть при поверхневому внесенні добрив вимивання фосфору вбирається у 1 % від внесеної дози. Значна частина цього елемента потрапляє у водойми з твердими ґрунтовими частинками, викликаючи посилену евтрофікацію водойм. Цвітіння води внаслідок бурхливого розвитку водоростей виникає тоді, як у воді концентрація фосфору перевищує 0,1 мг/л. Крім того, фосфор, утворюючи лігандні комплекси, залучає до кругообігу багато важких металів, підвищення мобільності яких призводить до забруднення природних вод і до більшого поглинання їх культурними рослинами.

Мінеральні добрива – головне джерело забруднення водойм калієм. Середні величини вимивання калію із ґрунту -20-25 кг/га. Калій не викликає евтрофікацію водойм, але практично всі калійні добрива містять хлор. У присутності великої кількості хлору у ґрунті можуть утворюватися хлорорганічні сполуки. При внесенні 60 кг/га діючої речовини хлористого калію рослинами поглинається приблизно 10 кг/га хлору, а решта його кількість вимивається у дренажні води. ГДК цього елемента у місцях водопостачання становить 0,25-0,5 мг/л. Надмірне внесення калійних добрив порушує баланс магнію, натрію кальцію та бору у ґрунті, що негативно позначається на харчуванні рослин цими елементами.

Оптимальне співвідношення основних добрив під різні сільськогосподарські культури істотно знижує надходження токсичних елементів рослини, зокрема радіонуклідів ^{90}Sr , ^{137}Cs . Властивості радіонукліду цезію схожі на властивості калію, стронцію з кальцієм.

У ґрунтовому розчині калій інгібує надходження в коріння рослин ^{137}Cs , кальцій ^{90}Sr у 4,5-10 разів.

В даний час на основі наукових досліджень розроблено систему агрозаходів щодо зниження та очищення територій, де спостерігається забруднення радіонуклідами при викидах промисловими підприємствами, атомними станціями.

1. Розведення радіонуклідів, що надходять у ґрунт, в ультромікрокількостях калієм у вигляді KCl і кальцієм у вигляді CaCO_3 .

2. Закладення забрудненого шару ґрунту в підорні шари на глибину до 70 см за межі поширення діяльності кореневої системи рослин.

3. Підбір культур та сортів, що йдуть на продовольчі цілі з мінімальним винесенням радіонуклідів.

4. Підбір культур та сортів з метою збільшення виносу радіонуклідів для спалювання їх з подальшим закопуванням на глибину до 2,5 м.

Завдання агрохімії в екології:

1. Екологічне обґрунтування використання агроландшафтів та контроль їх використанням.

2. Екологічна експертиза внутрішньогосподарських проєктів, меліорації ґрунтів, систем добрив та захисту рослин.

3. Відтворення родючості ґрунтів шляхом внесення хімічних речовин елементів у ґрунт, що визначаються точними розрахунками.

4. Оптимізація круговороту та балансу хімічних елементів у сільськогосподарських угіддях та природних біоценозах.

5. Розробка методів визначення параметрів живлення рослин при додаванні в середу одних хімічних елементів і переведенні в невлімовимі форми інших для одержання сільськогосподарської продукції заданого елементного складу.

6. Вивчення регуляторних функцій мікроелементів та його ролі у реалізації адаптивних властивостей рослин.

7. Охорона ґрунтів та рослин, природних вод від забруднення важкими металами.

8. Вивчення енергозберігаючих, що забруднюють довкілля технологій застосування добрив, меліорантів.

9. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу.

10. Моніторинг вмісту всіх елементів у добривах, ґрунтах, повітрі, поливній та питній воді, рослинах та тваринах.

5.3 Біологічні заходи

У зв'язку з орієнтацією рослинництва на екологічну та економічну доцільність зростає значення біологічного азоту у землеробстві: симбіотичної, асоціативної азотфіксації. Важливим аргументом на користь застосування бактеріальних симбіотичних та асоціативних добрив є повна безпека для людини та навколишнього середовища, виключення екологічного ризику та можливість обмеження доз мінеральних добрив.

Бактеріальні добрива забезпечують підвищення врожайності та якості рослинницької продукції за рахунок біологічної мобілізації основних елементів харчування, стимуляції зростання, а також виконання фітосанітарної функції, підвищуючи стійкість рослин до корневих інфекцій. Сьогодні добре використовуються сапроніт (штами бульбочкових бактерій), азобактерин, ризобактерін (асоціативні азотфіксатори), фітостимофос (фосфатмобілізуючі бактерії), каліплант (каліємобілізуючі бактерії).

Процес біологічної фіксації азоту не забруднює довкілля й не потребує значних енергетичних витрат. Про значущість біологічної азотфіксації свідчить той факт, що у світовій практиці сільського господарства щороку в ґрунт із мінеральними добривами вноситься 35 млн т азоту, тоді як за цей самий час рослини поглинають із ґрунту приблизно 75 млн т цього елемента. Різниця між цими кількостями покривається завдяки діяльності мікробів- азотфіксаторів, насамперед бульбочкових бактерій, які зв'язують молекулярний азот у легкозасвоювані для рослин форми. Бульбочкові бактерії селяться на корінні бобових рослин, ініціюють утворення корневих бульбочок, після чого між рослиною і бактеріями виникає симбіоз. Зокрема, бактерії зв'язують молекулярний азот атмосфери, передають його рослині, яка, у свою чергу, забезпечує їх продуктами фотосинтезу та іншими поживними речовинами.

Нітрагінізація (інокуляція - обробка насіння перед висівом бульбочковими бактеріями) підвищує продуктивність бобових у середньому на 10–25%, вміст білка в рослинній продукції - на 2–3%. Потенційні розміри симбіотичної азотфіксації можуть сягати від 130 до 390 кг фіксованого азоту на 1 га для зернобобових культур і від 270 до 550 кг азоту на 1 га - для багаторічних бобових трав. Рівень прибавки врожаю залежить від особливостей культури, стану ґрунтів і погодних

умов. Збільшення накопичення біологічного азоту в урожаї за умов інтродукції ефективних штамів бульбочкових бактерій становить 30–50% для зернобобових і досягає 60–80% для бобових трав. Крім того, після збирання цих культур у ґрунті залишається 50–100 кг азоту на гектар і пригнічується активність фітопатогенних мікроорганізмів.

Про недостатність упровадження в Україні цього напрямку свідчить те, що на сьогодні лише 30–35% насіння бобових культур (здебільшого сої) інокулюється препаратами бульбочкових бактерій. В останні два-три роки зріс інтерес виробників до мікробних препаратів для інокуляції насіння нуту та сочевиці. У США поряд із застосуванням мінеральних добрив азотний дефіцит ґрунту значною мірою покривається активізацією біологічних процесів.

Вирощування багаторічних трав, використання підстилкового гною, соломи та інших органічних добрив забезпечує збереження ґрунтової родючості, зменшує в порівнянні з мінеральними добривами екологічне навантаження.

Вирощування проміжних культур дозволяє зберегти в ґрунті від 25 до 75 кг/га елементів живлення. Підбір культур, що найменше накопичують важкі метали, є одним з біологічних прийомів зниження (в 2-3 рази) накопичення їх у рослинницькій продукції. Ґрунти з високим вмістом важких металів рекомендується відводити під посіви ріпаку на маслонасіння, озиме жито, пшеницю, з багаторічних трав – їжу збірну, тимофійку лучну.

Біологічні заходи включають адаптивну селекцію, спрямовану на виведення сортів, по-перше, з низьким рівнем поглинання агрохімікатів, по-друге, стійких (толерантних) до підвищеної концентрації у ґрунті та атмосфері.

5.4 Хіміко-технологічні та контролюючі заходи

Хіміко-технологічні заходи - суть цих заходів зводиться до усунення недоліків мінеральних добрив. Удосконалення хімічного складу та асортименту мінеральних добрив відбувається шляхом створення та застосування повільно діючих форм азотних добрив, що забезпечують мінімальні втрати азоту та максимальне його засвоєння. Азототукова промисловість вже випускає повільно діючі добрива: сечовину з

гідрогуматом, сульфат амонію із захисним покриттям. Крім того, зниження екологічного навантаження забезпечує створення та застосування добрив з мінімальною кількістю важких металів та інших супутніх елементів, а також використання хімічно нейтральних комплексних добрив з добрими фізичними та механічними властивостями.

В останній час все більшу увагу привертає проблема створення мінеральних добрив з регульованою швидкістю віддачі ними поживних елементів. Одним з перспективних видів висококонцентрованих мінеральних добрив може бути триаміноксид фосфору (V) (триамідфосфорил) $\text{PO}(\text{NH}_2)_3$ (43.1 % N, 74.06 % P_2O_5). Він гідролізується через діамідо- і моноамідо-фосфати до ортофосфату амонію і в результаті цього діє сповільнено.

Сповільненого переходу будь-яких водорозчинних речовин до ґрунтового розчину можна досягнути покриттям гранул добрива плівками з високомолекулярних сполук (капсулюванням добрив), чи у випадку використання гранульованих добрив, отриманих з порошків з добавками з цих же сполук (наприклад, поліакриламід) чи речовин, що полімеризуються. Проникні для води і водних розчинів полімерні плівки, що покривають гранули водорозчинних добрив, сповільнюють перехід поживних речовин до ґрунту більшою, чи меншою мірою, залежно від товщини і складу полімерної плівки. Непроникні плівки, знаходячись у ґрунті, повинні з тією чи іншою швидкістю руйнуватися, після чого вміст добрива починає надходити до ґрунтового розчину. У цьому випадку відбувається процес регулювання не інтенсивності розчинення мінеральних добрив, а початок цього процесу.

Капсулювання – це технологічний процес поміщення частинки однієї речовини в оболонку з іншої речовини, інертної у відношенні до першої.

Капсулювання передбачає ізоляцію частинок капсульованої речовини від навколишнього середовища та одну від одної без регламентації структури, розмірів та форми складових елементів капсули – ядра та оболонки. Ізоляція частинок від навколишнього середовища та між собою створюється за допомогою дифузійної перешкоди, яка утруднює, або повністю виключає взаємодію капсульованої речовини з навколишнім середовищем.

Основним завданням процесу капсулювання мінеральних добрив є створення добрив з регульованою швидкістю вивільнення елементів

живлення, але паралельно капсулюванням можна покращити ряд основних фізичних характеристик мінерального добрива.

Капсулювання добрива збільшує їх міцність, а також зменшує гігроскопічність і злежуваність, що відповідно дає можливість зберігати добрива триваліший час без втрати їх якісних показників і значно зберегти витрати на зберігання і транспортування добрив. Також покращується сипкість добрив, що забезпечує рівномірність їхнього внесення відповідною технікою.

Контролюючі заходи. Найважливішою умовою не тільки збереження, а й покращення природного середовища є добре налагоджена служба контролю за вмістом залишків засобів хімізації в об'єктах довкілля.

Контроль за якістю продукції в республіці здійснюють обласні лабораторії аналітичного контролю (Міністерство природних ресурсів та охорони навколишнього середовища), агрохімслужба (Мінсільгосппрод) та центри гігієни, епідеміології та охорони громадського здоров'я (МОЗ).

Організація контролю здійснюється у такому порядку:

1. Вибір об'єкта контролю.
2. Контроль за вмістом нітратів, важких металів та інших залишків застосування добрив у ґрунті, продуктах рослинництва, тваринництва та у водних об'єктах, атмосфері.
3. Оцінка результатів контролю з використанням нормативів допустимого змісту (ГДК, МДУ) агрохімікатів в об'єктах довкілля.
4. Прогнозування забруднення об'єктів довкілля агрохімікатами.
5. Розробка рекомендацій щодо запобігання забруднення контрольованих об'єктів засобами хімізації.

Комплексне вирішення екологічних проблем у сучасному землеробстві можливе на основі врахування великого розмаїття ґрунтово-кліматичних агробіоценозів та всієї сукупності компонентів «ґрунт – атмосфера – вода – рослини – тварина – людина», тобто. на організації агроекологічного моніторингу (спостереження, оцінка, прогноз стану навколишнього середовища).

Інформація, отримана на основі моніторингу щодо вивчення впливу добрив на ґрунт, рослини, водні джерела, атмосферу дозволяє сформувати єдину базу даних та розробити екологічно безпечні системи добрив, що забезпечують отримання високоякісної рослинницької продукції та збереження навколишнього середовища.

Вирішення екологічних проблем неможливе без високої відповідальності, професійної майстерності та екологічної підготовки спеціалістів агропромислового комплексу.

Порушення технології застосування хімічних засобів у землеробстві, близьке розташування до земель сільськогосподарського призначення промислових підприємств та інших зовнішніх умов призводить до техногенного забруднення ґрунтів.

У зв'язку з цим у країнах Європи та деякими вченими в Україні ставиться питання про розробку нових технологій обробітку ґрунтів, про перехід на альтернативні системи землеробства на противагу інтенсивним. Це мінімальна обробка орного шару ґрунтів на 10 см, мінімальне застосування мінеральних добрив і насамперед азотних, вважаючи, що вони призводять до забруднення продукції вільними нітратами. Згідно науковим дослідженням перетворення азоту мінеральних та органічних добрив у ґрунті за сприятливих умов процесу нітрифікації йде до азотної кислоти з утворенням селітр. Технічний азот дорогий і тому доцільно шукати інший шлях забезпечення рослин азотом.

Аналіз сучасного землеробства показує, що систематичне підвищення його продуктивності залежить не від альтернативних систем землеробства, а від раціонального землеустрою з урахуванням агроландшафту, систем сівозмін, добрив, що забезпечують поліпшення агрофізичних, біологічних та агрохімічних властивостей ґрунтів з метою створення оптимальних умов харчування рослин усіма макро- та мікроелементами, екологічно безпечної системи захисту рослин від шкідників та хвороб. Будь-яка система землеробства має бути спрямована на вирішення наступних завдань:

- відтворення родючості ґрунтів,
- висока продуктивність агробіоценозів,
- висока екологічно чиста якість продукції рослинництва,
- висока рентабельність виробництва рослинницької та тваринницької продукції,
- зниження енергоємності технологій,
- охорона навколишнього середовища.

Поряд з органічними та мінеральними добривами у рішенні цих завдань велику роль відіграють науково-обґрунтовані плодозмінні сівозміни з обов'язковим включенням сидеральних культур у чистих парах або розміщення їх у проміжних посівах зернових та інших культур.

Основою відтворення родючості ґрунтів є створення бездефіцитного балансу гумусу шляхом накопичення його за рахунок одержуваної в сівозмінах біомаси.

У якості зелене добрива придатні гірчиця біла, ріпак ярий та озимий, фацелія, райграс однорічний, буркун, люпин багаторічний.

Проміжні посіви сидератів у польових сівозмінах та після збирання зернових позитивно впливають на агрофізичні, фітосанітарні властивості ґрунту, покращують баланс гумусу, захищають ґрунт від ерозії, сприяють охороні навколишнього середовища та отримання екологічно чистої продукції. У органічній масі сидератів більш сприятливе співвідношення $3 : N (10 : 1)$, ніж добре підготовленому гною ($20 : 1$). Внесення органіки з вузьким співвідношенням вуглецю до азоту підвищує біологічну активність ґрунтів, посилює процеси мінералізації органічної речовини, що зумовлює накопичення поживних речовин та їх використання рослинами.

Так, тривале використання гірчиці білої як поживної культури в зерновій сівозміні (4 ротації) підвищувало надходження органічної речовини у ґрунт на 32 %, а з ним вуглецю на 58 %. При одночасному заоранні сидератів та соломи збільшення вуглецю досягало 87 %. Поєднання сидератів із мінеральними добривами дозволило забезпечити бездефіцитний баланс гумусу. Урожайність зернових у сівозміні з поживним посівом сидератів збільшилась в середньому на 5,6 ц/га порівняно із зернотрав'яним. Поживна сидерація у кілька разів підвищувала біологічну активність сапрофітної мікрофлори, знижуючи кількість ґрунтових грибів – збудників хвороб, знижувалася захворюваність на картоплі паршею. Врожайність картоплі підвищувалася на 86 %.

Питання для самоконтролю

1. Основні засади забруднення довкілля при застосуванні мінеральних добрив.
2. Екологічно безпечні вимоги до транспортування та зберігання добрив.
3. Шляхи забруднення довкілля під час використання мінеральних добрив.
4. Хімічний склад добрив та забруднення важкими металами ґрунту та рослин.

5. Оптимальний і токсичний вміст Zn, Pb, Cu, Co у ґрунтах та рослинах.
6. Технологічні порушення при внесенні добрив у ґрунт.
7. Поняття біологізації землеробства та її значення у продуктивності різних сівозмін.
8. Біла гірчиця та її значення як сидерату при вирощуванні як пожнивної культури в зернових сівозмінах.
10. Негативна дія рухомих форм алюмінію та марганцю на властивості ґрунтів та рослин.
12. Основні причини забруднення рослин нітратами.
11. Шляхи зменшення вмісту нітратів у продукції.

6 ОПИМАЛЬНЕ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЯК ШЛЯХ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАЛОСТІ

6.1 Визначення доз мінеральних добрив на основі польових досліджень

Основою для планування застосування мінеральних добрив, встановлення оптимальних доз та співвідношення поживних речовин добрив під сільськогосподарські культури є результати польових дослідів. У різних ґрунтово-кліматичних зонах країни польові досліді з добривами проводяться досвідченими станціями, науково-дослідними інститутами та зональними агрохімічними лабораторіями за єдиними схемами. На підставі узагальнення результатів географічних польових дослідів виявляються закономірності зміни ефективності добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки та інших факторів, розробляються рекомендації щодо їх раціонального застосування.

В першу чергу мінеральні добрива вносяться під культури, виробництво яких має важливе народногосподарське значення. Повністю забезпечуються добривами посіви на меліорованих землях з регульованим водним режимом, що обумовлено їх високою ефективністю при зрошенні та можливістю швидко окупити значні капіталовкладення на меліорацію земель.

Урожай сільськогосподарських культур зростає в прямої залежності від збільшення доз добрив до певного рівня, при якому досягається найбільша оплата одиниці поживної речовини добрива одержуваної продукцією. У цьому інтервалі доз врожайність від додаткового внесення добрив зростає як з одиниці площі, так і з розрахунку на одиницю добрива. При подальшому підвищенні доз добрив відбувається збільшення врожаю з одиниці площі, але величина добавок від зростаючих доз та окупність добрив продукцією поступово знижується. Після досягнення максимальної врожайності з одиниці площі подальше збільшення доз добрив стає недоцільним. Підвищення дози добрив економічно виправдано до того моменту, поки вартість збільшення врожаю окупає витрати, пов'язані із застосуванням додаткової кількості добрив. При обмеженій забезпеченості добривами краща доза, та що дозволяє отримати найвищу оплату одиниці добрива. При повній забезпеченості основною метою має бути отримання максимально можливого виходу продукції з одиниці площі і вирішуватися завдання збереження та підвищення родючості ґрунту.

Визначення оптимальної дози розробки системи добрива – одне з найважливіших і складних питань. Це зумовлено як складністю взаємодії між рослиною, ґрунтом, добривом, агротехнікою, погодними умовами, а й різноманіттям методів розрахунку оптимальної дози.

Під *оптимальною* розуміють таку дозу добрива, яка забезпечує одержання запланованого врожаю культури з виходом продукції необхідної якості, дає максимальний дохід з одного гектара та можливість підвищувати чи зберігати родючість ґрунту на заданому рівні.

Слід розрізняти норму та дозу добрива. Норма добрива – це кількість добрива у кілограмах діючої речовини на гектар, що вноситься під культуру за період її вегетації; доза добрива – це кількість добрива у кілограмах діючої речовини на гектар, що застосовується в один прийом.

В даний час є велика кількість методів визначення потреби рослин у добривах. Тут можна виділити два напрями у підході до встановлення оптимальних доз добрив.

Польові багаторічні дослідження – основний метод визначення доз добрив. Зональні рекомендації щодо застосування добрив під сільськогосподарські культури розробляються на підставі агроекономічної оцінки результатів польових дослідів щодо вивчення ефективності видів, форм, доз та способів внесення добрив до типових для зони ґрунтово-кліматичних умов. Рекомендовані зональні дози добрив (таблиці 6.1) повинні коригуватися стосовно конкретних умов господарства залежно від агрохімічних властивостей ґрунту.

Відомі різні методи та підходи до уточнення рекомендованих за результатами польових дослідів доз добрив. Найбільш простий та поширений метод з використанням поправочних коефіцієнтів, що враховує ступінь забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками поживних речовин.

Рівень забезпеченості рослин доступним азотом оцінюють за двома показниками: вмістом гідролізованого азоту за Тюріном – Коновою та нітрифікаційною здатністю за Кравковим. Азот у ґрунті дуже рухливий і легко переходить з однієї форми до іншої, тому угруповання ґрунтів за вмістом доступного азоту менш надійна.

У виробничих умовах під час обробітку однорічних культур зазвичай враховують запаси поживних речовин, що є тільки в орному шарі. Глибокі горизонти мають істотне значення для чагарників, деревних порід і виноградників.

За методом Н.М. Михайлова та В.П. Кніпер середньою дозою добрива прийнято за одиницю і віднесено до групи ґрунтів за вмістом у

них рухомих форм фосфору і калію: для зернових – з низьким вмістом, для просапних – із середнім вмістом, для овочевих – із підвищеним вмістом.

Таблиця 6.1 – Приблизні дози добрив під овочеві культури

Культура	Урожайність, т/га	Доза внесення добрив, д.р., кг/га		
		N	P	K
Томати	4,5	50	90	40
Капуста				
середня	4,0	20	50	40
рання	4,0	20	50	40
пізня	4,0	50	70	45
Цибуля	30	120	135	90
Часник	10	115	65	65
Огірки	30	90	90	90
Морква	30	60	100	100
Горох овочевий	15	60	60	60
Баклажани	30	90	40	90
Перець	30	90	40	90

При іншому вмісті у ґрунті рухомих форм поживних речовин середні дози добрив відповідно змінюються: при нижчому вмісті збільшуються, більш високому – зменшуються.

Угруповання ґрунтів за вмістом у них рухомих форм елементів живлення для різних груп культур представлені в таблиці 6.2.

Для визначення доз добрив під культуру на конкретному полі за картограмами встановлюється рівень забезпеченості ґрунту доступними формами елементів харчування. Показники третього класу характеризують середню забезпеченість ґрунту елементами живлення для зернових культур, а четвертого та п'ятого відповідно для більш вимогливих до рівня живлення просапних та овочевих культур. При більшому, ніж середнє, вмісті поживних речовин у ґрунті рекомендована доза добрив під сільськогосподарські культури зменшується, при меншому підвищується. При забезпеченості ґрунтів рухомими формами елементів живлення на один клас нижче чи вище, ніж середня, доза змінюється на 25-30%, але в два класу – в 1,5 разу.

Таблиця 6.2 - Угрупування ґрунтів за змістом рухомих форм елементів живлення

Група з забезпеченості	Вміст у ґрунті, мг/кг			Забезпеченість		
	нітрифікуюча здатність (по Кравцову)	P ₂ O ₅	K ₂ O	ярі зернові, кукурудза, соняшник, бобові	озима пшениця, цукровий буряк, тютюн, рис	овочеві, плодові, виноград
Чорноземи вилужені (за Чиріковим)						
1	< 8	< 50	< 80	дуже низька	дуже низька	дуже низька
2	8 – 15	50 - 100	31 - 60	низька	дуже низька	дуже низька
3	15 – 30	100 - 150	60 – 90	середня	низька	дуже низька
4	30 – 40	50 - 200	90 – 120	підвищена	середня	низька
5	45 – 60	200 - 300	120 - 180	висока	підвищена	середня
6	> 60	> 300	> 180	дуже висока	висока	підвищена
Чорноземи звичайні (по Мачигіну)						
1	< 5	< 10	< 100	дуже низька	дуже низька	дуже низька
2	5 - 8	10 - 15	100 - 200	низька	дуже низька	дуже низька
3	8 - 15	15 - 30	200 - 300	середня	низька	дуже низька
4	15 - 30	30 - 40	300 - 400	підвищена	середня	низька
5	30 - 40	45 - 60	400 - 600	висока	підвищена	середня
6	> 50	> 60	> 600	дуже висока	висока	підвищена

Для визначення норм добрив у сівозміні рекомендується метод балансу з визначенням винесення поживних речовин під заплановані врожаї всіх культур сівозміни та відшкодуванням цього виносу при внесенні добрив з урахуванням інших джерел поповнення виносу (мобілізація поживних речовин з ґрунту, азотфіксація та накопичення азоту із атмосфери). При розробці системи добрив в сівозміні необхідно враховувати не тільки біологічні особливості культури, потреби в елементах живлення, але й післядію раніше внесених добрив.

Поправочні коефіцієнти до середніх доз добрив залежно від забезпеченості ґрунту елементами харчування уточнюються зональними науковими агрохімічними установами для різних сільськогосподарських культур стосовно умов їх вирощування.

При встановленні доз добрив під виноградники обов'язково враховується рівень забезпеченості рослин ґрунтовою вологою, а також біологічні особливості рослин – інтенсивність росту.

Відсутність досить надійного методу оцінки забезпеченості ґрунту азотом не дозволяє коригувати середні дози азотних добрив для плодкових та виноградників за даними ґрунтового аналізу.

Однак, якщо дозу фосфору або калію за аналізами ґрунту буде збільшено, то середню дозу азоту також підвищують до цього рівня. При зниженні доз фосфору та калію середню дозу азоту залишають без зміни.

6.2 Розрахункові методи визначення доз мінеральних добрив

В даний час є кілька методів розрахунку доз мінеральних добрив. Найбільш об'єктивну вихідну інформацію таких розрахунків отримують за результатами узагальнення даних польових дослідів з добривами.

Оскільки польові досліді не охоплюють всі умови для вирощування сільськогосподарських культур, дози мінеральних добрив диференціюють відповідно до встановлених у досліді загальних закономірностей, використовуючи з цією метою відповідні поправочні коефіцієнти, що визначаються стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон за даними польових дослідів.

Найбільш поширеними у агрохімічній службі є методи розрахунку річних доз мінеральних добрив:

- за нормативами витрат добрив (N , P_2O_5 , K_2O) на одиницю врожаю (добавки врожаю);
- за нормативами винесення поживних елементів на одиницю врожаю основної продукції з урахуванням побічної дії;
- балансово-розрахунковий метод за даними з винесення поживних елементів на одиницю врожаю, з урахуванням коефіцієнтів використання їх рослинами з ґрунту та добрив.

6.2.1 Нормативні методи розрахунку доз внесення добрив

Розрахунок доз добрив під запланований урожай за нормативами витрат добрив на отримання одиниці врожаю, а також за нормативами вивезення елементів живлення з урожаєм є найбільш доступним та інформаційно забезпеченим. Під час розробки нормативних показників вивезення поживних речовин однією тонною продукції використовують інформацію щодо врожаю основної та побічної продукції, вмісту поживних речовин та абсолютно сухої речовини в ній. Результати польових дослідів, проведених за останні роки та дані передових господарств дозволили уточнити нормативи для розрахунку доз добрив, які забезпечують при еколого-токсикологічній безпеці їх застосування формування високих урожаїв гарної якості.

Винос елементів живлення (кг на 1 ц) основної сільськогосподарської продукції з врахуванням побічної продукції врожаю (середні узагальнені дані) представлено в таблиці 6.3.

При використанні нормативів витрат добрив на одиницю врожаю дозу розраховують для наступних величин: доза N, P₂O₅, K₂O для отримання планованої врожайності (д.р., кг/га); запланована врожайність, ц/га; нормативи витрат добрив на одиницю врожаю, д.р., кг/ц; також враховують поправочний коефіцієнт на утримання рухомих форм фосфору та калію у ґрунтах. Якщо розрахункова доза азоту під заплановану врожайність більше максимальної екологічно безпечної, під культуру застосовують регламентовану дозу азотних добрив. Дозу азоту для озимих зернових, злакових багаторічних трав та інших культур уточнюють за результатами комплексної (ґрунтової, рослинної та метеорологічної) діагностики харчування рослин.

Описаний метод не може використовуватися для розрахунку річних доз азотних добрив під зернові бобові, бобові сидерати, багаторічні бобові та бобові злакові трави (і під покривні культури), а також під льон-довгунець. У цих випадках дозу азоту встановлюють відповідно до регіональних рекомендацій за результатами польових дослідів.

Дози добрив, розраховані в такий спосіб, пропорційні врожайності, тому для застосування економічно вигідних та екологічно безпечних доз дуже важливо правильно визначити величину запланованого та реально можливого врожаю. При цьому враховують бонітування ґрунтів, досягнутий та потенційний рівень урожайності культур, умови вологозабезпеченості та інші фактори інтенсивності землеробства.

Таблиця 6.3 - Винос елементів живлення (кг на 1 ц) основної сільськогосподарської продукції з врахуванням побічної продукції врожаю (середні узагальнені дані)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	3,0-3,5	0,9-1,2	1,8-2,5
Яра пшениця	3,3-4,0	1,0-1,3	1,9-2,7
Озиме жито	2,9-3,3	1,1-1,4	2,2-3,0
Ячмінь	2,3-2,7	0,9-1,1	1,7-2,2
Овес	2,9-3,5	1,2-1,5	2,4-2,9
Кукурудза	2,9-3,3	0,9-1,2	3,0-3,5
Просо	3,0-3,5	0,9-1,2	2,0-2,7
Сорго	3,4-3,8	1,0-1,2	1,5-1,9
Рис	2,6-3,0	1,2-1,5	3,2-3,6
Гречка	2,9-3,5	1,3-1,6	3,6-4,2
Горох	6,0-6,8	1,3-1,6	1,9-2,2
Люпин (однорічний)	6,0-6,9	1,8-2,0	4,0-5,0
Соя	6,5-7,5	1,3-1,7	1,8-2,2
Картопля	0,5-0,7	0,2-0,4	1,3-1,6
Льон-довгунець	7,0-8,5	3,5-4,5	6,5-7,5
– насіння			
- соломка	1,15-1,4	0,8-0,9	1,6-1,9
Коноплі –соломка	1,8-2,2	0,5-0,7	0,9-1,2
Соняшник	5,0-7,0	2,5-2,8	13,5-19,5
Цукрові буряки	0,4-0,55	0,15-0,2	0,6-0,9
Кормові буряки	0,2-0,35	0,08-0,15	0,5-0,9

Основою оцінки ґрунтів при бонітувальних роботах є провідні діагностичні ознаки ґрунтів, що стійко та достовірно корелюють із урожайністю сільськогосподарських культур. Узагальнення результатів бонітувальних робіт у нашій країні показує, що кожному регіону характерний свій набір ґрунтових характеристик.

6.2.2 Балансово-розрахункові методи визначення доз добрив

В основі всіх розрахункових методів лежить баланс поживних речовин - зіставлення витрати елементів харчування на формування врожаю (винесення) і надходження поживних речовин із ґрунту та добрив.

Різні рослини за період вегетації виносять з ґрунту певну кількість поживних речовин, необхідні їх життєдіяльності. Значна частина цих речовин відкладається в кореневій системі, стеблах, листі, зерні, плодах і лише в порівняно невеликій кількості повертається через коріння у ґрунт.

Біологічним виносом називається кількість поживних речовин, що споживаються рослиною для створення біологічної маси даного врожаю: зерно + солома (бадилля) + поживно-кореневі залишки, у тому числі й поживні речовини, що частково повертаються згодом у ґрунт). Винос можна розділити на дві частини – господарську та залишкову.

Господарська частина виносу (господарське винесення) включає поживні речовини, що містяться в товарній продукції, що відвозиться (відчужується) з поля при збиранні (зерно + солома). Якщо ж солону чи бадилля залишають на полі, то елементи, що містяться в цій продукції, що не входять до господарської частини виносу.

Залишкова частина виносу складається з елементів живлення, що залишаються в полі як відходи (це поживно-кореневі залишки, опале листя, втрачене зерно), а також з відтоку деякої кількості поживних речовин, що перейшли з коренів у ґрунт у другій половині вегетації.

Винесення поживних речовин для кожної культури залежить від ґрунтово-кліматичних умов, величини та структури врожаю.

При розрахунку доз добрив балансовими методами враховують господарське винесення елементів живлення врожаєм.

Розрахункові методи доз добрив засновані на обліку виносу поживних речовин з урожаєм сільськогосподарських культур, змісту доступних елементів живлення в ґрунті, а також і обліку коефіцієнтів використання поживних речовин з ґрунту та добрив чи коефіцієнтів відшкодування виносу.

Існує безліч розрахункових методів визначення доз добрив під заплановане збільшення врожаю або під заплановану врожайність.

6.2.3 Метод розрахунку доз добрив під заплановану врожайність з урахуванням коефіцієнтів використання рослинами елементів живлення з ґрунту та добрив

Найбільш поширений розрахунок доз добрив з винесення поживних речовин під запланований врожай з урахуванням коефіцієнтів використання поживних елементів із ґрунту та добрив.

Дозу добрив за діючою речовиною цим методом можна розрахувати за наступною формулою:

$$Д = (В - З \cdot К1) : К2, \quad (6.1)$$

де, Д – доза добрива, кг д.р./га;

В – винесення поживних речовин запланованим урожаєм, кг/га;

З – запас доступних форм поживних речовин у орному шарі ґрунту, кг/га;

К1 – коефіцієнт використання поживних речовин із ґрунту (у частках одиниці);

К2 – коефіцієнт використання поживних речовин із добрив (у частках одиниці).

Розрахунок дози добрива проводять у такому порядку

1. Визначається винесення поживних речовин запланованим урожаєм за формулою, кг/га:

$$В = У \cdot Н, \quad (6.2)$$

де, У – запланована врожайність, т/га;

Н – норматив винесення поживних речовин, кг/т.

Для розрахунків використовують довідкові дані щодо винесення елементів живлення з одиницею продукції.

2. Розраховується запас доступних форм азоту, фосфора та калію в орному шарі ґрунту, (кг/га).

Масу орного шару визначають за такою формулою:

$$М = S \cdot h \cdot d_v \cdot 1000, \quad (6.3)$$

де, S - площа ділянки (100 · 100), м²

h – глибина оранки, м;
 dv – щільність додавання, кг/дм³;
1000 – коефіцієнт перекладу.

В середньому вважається, що маса орного шару ґрунту становить 3·106 кг/га. Використовуючи результати ґрунтових аналізів, розраховують запас елементів живлення у ґрунті:

$$З = П \cdot 3 \cdot 106 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot П, \quad (6.4)$$

де, $З$ - запас поживних речовин в орному шарі ґрунту, кг/га;
 $П$ – вміст елемента живлення у ґрунті, мг/кг;
 $3 \cdot 106$ – маса орного шару ґрунту, кг/га;
106 – коефіцієнт – переведення мг у кг, мг/кг.

Якщо вміст поживних речовин ($П$) виражено в міліграмах на 100 г ґрунту, для розрахунку запасу в кілограмах на гектар коефіцієнт перерахунку становить 30 тобто:

$$З = П \cdot 10 \cdot 3 \cdot 106/106 = 30 \cdot П. \quad (6.5)$$

3. З урахуванням коефіцієнтів використання поживних речовин із ґрунту визначають кількість елементів, яку рослини отримують із ґрунту. Коефіцієнти наведено в таблиці 10.4. Для цього запас поживних речовин множать на коефіцієнт їх використання з ґрунту.

4. За різницею між виносом елемента з запланованим урожаєм та його кількістю, що використовується з ґрунту, розраховуємо, скільки поживних речовин буде використано із добрив.

5. Для розрахунку дози добрива враховують коефіцієнт використання поживних речовин із добрив K_2 , який наведено у таблицях 6.4, 6.5 та 6.6.

Таким чином, розрахункова формула набуде вигляду:

$$Д = (У \cdot Н - З \cdot K_1) : K_2. \quad (6.6)$$

Таблиця 6.4 – Середні величини використання рослинами поживних речовин з добрив та ґрунту, %

Показник	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Гній високої якості</i>			
Загальний вміст поживних речовин	0,5 **	0,25	0,6
Поживні речовини, використовувані:			
у 1-й рік дії	25	40	70
у 2-й рік дії	15	20	10
у 3-й рік дії	15	9	10
<i>Мінеральні добрива</i>			
Поживні речовини, використовувані:			
у 1-й рік дії	60-65	20	70
у 2-й рік дії	10	15	10
<i>Рухливі з'єднання у ґрунті</i>			
Середнє використання загального запасу рухомих поживних речовин у ґрунті	20-25	15 (зернові) 20 - 25 (просапні)	30-40 (зернові) 25 - 40 (просапні)
** Для розрахунку доз добрив застосовують коефіцієнти використання елементів живлення, з цією метою відсоток використання поживних речовин із ґрунту та добрив ділять на 100.			

Таблиця 6.5 – Середні коефіцієнти використання сільськогосподарськими культурами фосфору (P₂O₅) з ґрунтів

Культура	ґрунти					
	дерново-підзолисті	сірі лісові	чорноземи вилужені	чорноземи звичайні	каштанові	сіроземи
	за Кірсановим		за Чирковим		за Мачигінім	
P₂O₅						
Зернові, однорічні та багаторічні трави	5	8	10	15	15	-
Кукурудза на силос	5	8	10	15	15	-
Картопля	7	10	10	30	30	-
Кукурудза на зерно	-	10	10	-	-	-
Цукрові буряки	-	10	10	30	30	-
Соняшник	-	10	15	-	-	-

Якщо мінеральні добрива вносять разом із гноєм, то розрахункова формула дози мінеральних добрив має вигляд:

$$D = (Y \cdot H - Z \cdot K1 - O \cdot C \cdot K3) : K2, \quad (6.7)$$

де, O – доза органічного добрива, ц/га;

C – вміст елемента живлення у гною, %;

K3 – коефіцієнт використання поживних речовин із органічного добрива (у частках одиниці).

Таблиця 6.6 – Середні коефіцієнти використання сільськогосподарськими культурами калію (K₂O) з ґрунтів

Культура	Ґрунти					
	дерново- підзолисті	сірі лісові	чорноземи вилужені	чорноземи звичайні	каштанові	сіроземи
	за Кірсановим		за Чирковим		за Мачигінім	
K ₂ O						
Зернові, однорічні та багаторічні трави	10	15	12	7	15	-
Кукурудза на силос	20	25	20	-	15	-
Картопля	20	25	25	10	30	-
Кукурудза на зерно	-	30	25	-	-	-
Цукрові буряки	-	40	30	15	30	-
Соняшник	-	-	40	-	-	-

6.3 Коректування доз добрив за результатами рослинної діагностики

Останнім часом для контролю за живленням рослин та встановлення їх потреби у поживних елементах, а також коригування доз добрив протягом вегетації все ширше впроваджується рослинна діагностика. Це найважливіше доповнення до методів визначення доз добрив. Метод діагностики оперативно відбиває рівень забезпеченості елементами живлення рослин на окремих етапах їх зростання та розвитку. Розрізняють тканинну та листову діагностику мінерального живлення рослин.

Тканинна діагностика – метод визначення мінерального азоту, фосфору, калію у соку свіжих рослин чи зрізах. Для аналізу частіше використовують зрізи стебла, черешка або жилки листа – органів, багатих на судинно-провідну системою, якою надходять елементи живлення. Цю діагностику також називають стебловою або експрес-діагностикою. Тканинна діагностика дає досить точні результати на ранніх етапах розвитку рослин, тобто в період інтенсивного споживання елементів живлення з ґрунту. До кінця вегетації, коли споживання елементів харчування корінням рослин сповільнюється, відбувається реутилізація азоту, фосфору та калію зі старого листа в молоді органи, тоді тканинна діагностика стає не інформативною. Незважаючи на невисоку точність швидких методів аналізу, вони дозволяють визначати відмінності в харчуванні рослин окремих варіантів досвіду та встановлювати причини різниці у врожаях.

Результати визначення неорганічних сполук у листі овочевих культур дають більш достовірні показники відмінності у харчуванні рослин, ніж дані валового аналізу. У практиці найчастіше тканинну діагностику зернових проводять у фазі поява нижнього вузла соломини, початку колосіння, молочної стиглості. Так дози азотної підгодівлі посівів озимих культур встановлюються за рівнем забезпеченості нітратним азотом (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Доза азотного підживлення озимої пшениці залежно від забезпеченості рослин нітратним азотом (оптимізація азотного харчування озимої пшениці у фазу появи нижнього вузла соломини на основі стеблової діагностики)

Фаза вегетації	Бал забезпеченості рослин азотом та доза підживлення, д. р., кг/га				
	0-0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0
Поява нижнього вузла соломини	60	40	30	20	0
Початок колосіння	60	40	30	20	0

Метод листової діагностики досить точний, але трудомісткий і виконується в обладнаних хімічних лабораторіях. Його використовують

для діагностики азотного харчування рослин озимої пшениці в період від колосіння до молочної стиглості. У цей час споживання азоту рослинами із ґрунту припиняється і відбувається його відтік із листя в зернівку (реутилізація). Для отримання високоякісного зерна озимої пшениці питання про необхідність та дози азотного підживлення вирішується за результатами листової діагностики.

Зміст загального азоту визначають у трьох верхніх листках, які відбирають з 50 головних стебел по діагоналі поля.

Відібрані зразки цього ж дня доставляються до лабораторії для аналізу. Потреба та доза пізнього підживлення визначається за вмістом загального азоту в листі (таблиця 6.8).

Таблиця 6.8 – Потреба азотних добривах озимої пшениці у фазі колосіння та цвітіння

Зміст загального азоту, % на суху речовину		Потреба у добривах	Доза азоту, д.р. кг/га
Колосіння - цвітіння	Цвітіння – формування зернівки		
< 3,0	< 2,0	дуже сильна	60
3,1 – 3,0	2,1 – 2,5	сильна	40
3,6 – 4,0	2,6 – 3,0	середня	30
4,1 – 4,5	3,1 – 3,5	слабка	20
> 4,5	> 3,5	відсутня	0

Метод листової діагностики важливий для плодкових культур, тому що дерева використовують поживні речовини з великий товщі ґрунту, що звичайним агрохімічним аналізом визначити важко. До того ж більшість плодкових рослин не містять у надземній частині нітратний азот, мають малосоковите листя, тому методи тканинної діагностики до них не застосовують.

Для діагностики виноградників, плодкових та ягідних культур використовують листя, так як вони однорідні за своїм складом і зручні для відбору. У них визначають загальний азот, фосфор і калій та інші макро- та мікроелементи та вмісту цих елементів живлення судять про рівень

забезпеченості плодкових культур поживними речовинами. За результатами діагностики коригують дози добрив під плодіві культури.

Дози мінеральних добрив, визначені різними методами, виражають у кілограмах діючої речовини на гектар. Добрива, що використовуються, мають різний вміст діючої речовини. У цьому випадку говорять про фізичну масу добрив або фізичні туки. Для розрахунку доз добрив у фізичній масі (туків) необхідно враховувати відсоток діючої речовини у добривах, що використовуються.

Питання для самоконтролю

1. Що є основою для планування застосування мінеральних добрив, встановлення оптимальних доз та співвідношення поживних речовин добрив під сільськогосподарські культури?

2. До якого моменту підвищення дози добрив є економічно виправданим?

3. В яких одиницях виражають дози мінеральних добрив, визначені різними методами?

4. За якою формулою розраховують дозу добрив за методом розрахунку доз добрив під заплановану врожайність з урахуванням коефіцієнтів використання рослинами елементів живлення з ґрунту та добрив?

5. Яку дозу азотних добрив використовують, якщо розрахункова доза азоту під заплановану врожайність більше максимальної екологічно безпечної?

6. Що зазначають в календарному плані придбання (накопичення) добрив?

7. Що враховують при розрахунку доз добрив балансовим методом?

8. Що є основою оцінки ґрунтів при бонітувальних роботах?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива : навчальний посібник / ред. М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А. В. Іванченко, М. А. Олійник. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 354 с.
2. Хацевич О. М., Джус Р. Р. Мінеральні добрива: класифікація, властивості, застосування: навчально-методичний посібник. Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2018. 80 с.
3. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія : навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с.
4. Лагутенко О.Т. Агроєкологія. Київ : НПУ імені М.Н. Драгоманова, 2012. 206 с.
5. Господаренко Г.М. Агрохімія : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 406 с.
6. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування: навчальний посібник. Львів: НВФ «Українські технології». 2008. 312 с.
7. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації / Е.Г. Дегодюк, М.М. Проненко, Ю.О. Ігнатенко, Н.М. Пипчук, А.О. Мулярчук / за ред. док-ра с.-г. наук С.Е. Дегодюка. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020 . 84 с.
8. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В'юн В. Г. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв : Вид-во ПП "Іліон", 2003. 39 с.
9. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : Видав. центр НАУ, 2001. 247 с.
10. Лісовал А. П. Макаренко В. М., Кравченко С. М. Система застосування добрив: навчальний посібник. Київ : Вища школа. 2002. 317с.
11. Раціональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно правові аспекти : колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, А.В. Кучера. Харків : 2015. 432 с.
12. Левківський С. С. Раціональне використання і охорона водних ресурсів : підручник. Київ : Либідь, 2006. 280 с.

13. Пати́ка В. П., Мака́ренко Н. А. Агро́екологічна оці́нка мінеральних добрив та пестицидів: навчальний посібник. Київ : Основа, 2005. 300 с.

14. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 №1264-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. (дата звернення 16.11.2022)

15. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Основи екології та охорони довкілля: навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури. 2006. 394с.

16. Фурдичко О. І. Агро́екологія: монографія. Київ: ДІА. 2014. 400 с.

17. Харченко О. В., Прасол В.І., Ільченко О.В. Агро́економічне та екологічне обґрунтування рівня живлення сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Суми: Університет. книга, 2017. 126 с.

18. Кучер А. В., Казакова І. В. Формування світового та вітчизняного ринку мінеральних добрив й ефективність їх застосування: наук. допов. Херсон : Смуґаста типографія. 2015. 75 с.

19. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів: підручник. Київ: Урожай, 2005. 298 с.

Додаткова

20. Економіка використання мінеральних добрив в сільському господарстві. URL: <https://propozitsiya.com/ua/ekonomika-vykorystannya-mineralnyh-dobryv-v-silskomu-gospodarstvi>. (дата звернення 16.01.2023).

21. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / за ред. М.М. Городнього. Київ : ТОВ “Алефа”, 2004.

22. Панас Р. М. Раціональне використання та охорона земель : навчальний посібник / М-во освіти і науки України; Нац. ун-т "Львівська політехніка". Львів : Новий Світ-2000, 2008. 349 с.

23. Кисіль В. І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. Харків : Штрих, 2000. 162 с.

24. Гудзь В. П., Лісовал А. П., Андрієнко В. О., Рибак М. Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 408 с.

25. Довідник агронома / за ред. Л.Л. Зіневича. Київ : Урожай, 1985. 672 с.

Навчальне електронне видання

КОСТЮКЄВИЧ Тетяна Костянтинівна

**ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНОГО
СЕРЕДОВИЩА МІНЕРАЛЬНИМИ
ДОБРИВАМИ**

Конспект лекцій

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний
університет вул.Львівська, 15, м. Одеса,
65016

тел./факс; (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 5242 від 08.11.2016