

В. І. ФІЛОН

ΑΓΡΟΧΙΜΙCΕΡΒΙC

Χαρκίβ-2022ρ.

УДК 631.8

Рецензенти: Веремеєнко Сергій Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства Національного університету водного господарства і природокористування

Попов Сергій Іванович доктор сільськогосподарських наук, керівник відділу рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України

Філон В.І. Агрохімсервіс. – Харків, 2022 –

Наведено ретроспективний огляд становлення агрохімслужби в Україні. Викладено зарубіжний досвід функціонування агрохімсервісу. Висвітлено такі актуальні питання, як сучасні тенденції на ринку мінеральних добрив, асортимент, властивості і основи раціонального їх використання. Розглянуто ряд суто практичних питань: проведення діагностики мінерального живлення рослин; визначення потреби у добривах та їх розподіл, визначення доз добрив; фізіологія стресу рослин і використання антистресантів. Особливу увагу приділено технології застосування мікродобрив, зокрема приготуванню бакових сумішей і обприскувачам для їх внесення. Розглянуто питання оцінки та покращення якості води. Коротко викладено нові напрямки і перспективи розвитку агрохімсервісу, а саме застосування нанодобрив і внесення добрив у системі точного землеробства. Вперше висвітлено питання оцінки стану удобрення (родючості ґрунтів) у ринкових умовах.

Для студентів, агрономів, агрохіміків, ґрунтознавців, працівників агрохімсервісу.

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
1	ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ АГРОХІМСЛУЖБИ В УКРАЇНІ	6
2	ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОХІМСЕРВІСУ	10
3	НАУКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	14
4	СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ НА РИНКУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	18
	УКРАЇНСЬКІ ВИРОБНИКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	28
5	ТЕОРІЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ЯК ОСНОВА РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ	36
5.1.	Хімічний склад рослин	38
5.2.	Механізми надходження елементів живлення у рослини	42
5.3.	Вплив зовнішніх факторів на надходження елементів живлення у рослини	+
5.4.	Діагностика мінерального живлення рослин	69
6.	ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ГРУНТІВ	98
6.1.	Агрономічна характеристика кислих ґрунтів	98
6.2.	Визначення потреби у вапнуванні	99
6.3.	Визначення доз вапна	100
6.4.	Агрономічна характеристика солонцюватих ґрунтів	
6.5	Розрахунок дози гіпсу	103
7.	КЛАСИФІКАЦІЯ ДОБРІВ	104
8.	ХАРАКТЕРИСТИКА НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	112
8.1.	Азотні добрива	112
8.2.	Фосфорні добрива	117
8.3	Калійні добрива	119
8.4.	Сірчані добрива	121
8.5	Кальцієві та магнієві добрива	122
	Комплексні добрива	124
9.	ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ У ДОБРИВАХ ТА ЇХ РОЗПОДІЛ	127
10.	ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗ ДОБРІВ	135+
11.	ОЦІНКА СТАНУ УДОБРЕННЯ ГРУНТІВ У РИНКОВИХ УМОВАХ	154

11.	МІКРОДОБРИВА	162
11.1	Фізіологічна роль мікроелементів	162
11.2	Зовнішні ознаки нестачі мікроелементів	175
11.3	Картограми вмісту мікроелементів у ґрунтах	183
11.4.	Сучасний асортимент мікродобрів	190
11.5.	Фізіологічно активні компоненти мікродобрів	222
12.	ХАРАКТЕРИСТИКА МІКРОДОБРИВ ТМ «ЯРИЛО»	227
13.	НАНОДОБРИВА	242
14.	ТЕХНІКА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІКРОДОБРИВ	246+
15.	ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРИВ	259
15.1.	Приготування бакових сумішей	259+
15.2.	Внесення мікродобрів із КАС і РКД	271
15.3.	Внесення добрив у режимі on-line і of-line	279
15.4.	Технологічні схеми використання мікродобрів ТМ «ЯРИЛО»	285
16.	ФІЗІОЛОГІЯ СТРЕСУ РОСЛИН І ВИКОРИСТАННЯ АНТИСТРЕСАНТІВ	290
	ДОДАТКИ	307
	ЛІТЕРАТУРА	371+

ВСТУП

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур побудовані на широкому використанні добрив і засобів захисту рослин. Немає сумніву в тому, що раціональне їх використання, стає можливим за умов надання товаровиробникам якісних послуг з агрохімсервісу.

Інтеграція України у світове співтовариство ставить агрохімічний сервіс у ряд одних із пріоритетних питань у сфері АПК. Аграрна продукція, що виробляється у нашій країні повинна відповідати міжнародним стандартам якості. Не менш важливим завданням є покращення екологічної ситуації сільськогосподарських угідь. Не секрет, що сьогодні відбувається поступове нарощування обсягів використання мінеральних добрив (середня насиченість NPK на 1 га ріллі вже перевищує 80 кг д. р.). Особливу загрозу являє собою «тотальна хімізація» земель. «Чисті» поля і посіви можуть обійтись досить дорого. На превелику жаль аграрні холдинги та великі господарства йдуть саме цим шляхом.

Враховуючи актуальність питань, які вирішує агрохімслужба, у системі вищої освіти введена така дисципліна як «Агрохімсервіс». Разом з тим підручника, який би висвітлював основні положення вказаної дисципліни поки що не існує. Нами зроблена спроба у першому наближенні узагальнити досвід роботи агрохімсервісу і представити читачам власні дослідження.

1. ІСТОРІЯ СТВОРЕННЯ АГРОХІМСЛУЖБИ В УКРАЇНІ.

Офіційною датою створення державної агрохімічної служби вважається 1964 р. Саме тоді було створено мережу спеціалізованих агрохімічних лабораторій. Всього до складу агрохімслужби, входило 206 зональних (обласних) лабораторій. Кожна з таких лабораторій була розрахована на обслуговування 250-300 господарств. На Україні було створено 25 зональних агрохімлабораторій при обласних сільськогосподарських дослідних станціях, науково - дослідних інститутах і сільськогосподарських вищих навчальних закладах. Науково - методичне керівництво такими лабораторіями здійснював створений у 1969 р центральний інститут агрохімічного обслуговування (ЦІНАО). Адміністративне керівництво здійснювалося всесоюзним виробничо - науковим об'єднанням «Союзсільгоспхімія» Міністерства сільського господарства.

До задач зональних агрохімлабораторій входило:

- агрохімічне обстеження ґрунтів господарств, складання агрохімічних картограм, а пізніше і паспортів полів;
- розробка проектно - кошторисної документації на застосування добрив і меліорантів;
- визначення потреби і науково - обґрунтований розподіл добрив на рівні країни, областей, районів;
- організація дослідної справи щодо визначення нормативів витрат добрив на одиницю урожаю, окупності добрив тощо;

- організація роботи з діагностики мінерального живлення рослин та оцінки якості кормів;
- визначення балансу поживних елементів у ґрунтах;
- здійснення державного контролю за виконанням робіт з внесення добрив і меліорантів;
- здійснення державного нагляду за якістю добрив;
- визначення економічної ефективності застосування добрив і меліорантів;
- контроль за забрудненням навколишнього середовища;
- пропаганда і впровадження у виробництво досягнень науки і передового досвіду у галузі хімізації землеробства.

З метою якісного виконання рекомендацій Агрохімслужби, зокрема внесення добрив і меліорантів у 1979 р була проведена її реорганізація, внаслідок якої до неї було приєднано «Сільгосптехніку».

Класичним прикладом надання господарствам якісних агрохімічних послуг є функціонування Агрохімкомплексів. Один із перших агрохімічних комплексів було побудовано у 1974 р у Первомайському районі Харківської області. До складу комплексу увійшли складські приміщення для сипких фосфорних і калійних добрив, відділення для подрібнення туків, устаткування для приготування тукосумішей, ємності для сипких агрохімікатів (фосфоритне борошно, вапно, фосфатшлак) ємності для зберігання РКД і аміачної води, під'їзні залізничні колії. На території агрохімкомплексу були розташовані: столова, агрохімічний клас (приміщення), агрохімічна лабораторія, майстерня на 50 місць для

догляду за технікою, майданчики стоянки техніки, козловий кран, бензоколонки та інші допоміжні приміщення. Автор цього видання є безпосереднім учасником організації на таких комплексах агрохімічних лабораторій, встановлення і настройки обладнання, навчання персоналу. Щороку Первомайський агрохімкомплекс опрацьовував близько 38 тис т мінеральних добрив, забезпечував зберігання, доставку і внесення добрив на полях господарств. Кількість працюючих на агрохімкомплексі становила 230 чоловік. Концентрація робіт із застосування добрив на одному підприємстві покращувала зв'язок між аграріями і заводами постачальниками, розвантаження, збереження, переробку, транспортування і внесення добрив. Співробітники агрохімлабораторії визначали потреби району у добривах, проводили розподіл їх між господарствами, програмували урожайність культур, складали агрохімічні паспорти поля.

На нашу, думку функціонування агрохімкомплексів в Україні було ефективним, відіграло важливу роль у наданні агрохімічних послуг господарствам. Нажаль з переходом до приватної форми власності такі агрохімкомплекси були зруйновані, а майно виставлено на продаж. Наявність подібних комплексів притаманна й іншим країнам (Болгарія, Казахстан, Росія, Білорусь). Гадаємо, що час вкаже на доцільність такої форми організації агрохімсервісу.

Слід зазначити, що трансформаційні зміни державної агрохімслужби відбувалися протягом усього часу її існування.

У 1981 році зональні агрохімічні лабораторії були перетворені на державні обласні проектно - пошукові станції хімізації сільського господарства. Усі функції і структурні підрозділи зональних агрохімлабораторій при цьому збереглись.

У 1992 році державні обласні проектно - пошукові станції хімізації ввійшли до складу новоствореного Українського державного об'єднання «Украгрохім».

У 1998 році на базі «Украгрохім» створили Центральну державну станцію родючості ґрунтів і захисту рослин, а у 1999 році проектно - пошукові станції хімізації сільського господарства перетворені на проектно - технологічні центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції. Ще дві реорганізації агрохімслужби відбулися у 2000 і 2010 роках. Нарешті у 2012 році зональні агрохімлабораторії перетворились в Державну установу «Інститут охорони ґрунтів України» яка включає 24 філії.

На сьогодні ДУ «Інститут охорони ґрунтів» здійснює науково - технічну політику у сфері охорони ґрунтів і їх родючості, раціонального використання та екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення, визначення якості продукції, сировини, агрохімікатів. Із зміною назви організації змінилися і задачі, що вона вирішує. Зникли в першу чергу задачі, що вирішує державна агрохімслужба. Із привабливої та прибуткової вона щороку втрачає свої позиції.

На заміну їй приходять нові приватні структури (міжрегіональні агрохімлабораторії, дилерські компанії, компанії - виробники добрив, компанії, що надають агрохімічні послуги і

впроваджують сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур). Виробників цікавлять в першу чергу не дослідження родючості ґрунтів, а практичні питання із раціонального застосування добрив. Попитом користується те, що забезпечує суттєвий приріст урожаю і вагомий прибуток. Можливо, що ринок земель дещо змінить ставлення аграріїв до головного засобу виробництва в сільському господарстві.

2. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРОХІМ-СЕРВІСУ

Перехід на сучасні технології впрошування сільськогосподарських культур нерозривно пов'язаний з наданням господарствам агрохімічних послуг. Перш за все це проведення агрохімічного обстеження ґрунтів, визначення доз, форм, строків і способів внесення добрив, встановлення загальної їх потреби і забезпеченості технікою, наявності агрохімікатів на ринку добрив тощо. Враховуючи той факт, що кислі ґрунти займають в Україні площу 3,7, а солонцюваті 5,1 млн га, не менш важливим завданням агрохімсервісу є роботи пов'язані з проведенням хімічної меліорації ґрунтів, а саме: визначення потреби у вапнуванні чи гіпсуванні ґрунтів, встановлення доз меліорантів, організація робіт по безпосередньому їх внесенню, складання проектно-кошторисної документації. Другий не менш важливий сектор агрохімсервісу це застосування засобів захисту рослин, який ми винесли у друге видання.

Внесення добрив, меліорантів і засобів захисту рослин вимагає досить солідного наукового забезпечення, зокрема проведення польових дослідів, складання прогнозу розвитку шкідників і захворювань рослин, організація постійно діючого агрохімічного моніторингу ґрунтів і фітосанітарного стану посівів, програмування і прогнозування врожаїв сільськогосподарських культур. Звичайно, що над вказаною проблемою працює ряд наукових установ і навчальних закладів.

Розглянемо зарубіжний і власний досвід організації агрохімсервісу. Безумовно що якісний агрохімсервіс є притаманним усім високорозвиненим країнам. Так у США провідна роль в агрохімсервісі раніше належала виробникам агрохімікатів. За допомогою дилерської мережі вони забезпечували постачання виробникам сільськогосподарської продукції добрива, ЗЗР, спеціалізовану техніку і обладнання. До складу такої мережі входили виробники хімічних засобів, оптові компанії з їх продажу, дилери та окремі фермери. Поряд з цим на сьогодні у США діє ціла мережа невеликих підприємств з виготовлення туків (у тому рахунку мікродобрив і біопрепаратів), які виступають безпосередніми постачальниками своєї продукції фермерським господарствам. Вказані підприємства надають послуги із внесення добрив і ЗЗР із застосуванням власної техніки. Близько 5% фермерів можуть самостійно виконувати всі агрохімічні роботи. Разом з тим перевагу на ринку агрохімічного сервісу мають фермерські обслуговуючі кооперативи. Останні мають можливість закуповувати великі партії добрив за гуртовими цінами, які не

можуть змінюватися протягом терміну вказаного у договорі. Для заохочення таких кооперативів у співпраці виробники добрив надають їм привабливі пропозиції у тому числі на постачання добрив по значно нижчим цінам. До складу таких кооперативів може входити понад 500 фермерських господарств. Питома вага таких кооперативів у сфері надання агрохімічних послуг становить: у США – 70%; Голландії – 60%; Німеччині – 50-60%; Данії – 64%; Швеції – 75%; Франції – 50-60%. [91].

Місцеві кооперативи одного штату об'єднуються у регіональну асоціацію фермерських кооперативів. Такі асоціації налагоджують стосунки із фінансовими, кредитними, страховими та ін. установами. У них з'являється можливість проводити дослідження ґрунтів на вміст поживних елементів, здійснювати фітосанітарний моніторинг, співпрацювати з науковими установами.

У країнах західної Європи агрохімічні послуги надають дилерські компанії. До їх компетенції належить продаж добрив, ЗЗР і машин для їх застосування. Як правило вони надають консультаційні послуги, здають техніку в оренду, проводять ремонт і технічне її обслуговування. У свою чергу заявки на поставки агрохімікатів і їх внесення фермери завчасно подають дилерам. Ті у свою чергу укладають договори з компаніями-виробниками. З періодичністю один-два рази на рік компанії виробники формують прейскурант роздрібних цін на свою продукцію. У залежність від обсягів закупівлі ціни можуть бути змінені на 10-30%. Розмір знижки залежить від витрат дилерських компаній на

транспортування, зберігання, внесення агрохімікатів, а також норми прибутку таких компаній.

У Японії превалює кооперативна система надання агрохімічних послуг, яка охоплює близько 90% ринку мінеральних добрив. Останні переважно реалізуються у роздрібній торгівлі. Близько 30% добрив і ЗЗР реалізується через розподільчі склади. Зовсім незначна частка агрохімікатів безпосередньо надходить від виробника до сільгосп підприємств.

У ряді країн агрохімічне обслуговування виробників сільськогосподарської продукції здійснюється агрохімцентрами. Останні виконують майже всі роботи пов'язані із застосуванням добрив, меліорантів, ЗЗР. Цьому сприяє наявність у таких центрах складських приміщень, техніки для добрив і пестицидів, агрохімічних лабораторій і відповідного персоналу. До речі така форма агрохімсервісу є притаманною для Росії і Болгарії. Ряд аналітиків зазначають, що в останні роки ринок засобів хімізації у Росії характеризується стабільністю і злагодженим функціонуванням. Водночас із підприємствами «Сільгоспхімії» на ринку функціонують декілька крупних компаній таких як «ФосАгро», ВАТ «Акрон», «Еврохім» та ін. На сьогодні до складу «ФосАгро» увійшло ВАТ «Апатит», яке видобуває сировину для виробництва добрив, заводи виробники мінеральних добрив (ВАТ «Амофос», ООО «Балаковские минудобрения» і регіональні фірми з реалізації добрив («Регіон-Агро»).

У Німеччині матеріально-технічне обслуговування виробників пов'язано із місцевими банками Райфайзенського союзу.

У минулому останній являв собою об'єднання сільських кредитних товариств. Крім головного свого призначення банки надають виробникам агрохімічні послуги зокрема постачання добрив і ЗЗР.

3. НАУКОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Наукове забезпечення АПК країни здійснюється досить потужною мережею наукових установ і навчальних закладів. До них належать 72 наукові установи НААН і 19 навчальних закладів. Станом на 2012 рік у них працювало 13,1 тис. науковців і викладачів, з них 5764 кандидатів і 952 доктори наук. Науково-виробнича база Академії представлена дослідними господарствами, за якими закріплені сільськогосподарські угіддя.

Серед наукових установ 10 мали статус національного наукового центру, 10 – науково-методичного центру, 17 – головної галузевої установи. Функції регіональних центрів наукового забезпечення агропромислового виробництва виконували 21 інститут, з яких 15 – інститути АПВ і 4 – державні сільськогосподарські дослідні станції. У науково-дослідних установах Академії нараховувалося 5,7 тис. науковців, з них 393 доктори 1960 кандидатів наук. У 39 наукових установах діяла аспірантура, де відповідно до державного замовлення проводилась підготовка аспірантів за 50 спеціальностями з 6 галузей науки. Тут навчалось понад 1140 аспірантів, з них близько половини з відривом від виробництва.

Докторантів готовили у 15 установах із 15 спеціальностей п'яти галузей науки.

Щорічно на спеціалізованих вчених радах із захисту дисертацій, що діяли в Академії, захищалося 180-200 кандидатських і 35-40 докторських дисертацій, з них понад 20 % – для установ інших відомств. За 2013-2015 роки чисельність співробітників академії скоротилася на 52% (з 12,7 до 5,9 тис. чол.). Тенденція до скорочення штату зберігається і у 2020 роки.

Другою за ієрархією державною установою, що надає послуги у сфері агрохімсервісу є ДУ «Інститут охорони ґрунтів». Метою створення її є здійснення єдиної науково-технічної політики у сфері охорони ґрунтів та їх родючості, раціонального використання й екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення, визначення якості продукції, сировини, агрохімікатів. На сьогодні у межах України функціонують 23 обласні філії інституту. Загальний приладний парк включає приблизно 2,5 тис. приладів, більше ніж 2 тис. одиниць допоміжного обладнання та понад 100 транспортних засобів, 750 моніторингових ділянок. Станом на 2017рік штатна чисельність працівників становила 765 осіб, 491 науковець, 17 кандидатів і один доктор наук. В агрохімічному обслуговуванні господарств приймають участь лабораторії різних напрямків досліджень, які об'єднані у 23 атестовані випробувальні лабораторії, що розміщені в усіх областях України. Шість із них акредитовані згідно з міжнародними вимогами (ДСТУ ISO/IEC 17025:2006).

Слід зазначити, що «Інститут охорони ґрунтів» це єдина установа, яка здійснює державний моніторинг ґрунтів на всій території України.

Третю позицію з агрохімічного обслуговування господарств займає (відокремлений підрозділ НААН) Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» — провідний науково-методичний центр, який очолює і координує науково-дослідні роботи з проблем ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів більш ніж 20 установ НААН, Міністерства аграрної політики та продовольства (до 2019р.), Міністерства освіти і науки України. Інститут визнано головним в країні з проблем ґрунтознавства, агрохімії і охорони ґрунтів. У ньому працюють 168 співробітників, з них 3 академіки, 1 член-кореспондент НААН, 13 докторів і 47 кандидатів наук. Це відомі у своїй галузі вчені, які формують такі наукові школи: оптимізація агрофізичних властивостей і моніторинг ґрунтів, керівник Медведєв Віталій Володимирович, д.б.н., професор, академік НААН; оптимізація мінерального живлення сільськогосподарських культур, керівник Носко Борис Семенович, д.с.-г.н., професор, академік НААН; агроекологія меліорованих ґрунтів, керівник Трускавецький Роман Степанович, д.с.-г.н., професор, член-кор. НААН; еволюція, агроекологія і нормативне забезпечення зрошуваних і солонцевих земель, керівник Балюк Святослав Антонович, д. с.-г. н., професор, академік НААН; техногенно забруднені ґрунти, агроекологічний стан і відновлення родючості, керівник Фатєєв Анатолій Іванович, д. с.-г. н., професор.

Далі йдуть регіональні центри з наукового забезпечення Агропромислового комплексу. Так, подібний регіональний центр існує на Харківщині з 2000 року. До його складу входять 16 установ (у тому числі до 2021р. ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського) Першочерговим завданням таких центрів залишається доопрацювання, апробація і впровадження у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах новітніх розробок, створення банку даних про світові наукові досягнення, проведення маркетингових досліджень і надання допомоги у їх освоєнні. У ряді областей України функціонують по декілька закладів аграрного профілю. Прикладом є Київська область, у якій розташовані і працюють: НУБіП; ННЦ «Інститут землеробства НААН»; Інститут агроєкології і природокористування НААН та ін. Усі ці заклади працюють на запит виробництва, зокрема надають агрохімічні послуги. До речі, ННЦ «Інститут землеробства НААН» розпочав свій шлях у 1900 р. з утворення агрохімічної лабораторії Київського товариства сільського господарства та сільськогосподарської промисловості, яка мала свій штат, а також сільськогосподарські курси. Сьогодні ННЦ „Інститут землеробства НААН” – це одна з найстаріших і найвідоміших наукових установ як в Україні, так і за її межами. На базі інституту створено такі науково-дослідні установи, як Інститут кормів і сільського господарства Поділля, Інститут картоплярства, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва, Інститут сільського господарства Полісся, Інститут сільського господарства

Карпатського регіону, Закарпатська і Черкаська державні сільськогосподарські дослідні станції.

Отже, як починаючі агрономи, так і керуючий персонал можуть постійно отримувати консультації з ряду актуальних питань АПК.

4. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ НА РИНКУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

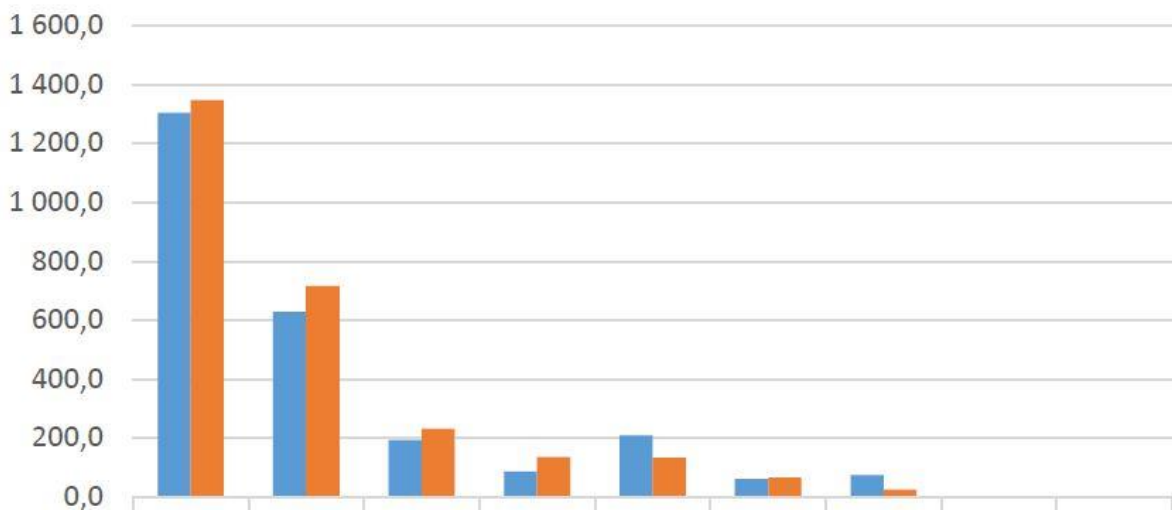
Асортимент мінеральних добрив, дозволених до використання в Україні, нараховує понад 400 найменувань. При цьому одні добрива, що пройшли реєстрацію вже не застосовуються, інші впроваджуються у виробництво. Аналіз ринку мінеральних добрив свідчить про те, що на сьогодні, як і у часи з плановою економікою, головну роль у підвищенні родючості ґрунтів і урожайності сільськогосподарських культур відіграє обмежена група добрив [3]. На наш погляд, це пов'язано у першу чергу із відсутністю власної сировинної бази для виробництва фосфорних і калійних добрив.

На рис. 2 показано обсяг виробництва основних добрив в Україні у 2015 - 2016 рр. Лідируючі позиції займає виробництво карбаміду (1346,7 тис. т). Друге місце посідає аміачна селітра (715 тис. т), третє – КАС (232,5 тис. т). Досить вагомим є також виробництво сульфату амонію. На частку нітроамофоски і амофосу припадає 65,5 і 24,7 тис. т, що явно не задовольняє потреби сільгоспвиробників.

Високі ціни на природний газ обумовили різке зростання цін на мінеральні добрива (рис. 3). Тільки за період з 2013 по 2015 рр. ціни на аміачну селітру зросли з 3500 до 10000 грн/т, вартість

нітроамофоски у 2015 р. збільшилась до 13000 грн. Це позначилося на попиті добрив, особливо з боку малих і середніх за розміром господарств. З отриманням «реверсного» газу дещо покращила свою роботу власна промисловість. Починаючи з лютого 2015 р.

спостерігається явно виражений тренд на зниження вартості добрив.



2015	2016
1303,2	1346,7
627,9	715,7
193,3	232,5
87,1	126,1
209,2	132,5
60,5	65,5
74,6	24,7
0,3	2,0
0,0	0,0

Рис. 2 Виробництво мінеральних добрив (за 7 міс.) 2015 – 2016 рр.

(Джерело: Д. Гордейчук, 2016)

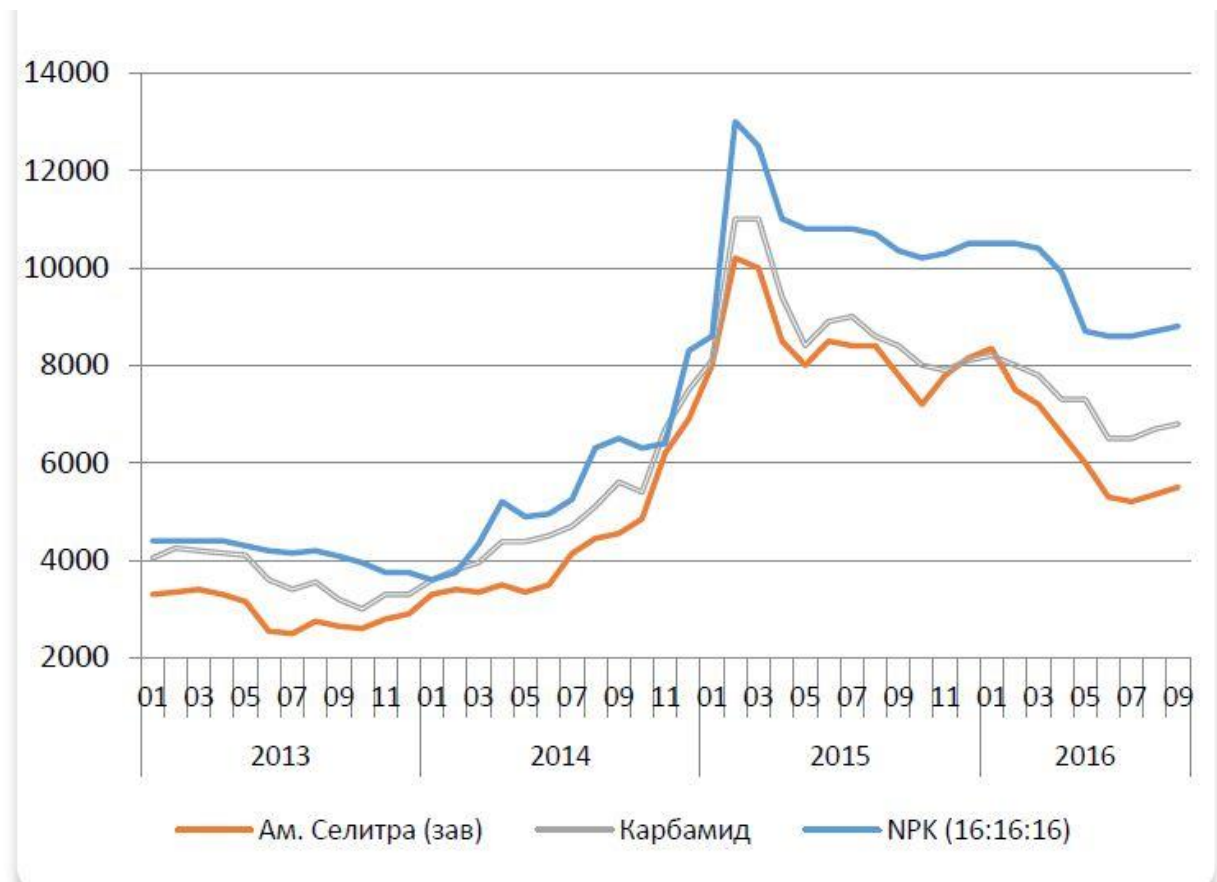


Рис. 3 Ціни на добрива в Україні, грн/т добрив
(Джерело: Д. Гордейчук, 2016)

Станом на серпень - вересень 2016 року аміачна селітра вже коштувала близько 6000 грн./т.

На сьогодні потреби сільського господарства у мінеральних добривах частково задовільняються за рахунок імпорту (табл. 1). Головними постачальниками добрив у 2016 р. залишалась Російська Федерація (понад 1,2 млн. т) де ми закували переважно азотні і комплексні добрива. Постачальником калійних добрив є Білорусь (42529 т).

Третю позицію за імпортом азотних і азотно-фосфорних добрив посідає Казахстан. Україна імпортує значні обсяги мінеральних добрив також із Узбекистану, Польщі, Бельгії, Норвегії, Турції. Імпорт за видами і формами добрив (табл. 2) виглядає наступним чином. Із азотних добрив у структурі імпорту переважає аміачна селітра, далі йде карбамід, КАС і рідкий аміак. Група азотно-фосфатних добрив представлена амофосом, сульфоамофосом і РКД. Серед калійних добрив на хлористий калій припадає 42716 т, на калімаг– 1386 т, сульфат калію –760 т, і калімагнезію – 20 т.

У цілому український ринок є віддзеркаленням світових тенденцій використання мінеральних добрив. Щорічне споживання їх зростає на 1,8% і на 2014 р. воно становило 186,7 млрд т д. р. Головними споживачами добрив (70%) на сьогодні є країни Південної Азії та Китай. Близько 50% добрив застосовують під зернові культури і тільки 17% – під овочі і плодові насадження.

Із представлених в Україні добрив найбільшим є азотний сегмент ринку. Азотні добрива на сьогодні виробляють у 60 країнах світу. Приблизно третя частина від вироблених азотних добрив припадає на Китай. Досить серйозними гравцями на ринку азотних добрив є також Індія, Пакистан, Бразилія. Суттєві зміни в останні роки відбулися на ринку фосфорних добрив. Частка суперфосфату щороку знижується, а попит на амофос і діамфос постійно зростають. Виробництво фосфорних добрив «прив'язано» до родовищ фосфатних руд. Найбільші запаси їх розташовані у Марокко, США, РФ. Вони становлять 5800, 4800 і 4000 млн т

відповідно. Із інших країн з великими запасами фосфатних руд слід відмітити Австралію (2000 млн. т), Іспанію (1600 млн. т), Туніс, Іорданію, Монголію, Саудівську Аравію – по 1000 млн. т [4]. Головними постачальниками на ринку калійних добрив є Канада, Росія, Білорусь. На їх частку припадає 2/3 світового виробництва калійних добрив. Для українського ринку добрив, як і для світового, характерною закономірністю є різке зниження частки калійних і фосфорних добрив у порівнянні з азотними. Головною причиною вказаного явища є те, що саме азотні добрива забезпечують найвищий приріст урожайності сільськогосподарських культур.

Якщо окупність 1ц д. р. азотних добрив становить 10-17 ц зерна, то фосфорних і калійних – близько 3 ц. Інша немаловажна причина – це забезпеченість ґрунтів рухомими формами фосфору і калію [5]. Інтенсивне внесення фосфорних і калійних добрив у 80-ті роки призвело до накопичення рухомих фосфатів і калію у ґрунтах. Темпи зростання вмісту рухомого калію у ґрунтах Лісостепу за п'ять років становили 5-9%. Реальна забезпеченість ґрунтів України фосфором і калієм є досить оптимістичною. Серед орних ґрунтів переважають такі, що мають середній і підвищений вміст рухомих фосфатів за Чириковим. Що стосується забезпеченості ґрунтів рухомим калієм, то у Лісостепу і Степу України, переважають ґрунти з підвищеним і високим його вмістом. Для прикладу наведемо досить типові агрохімічні картограми (рис. 5, 6) забезпеченості ґрунтів P_2O_5 і K_2O ДПАФ «Вікторія» Сахновщинського району Харківської області.

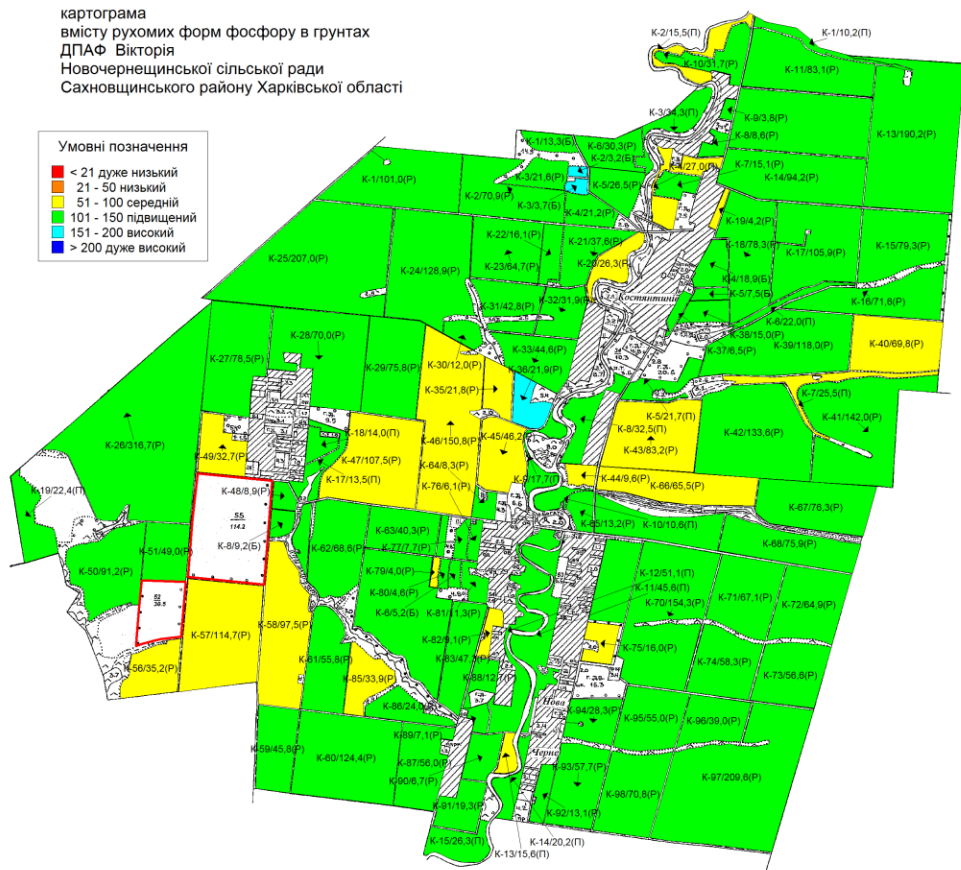


Рис.5. Картограма вмісту рухомих форм фосфору у ґрунтах ДПАФ «Вікторія» Сахновщинського району Харківської області

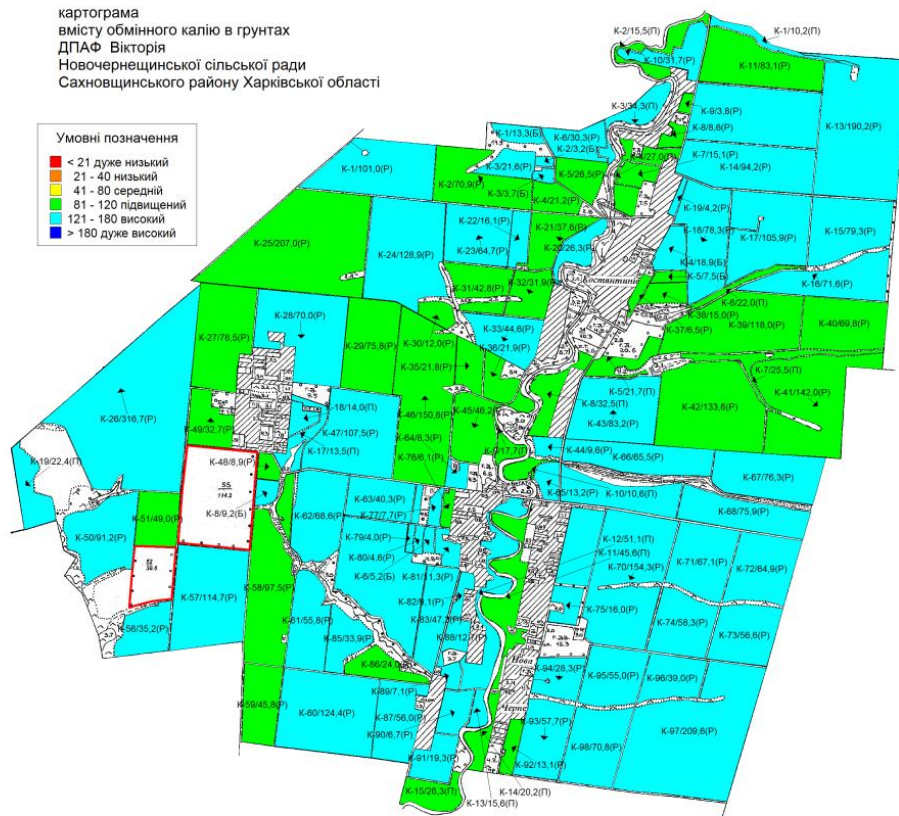


Рис.6. Картограма вмісту рухомих форм калію у ґрунтах ДПАФ «Вікторія» Сахновщинського району Харківської області

Нарешті відсутність в Україні потужної сировинної бази для виробництва фосфорних і калійних добрив вплинула на співвідношення між азотними, фосфорними і калійними добривами. На початку 90-х років це можливо була одна із головних причин переходу господарств на одностороннє внесення азотних добрив [6].

Скорочення виробництва і застосування фосфорних і калійних добрив обумовило зменшення надходження у ґрунти сірки і мікроелементів. Як видно із табл. 3, разом із основними добривами у ґрунт надходила значна частка мікроелементів.

3. Орієнтовний вміст мікроелементів у мінеральних добривах

(Н.Н. Городній та ін. 2003)

Добрива	Вміст мікроелементів, мг/кг					
	Mn	B	Mo	Zn	Cu	Co
Сульфат амонію	0-40	0-6	0,1-0,2	1-500	0,3-10	0-0,1
Фосфоритне борошно	40-1800	3-180	0,1-60	4-1000	1-300	1-10
Суперфосфат простий	10-1000	20-100	2-10	1-600	1-270	1-10
Сульфат калію	1-13	3-40	0-0,3	2-8	0-10	0,1
Комплексні добрива	0-50	4-700	1-7	25-360	1-80	0,4

Зменшення надходження у ґрунти сірки у першу чергу пов'язано із різким скороченням обсягів внесення суперфосфату простого, а також з переходом теплових електростанцій на спалювання нафти і природного газу. Крім того останні роки введені більш жорсткі стандарти до очистки промислових газів, що надходять у атмосферу. Не слід відкидати і той факт, що у структурі посівних площ збільшилась доля культур з підвищеним виносом сірки.

5. УКРАЇНСЬКІ ВИРОБНИКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Україна має досить потужну хімічну промисловість орієнтовану на випуск мінеральних добрив. Головним чином це підприємства з виробництва азотних добрив: «Азот» Черкаси; «Рівнеазот»; «Севєродонецьке об'єднання «Азот»; «Одеський припортовий завод»; «Дніпро Азот» тощо. Лише окремі підприємства («Сумхімпром») спеціалізувались на випуску фосфорних і комплексних добрив. Така структура промисловості пов'язана з наявністю власної газотранспортної системи і доступом до дешевого газу. На сьогодні тукова промисловість з відомих причин переживає кризу, що призвело до скорочення обсягів виробництва добрив з 8 до 3,6 млн тонн. Оскільки в Україні немає сировинної бази для виробництва фосфорних і калійних добрив, то дефіцит перших покривається за рахунок комплексних добрив. Головним постачальником калійних добрив (хлористого калію) є Білорусь. Разом із тим ринок мінеральних добрив в Україні є незбалансованим. Із загального обсягу внесених добрив 68% припадає на азотні, 28% – на комплексні; 3,7 – на калійні; 0,3 – на комплексні.

Редакція журналу Land Lord спільно з аналітиками компанії «Про-Консалтинг» проаналізувала сучасний стан ринку мінеральних добрив і навела рейтинг українських найбільших виробників мінеральних добрив. Як зазначають автори, загальна виручка вказана у рейтингу стосується не тільки добрив, але й інших товарів, що виробляє компанія. Так, виручка компанії

«Суміхімпром» у 2016 році становила 1,8 млрд грн. При цьому на добрива припадає лише 5,7%.

ТЕОРІЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН ЯК ОСНОВА РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

Гумусова теорія живлення рослин, незважаючи на свою помилковість, панувала у науці понад 2000 років. Існування її постійно підкріплювалось результатами спостережень за ростом рослин на удобрених перегноєм ґрунтах. Разом з тим вже Арістотель (384 р. до н.е.) дійшов висновку щодо розгадки живлення рослин. Він писав, що останнє суттєво відрізняється від живлення тварин, оскільки рослини не залишають після себе екскрементів. Незважаючи на це, гумусову теорію живлення рослин продовжували інтенсивно розвивати аж до 1761 р. (шведський хімік Валеріус). Паралельно розвивалася й теорія мінерального живлення рослин. Так, у 1563 р. французький природознавець Паліссі писав: «Соль есть основа жизни и роста всех посевов и что навоз, который вносят на поля, не имел бы никакого значения если бы не содержал соли, которые остаются от разложения сена и соломы». Той факт, що рослини живляться не перегнійними речовинами, знаходимо і у працях М.В. Ломоносова (1753 р.), де він зазначав, що «преизобильноеращение тучных деревьев, которые на бесплодном песку корень свой утвердили, ясно изъясляет, что жирными листьями жирный тук из воздуха впитывают». Згодом російський вчений А.Т. Болотов (1738 - 1833) у статті «О навозных солях» відмічає, що доступні рослинам поживні речовини утворюються із органічних добрив. На важливу

роль мінеральних речовин для живлення рослин вказував і А.П. Пошман (1792-1852) у книзі «Наставление о приготовлении сухих и влажных туков, служащих к удобрению пашен».

Спростування гумусової теорії живлення рослин пов'язано з виходом у 1840 р. книги німецького вченого Юстуса фон Лібіха «Органічна хімія на додаток до землеробства і фізіології рослин», у якій він піддав різкій критиці гумусову теорію живлення рослин і сформулював теорію мінерального живлення рослин. Ю. Лібіха по праву вважають духовним батьком агрохімії як науки. Його заслуга полягає і у тому, що він відкрив два закони землеробства: «закон фактора, що знаходиться у мінімумі» і «закон повернення у ґрунт винесених елементів живлення». К.А. Тимірязєв неодноразово вказував на те, що «вчення про необхідність повернення – одно із величезних надбань науки. Досить яскраво з цього приводу висловився К. Маркс: «Выяснение отрицательной стороны современного земледелия с точки зрения естествознания, представляет собой одну из бессмертных заслуг Либиха». ¹

Ю. Лібіх виготовив і перші два штучні мінеральні добрива: вуглекислий натрій і вуглекислий калій, які до речі не мали позитивного ефекту. На нашу думку, K_2CO_3 за різних обставин повинен був дати хоч і невеликий, але все-таки приріст урожаю. Достатньо згадати «подсечно-огневую систему земледелия» і роль поташу після спалювання лісу.

¹ Маркс К. Капитал т.1 1973 с. 515

Не слід приховувати і те, що у дечому помилявся і Ю. Лібіх. Так, він вважав, що рослини достатньо отримують азоту із атмосфери і що азотні добрива можна не вносити. Цей «недолік» повністю виправив другий за ієрархією агрохімік Жан Батист Буссенго, який розвив азотну теорію живлення рослин. Дуже важливе значення для становлення теорії мінерального живлення рослин мали дослідження німецьких вчених Кнопа і Сакса (1858 р.), які на інертних субстратах (вода, пісок) зуміли довести рослини до повного дозрівання. На сьогодні вже ні у кого немає сумніву, що рослини поглинають поживні елементи у вигляді катіонів і аніонів. Саме на цьому побудована технологія вирощування рослин в умовах гідропоніки, аеропоніки, вирощування овочів за малооб'ємною технологією на мінеральній ваті тощо.

5.1 Хімічний склад рослин

Вегетативна частина рослин складається на 95 % із води і на 5 % із сухої речовини. Вміст води залежить від виду і органу рослин, умов вологозабезпечення та інших факторів. Наприклад, вміст води у насінні культур коливається від 5 до 15%. Суха речовина рослин на 95% представлена органічними сполуками і на 5% – мінеральними солями. У табл.4 наведено хімічний склад урожаю сільськогосподарських культур.

4. Середній хімічний склад урожаю сільськогосподарських культур,% (за Б.П. Плешковим)

Культура	Вода	Білки	Сирий протеїн	Жири	Вуглеводи	Клітковина	Зола
Пшениця	14	14	15	2,0	65	2,5	1,7
Жито	14	12	13	2,0	68	2,3	1,6
Овес	13	11	12	4,2	55	10,0	3,5
Ячмінь	13	9	10	2,2	65	5,5	3,0
Рис (зерно)	11	7	8	0,8	78	0,6	0,5
Кукурудза	15	9	10	4,7	66	2,0	1,5
Гречка	13	9	11	2,8	62	8,8	2,0
Горох	13	20	23	1,5	53	5,4	2,5
Квасоля	13	18	20	1,2	58	4,0	3,0
Соя (насіння)	11	29	34	16,0	27	7,0	3,5
Соняшник	8	22	25	50	7	5,0	3,5
Льон	8	23	26	35	16	8,0	4,0
Картопля	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Цукрові буряки	75	1,0	1,6	0,2	19	1,4	0,8
Кормові буряки	87	0,8	1,5	0,1	9	0,9	0,9
Морква	86	0,7	1,3	0,2	9	1,1	0,9
Цибуля	85	2,5	3,0	0,1	8	0,8	0,7

Серед органічних сполук домінують білки, жири, цукри, клітковина, зола тощо.

Вміст основних речовин у овочевих і плодово-ягідних культурах представлено у табл.5.

5. Середній вміст основних речовин у овочевих, плодових і ягідних культурах, % від сирової маси.

Культури	Цукри	Органічні кислоти	Азотисті речовини	Клітковина	Зола	Аскорбінова кислота, мг/100г
Капуста білокачанна	4,0	0,3	1,3	0,8	0,7	30
Цвітна капуста	3,0	0,1	2,5	1,2	0,8	100
Томати	3,0	0,5	0,6	0,2	0,5	30
Перець солодкий	4,0	0,2	1,5	1,0	0,7	200
Баклажани	3,0	0,2	0,9	1,0	0,5	5
Огірки	1,5	0,005	0,8	0,5	0,4	5
Цибуля	10,0	0,2	1,6	0,6	0,5	7
Часник	0,5	0,2	7,0	1,0	1,0	0,5
Яблука	9,0	0,7	0,4	1,0	0,4	25
Груши	10,0	0,2	0,4	0,8	0,4	15
Виноград	18,0	0,7	0,7	0,2	0,6	6
Земляника	18,0	1,4	1,4	1,2	0,5	50
Агрис	7	2,0	0,8	2,3	0,5	38
Смородина	8	2,5	1,4	2,0	0,5	200
Вишні	9	1,8	0,9	2,5	0,7	65
Апельсини	7	1,4	0,9	2,5	0,7	65
Лимони	2,5	5,8	0,9	2,5	0,6	55

Різні рослини різняться і за елементним складом (табл. 6).

6. Середній вміст хімічних елементів у рослинах, %

(за А.В.Виноградовим).

Хімічний елемент	Вміст, %	Хімічний елемент	Вміст, %	Хімічний елемент	Вміст, %
Кисень	70	Бор	$1 \cdot 10^{-4}$	Рубідій	$5 \cdot 10^{-4}$
Вуглець	18	Барій	$n \cdot 10^{-4}$	Цинк	$3 \cdot 10^{-4}$
Водень	10	Стронцій	$n \cdot 10^{-4}$	Молібден	$3 \cdot 10^{-4}$
Кальцій	0,3	Цирконій	$n \cdot 10^{-4}$	Фтор	$1 \cdot 10^{-5}$
Калій	0,3	Нікель	$5 \cdot 10^{-5}$	Літій	$1 \cdot 10^{-5}$
Азот	0,3	Миш'як	$3 \cdot 10^{-5}$	Йод	$1 \cdot 10^{-5}$
Кремній	0,15	Кобальт	$2 \cdot 10^{-5}$	Свинець	$n \cdot 10^{-5}$
Магній	0,07	Алюміній	0,02	Кадмій	10^{-6}
Фосфор	0,07	Натрій	0,02	Цезій	$n \cdot 10^{-6}$
Сірка	0,05	Залізо	0,02	Селен	10^{-6}
Мідь	$2 \cdot 10^{-4}$	Хлор	0,01	Ртуть	$n \cdot 10^{-7}$
Титан	$1 \cdot 10^{-4}$	Манган	$1 \cdot 10^{-3}$	Радій	$n \cdot 10^{-14}$

На сьогодні у рослинах визначено понад 70 хімічних елементів. Двадцять з них відносять до необхідних: О, С, Н, N, S, P, К, Са, Mg, Na, Fe, В, Mn, Cu, Zn, Мо, Со, J, Cl, V, без яких рослина не може завершити повний цикл розвитку. 12 елементів вважають умовно необхідними [7].

Існують рослини концентратори хімічних елементів. Так золото концентрує кукурудза, срібло – огірки, молібден – бобові рослини, бор – цукрові буряки, сірку концентрують бобові, рапс, часник.

5.2 Механізм надходження елементів живлення у рослини

Для рослин характерні два типи живлення: автотрофний (засвоєння води, CO₂ і мінеральних солей) і гетеротрофний (використання готових органічних речовин). У межах автотрофного живлення рослин розрізняють повітряне і кореневе. Головним є повітряне живлення рослин (фотосинтез). На його долю припадає 95-98% синтезованої органічної речовини. Проте найбільш легкому керуванню піддається кореневе живлення рослин, яке здійснюється за допомогою кореня. Останній є спеціалізованою частиною рослин, що виконує п'ять функцій: закріплення, поглинання, виділення, транспорту, первинного засвоєння і синтезу.

Як видно з рис.7 кінчик кореня захищає від пошкоджень кореневий чохлак, далі йде зона поділу клітин, ще вище – зона розтягування, зона диференціації, зона корневих волосків і нарешті провідна зона. Раніше вважалося, що поглинання поживних речовин відбувається за рахунок корневих волосків. Останні являть собою вирости поверхневих клітин кореня довжиною від декількох міліметрів до 1 см. Термін життя корневих волосків становить 10-20 днів.



Рис.7 Будова кореня

На сьогодні доведено, що поглинання поживних елементів коренем відбувається на відстані до 1 м від зони корневих волосків. Головним призначенням корневих волосків є збільшення площі поверхні кореня. Виникає питання: який механізм надходження поживних елементів у рослину? Якщо ми доведемо яким чином потрапляє поживний елемент хоча б в одну із клітин, то далі все стає зрозумілим. Усі клітини пов'язані між собою плазмодесмами (тяжі цитоплазми), по яких переміщуються вода і поживні елементи. Існує ряд гіпотез, що пояснюють надходження елементів живлення у рослини. Так, Дютроше (1837) вважав, що поживні речовини надходять у рослину за рахунок дифузії (дифузійна гіпотеза). Як відомо концентрація поживних елементів у клітині значно вища ніж у навколишньому середовищі. Тоді яким

чином поживні елементи надходять у середину клітини проти електрохімічного градієнта? Якщо вбити клітину рентгенівськими променями, то елементи живлення, навпаки, виходять із клітини у навколишнє середовище. Дещо більш досконалою є дифузійно-осмотична гіпотеза Пфєффера, Де Фриза і Майєра. Згідно з цією гіпотезою, корінь поглинає поживні елементи разом з водою. Листя постійно випаровують воду і таким чином утворюється своєрідний насос, що закачує у рослину воду і поживні елементи. Експериментальні дослідження свідчать, якщо дві однакові рослини вирощувати за різної вологості, то рослина, яка вирощується при менших значеннях останньої «перекачає» із ємності значно більше води і при цьому поглине набагато менше поживних елементів. Отже, поглинання води і поживних елементів є два незалежних один від одного процеси.

Вченим відомі факти, коли у середину клітини без руйнації потрапляли досить великі молекули. Яким чином вони пройшли через ліпідну мембрану, яка має двошарову будову і не пропускає речовини, що розчиняються у воді і жирах. У зв'язку з такими фактами Овертоном була висунута ліпоїдна теорія, яка пояснювала це явище розчиненням таких речовин у ліпідних компонентах цитоплазматичних мембран. Згідно з ультрафільтраційною гіпотезою (автори Траубе і Руланд), поживні елементи потрапляють у середину клітини через пори. Не ясно одне, яким чином через пори проходять великі молекули, наприклад, амінокислоти і не проходять катіони металів, що мають незначні розміри?

Нарешті Дево спостерігав швидке зв'язування клітинами катіонів із дуже розбавлених розчинів. Це послужило виникненню адсорбційної гіпотези. Не виключаємо той факт, що за рахунок адсорбції йде концентрація поживних елементів у вільному просторі, а далі надходження їх у клітину відбувається за електрохімічним градієнтом.

Як видно із наведеного жодна із гіпотез не пояснює вибірковість поглинання поживних елементів та їх активне надходження. Досліди вказують, що внесений у поживну суміш радіоактивний фосфор (^{32}P) вже через декілька секунд був включений до складу органічних сполук рослини. Звичайно, що дифузія або «закачування» з водою не може забезпечити таку швидкість поглинання і засвоєння. Отже всі раніше наведені гіпотези, на наш погляд, у тій чи іншій мірі пояснювали пасивне надходження поживних елементів у рослину.

Найбільш правдоподібною є гіпотеза переносників або калійно-натрієвих насосів. Як вже зазначалося, бар'єром на шляху руху поживних елементів виступає плазмалема, яка має подвійну будову і складається із гідрофільних головок і гідрофобних хвостиків (рис.8). Гідрофільні головки пропускають речовини, що розчинюються у жирах. Гідрофобні хвостики, навпаки, не пропускають речовини, що розчиняються у воді але пропускають речовини, які розчиняються у жирах.

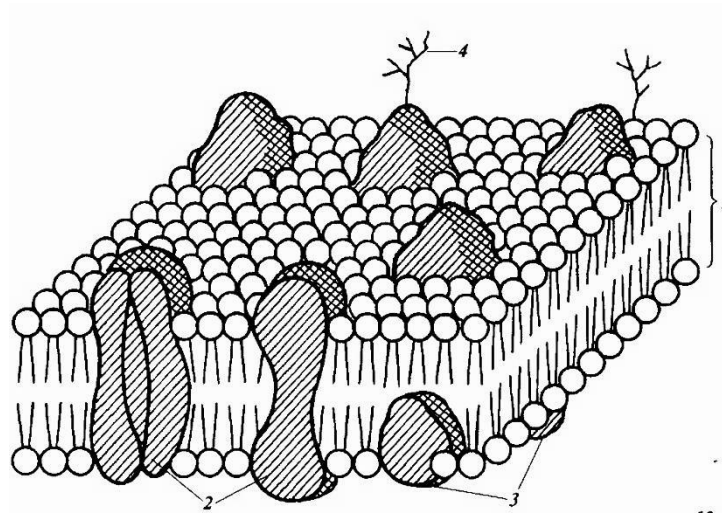


Рис.8 Будова плазмалеми

Таким чином ліпідна мембрана не пропускає речовини, що розчиняються як у воді, так і у жирах. Тоді яким чином через неї проходять поживні елементи?

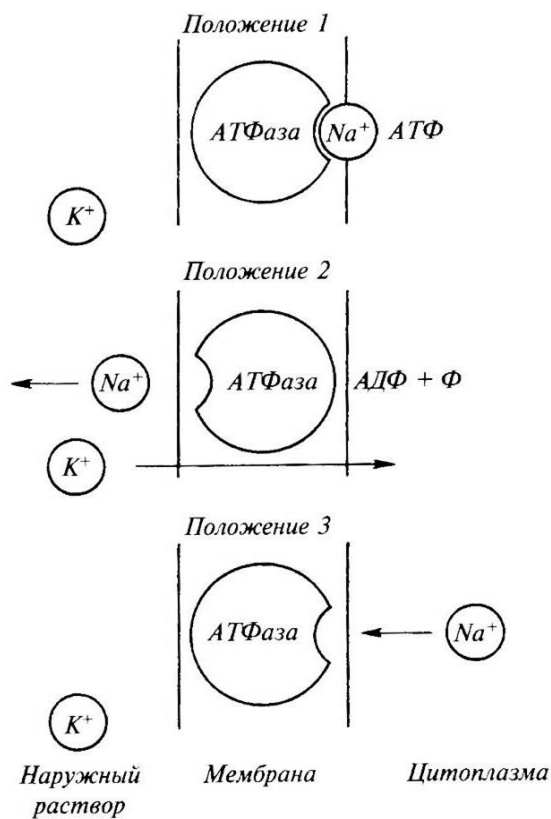


Рис.9 Схема роботи калійно-натрієвих насосів (переносників)

Із рис.9 видно, що у мембрану «вмонтовані» так звані АТФ-ази (білки здатні поглинати енергію АТФ). При поглинанні енергії АТФ-аза притягує до себе метал, переходить у нестійке положення і перекидається з металом у навколишнє середовище. При зміні умов метал випадає із чарунки, а його місце займає поживний елемент. Білок знову приходить у нестійке положення і обертається у внутрішню частину клітини. При цьому енергія АТФ закінчується. Поживний елемент випадає у цитоплазму. Білок знову поглинає енергію АТФ, стає активним, притягує метал, переходить у нестійке положення і обертається у навколишнє середовище. Цикл повторюється.

АТФ-аза постійно викачує із клітини метал, в обмін на який закачує поживний елемент. Який метал приймає участь у «закачці» поживних елементів? Таким металом є калій і натрій. Справа в тому, що у навколишньому середовищі досить високий вміст калію (1,5-2,5%). Калій надходить у клітину за електрохімічним градієнтом. Потім рослина в обмін на калій отримує потрібний для неї поживний елемент. Чи існують АТФ-ази і чи обертаються вони? Електронна мікроскопія свідчить про наявність таких білків і про зміну їх конформації. Який механізм обумовлює вибірковість поглинання? Таке поглинання обумовлює специфічність чарунок і їх активність. Таким чином із поглинанням катіонів все зрозуміло. Аніони теж поглинаються подібним чином але за допомогою «протонної помпи». Спочатку «протонна помпа» «викачує» із клітини H^+ , а після підлугування середовища помпа закачує протони разом із аніонами. Активне закачування у клітину протона

за електрохімічним градієнтом разом із аніоном називають симпортом. Зворотнє явище (викачування із клітини протона) отримало назву антипорт.

Особливим типом живлення є піноцитоз – поглинання клітиною речовин шляхом проникнення у розчинному чи дрібнодисперсному стані в краплині рідини, оточеній клітинною мембраною. Взагалі поглинання поживних елементів листковою поверхнею не є чимось новим. Разом із тим фізіологічні основи та механізми позакореневого живлення рослин до кінця не вивчені оскільки воно не є головним і не може замінити надходження елементів живлення за допомогою кореневої системи. Головним бар'єром на шляху проникнення поживних елементів до транспортної системи листка є кутикула і шар епідермісу. Вважається, що проникнення поживних елементів може відбутися крізь кутикулярні тріщини, дефекти, продихи, канали. Проникнення ліпофільних і неполярних речовин крізь кутикулу супроводжується процесом розчинення - дифузії. (Riederer and Friedmann, 2006), гідрофільні сполуки проходять крізь кутикулу із значно меншою швидкістю. Перенесення поживних елементів крізь продихи є цілком можливим за рахунок дифузії (Eichert and Goldbach, 2008) . Ряд авторів вказують на транскутикулярний перенос електролітів крізь заповнені водою пори (Schreiber and Schonherr, 2009). Що стосується сечовини, то поглинання її шляхом піноцитозу вважається доведеним [7]. Використання методу мічених атомів свідчить, що засвоєння поживних елементів через

листяву пластинку відбувається у 6-8 разів швидше ніж через корені (табл.7).

7. Швидкість поглинання поживних речовин нанесених на
листя рослин.

(А.М. Гродзинський, 1973)

Елемент	Рослина	Час поглинання 50% нанесеного розчину
азот (із карбаміду)	яблуня	1-4 год
	табак	24-36 год
	огірки, боби, томат, кукурудза	1-6 год
	картопля	12-24 год
фосфор	яблуня	7-11 діб
	квасоля	30 год
калій	квасоля	1-4 доби
кальцій	квасоля	4 доби
магній	яблуня	20% за 1 год
натрій	квасоля	6 год
сірка	квасоля	8 діб
залізо	квасоля	8% за 24 год
манган	квасоля, соя	24-48 діб
цинк	квасоля	24 год
молібден	квасоля	4% за 24 діб

Синтез хелатних форм мікродобрив без перебільшення порівнюють із революцією у рослинництві. Легке засвоєння хелатів крізь листя і наявність широкозахватної, високоефективної техніки для їх внесення дозволяє аграріям управляти живленням рослин під час вегетації. Разом із тим ще раз нагадаємо, що листкове підживлення рослин не є головним і використовується для корегування живленням рослин під час вегетації. Воно враховує особливості кліматичних умов і специфіку технології на тому чи іншому полі. Крім того корегування живлення під час вегетації рослин переслідуює ще одну не менш важливу задачу. А саме: цілеспрямоване управління біохімічними процесами формування біологічної якості продукції.

Отже метою проведення листкового підживлення рослин є вирішення таких задач як:

- компенсація частини основного внесення добрив;
- зняття дефіциту поживних елементів у критичні періоди росту і розвитку рослин;
- усунення дефіциту поживних елементів виявлених за допомогою оперативної діагностики;
- покращення живлення рослин, коли кореневе живлення ускладнено (низькі температури ґрунту, пошкодження кореневої системи патогенами наприкінці вегетації рослини);
- усунення стресових ситуацій (низькі температури, обробка посівів пестицидами);
- задоволення сортових потреб культур у макро- і мікроелементах;
- отримання продукції відповідної якості.

При внесенні мікродобрив по листку слід пам'ятати, що різні культури можуть витримувати різну концентрацію робочого розчину. За даними різних вчених озима пшениця витримує концентрацію карбаміду до 30%, кукурудза 5-6%, огірки 0,3-0,4%. Слід зазначити, що у різних джерелах вказуються різні безпечні дози для листового підживлення. Так, наприклад, на сайті компанії Райз (rise.ua/catalog.html?i=301) вказано наступні безпечні дози для листового підживлення карбамідом: зернові (озима і яра пшениця, озимий і ярий ячмінь) – 3,0-5,0%; кукурудза – 0,4-0,6%; буряки – 1,5-2%; картопля - 0,8-1,6%; огірки – 0,3-0,4%; капуста – 0,8-1,6%; цибуля – 1,6-3%.

Звичайно, що концентрація робочого розчину залежить не тільки від культури та фази її розвитку. Концентрація розчину і ефективність листового підживлення залежить від розміру крапель, погодних умов і вологості ґрунту. При низькій вологозабезпеченості рослин підживлення їх навіть 0,5% розчином, призводило до опіків. Вважається, що чим більш вологий клімат, тим більш «ніжним» є листовий апарат рослин і тим більше він зазнає хімічних опіків.

У посушливих умовах кутикулярний шар є більш повним, що захищає рослину від опіків. Встановлено, що рослини є більш чутливими до лужних розчинів, ніж до слабкокислих. Віддаючи належне позакореневому підживленню рослин слід пам'ятати і про деякі його недоліки, наприклад, частковий некроз листової пластинки. Як правило потреба у мікродобривах проявляється на ранніх етапах онтогенезу коли листова поверхня ще слабо

розвинена. Це призводить до того, що значна доля добрива потрапляє на ґрунт і слабо засвоюється. У ряді випадків позакореневі підживлення посівів проводяться при візуальних проявах нестачі мікроелементів, коли у рослинах вже відбулися незворотні зміни.

Проведені дослідження [8] вказують і на той факт, що навіть при науково-обґрунтованому внесенні мікроелементів вони забезпечують відносно незначний приріст урожаю (табл.8).

8. Ефективність застосування мікроелементів при вирощуванні сільськогосподарських культур (І.Р. Вільдфлуш, 2011)

Культури	Приріст урожаю, ц/га				
	Бор	Мідь	Цинк	Молібден	Манган
Озима пшениця	-	3,0-4,0	-	-	2,1
Ячмінь	2,0	2,8	1,8	-	-
Кукурудза на з/к	49	53	58	51	-
Горох	2,8	2,3	-	2,7	-
Картопля	39,0	45,0	-	-	-
Цукрові буряки	37,0	36,0	-	23,0	23,7
Рапс	2,1	-	-	-	-
Люпин	-	-	-	1,4	-

Якщо ж взяти до уваги витрати на внесення основних добрив (14% від усіх витрат у рослинництві), то стає зрозумілою роль мікродобрив, які у значній мірі визначають ефективність основного внесення NPK.

5.3 Вплив зовнішніх факторів на надходження елементів живлення у рослини

Поглинання поживних елементів залежить від ряду факторів: вмісту органічної речовини, механічного і мінералогічного складу ґрунту, температури, вологи, аерації, реакції і концентрації ґрунтового розчину, освітлення тощо.

Оптимальна концентрація ґрунтового розчину сильно варіює залежно від виду, сорту і етапу онтогенезу рослини. Коренева система може засвоювати поживні речовини із сильно розбавлених розчинів (0,01-0,05%). Краще засвоюються поживні елементи із розчинів із підвищеною концентрацією.

На поглинання поживних елементів впливає співвідношення їх у поживному середовищі. Для кожної рослини потрібно властиве їй співвідношення поживних елементів.

У разі надлишку одного із потрібних рослині елементів, можливе підсилене поглинання інших (захисна реакція рослини). Інколи навіть незначний надлишок одного із елементів призводить до різкого гальмування надходження інших елементів.

Саме на цьому етапі живлення найбільш яскраво проявляється антагонізм і синергізм іонів (рис.10). Надходження елементів живлення залежить від фізіологічної зрівноваженості розчину. Фізіологічно зрівноваженим вважається розчин, у якому

окремі елементи живлення знаходяться у таких співвідношеннях при яких відбувається найбільш ефективно їх поглинання. Наявність у поживній суміші азоту, фосфору і калію значно впливає на інтенсивність поглинання інших елементів. Так, підвищення рівня азотного живлення підвищує надходження P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn. Надлишок фосфору знижує надходження у рослини Cu, Fe, Mn, Zn. Підвищена концентрація калію знижує надходження кальцію, магнію та інших елементів. Дефіцит Fe, Mn, Zn обумовлює зниження надходження азоту. За даними ряду дослідів, поглинання азоту покращувалось у разі внесенні молібдену і кобальту. Поглинання рослинами фосфору зростало за наявності Cu, Zn, Ca, Mo і знижувалось під впливом Mg і Fe. Надходження калію у рослини знижувалось під впливом Cu, Mg, Ni, Zn, Mo, Fe, B.

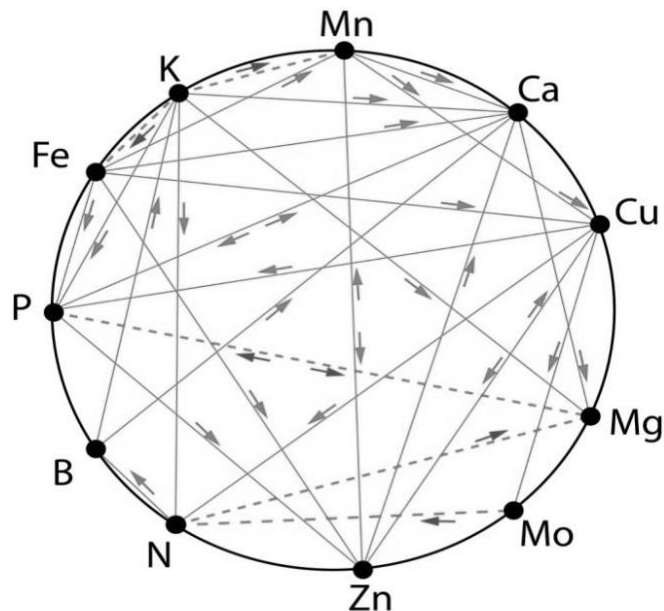


Рис.10 Синергізм і антагонізм іонів

На сьогодні явище антагонізму встановлено між Fe і Ca, Al і Na, Fe і Zn, Mn і Zn, Cu і Zn, Zn і Fe, Mn, Cu, Mo.

Явище синергізму і антагонізму у поглинанні елементів живлення може визначатися реакцією середовища, концентрацією і співвідношенням елементів у ґрунтовому розчині, температурою та іншими факторами. Залежно від вказаних умов, явища синергізму і антагонізму можуть переходити одне в інше.

Одним із факторів нормального росту і розвитку є забезпеченість вологою. Остання покращує фізіологічний стан рослин, підвищує інтенсивність фотосинтезу, біосинтез білків, покращує процеси обміну речовин. У разі нормального вмісту води у ґрунті покращується розвиток і розгалуження кореневої системи. Ну і нарешті вода є універсальною речовиною для дифузії поживних елементів і протікання всіх біохімічних процесів. При нестачі води посилюються процеси гідролізу і розпаду органічних речовин, знижується інтенсивність фотосинтезу, припиняється ріст і розвиток рослин.

На інтенсивність поглинання поживних елементів важливе значення має аерація ґрунту. Максимальне поглинання поживних елементів спостерігається у разі вмісту кисню 2-3%. Подальше зростання вмісту кисню до 100% суттєво не впливає на поглинання поживних елементів.

Живлення рослин тісно пов'язано із температурою ґрунту і повітря. Оптимальна температура для проростання ячменю – 20° С, для пшениці і жита – 25° С, для табака – 28° С, для кукурудзи і сорго – 32-35°С, для огірків – 35° С.

У разі достатнього освітлення посівів оптимальна температура повітря становить 15 - 30° С. Для кожного виду і сорту існують температури, що відповідають інтенсивному поглинанню тих чи інших елементів живлення. Якщо температура знижується до 10 - 11°С у рослин ускладнюється поглинання фосфору. Поглинання нітратного азоту гальмується при температурі нижче 5 - 6 °С. Фактично така температура є критичною для поглинання більшості елементів живлення. Підвищення температури до 40 - 50°С теж гальмує надходження елементів живлення у рослини. Це явище пов'язують у першу чергу із інактивацією ферментних систем.

Що стосується впливу освітлення, то рослини починають інтенсивно поглинати елементи живлення вже при перших променях сонця. Похмура погода призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу і поглинання поживних елементів.

За вимогливістю до інтенсивності освітлення культури поділяють на три групи: дуже вимогливі, помірно вимогливі, слабо вимогливі. Перші добре ростуть і розвиваються за інтенсивності освітлення 30- 40 тис. лк. Оптимальна освітленість для помірно вимогливих – 20-30 тис. лк. Слабовимогливі добре ростуть за рахунок запасу поживних речовин у продуктивних органах і без інтенсивного освітлення. Вони формують товарний урожай за освітлення 1000- 1500 лк.

Протягом року інтенсивність освітлення неоднакова. Так, узимку в широтах помірного клімату вона не перевищує 3-4 тис. лк. Мінімальна освітленість для росту і розвитку рослин гороху

становить 1100 лк, квасолі й огірка – 2440, помідора і редьки – 4000 лк. У хмарну погоду взимку інтенсивність освітлення в теплицях знижується до 500- 1000лк, тому для вирощування розсади в спорудах закритого ґрунту застосовують електродосвічування. Без досвічування вирощують лише слабовимогливі до світла культури (вигонкові) – цибулю ріпчасту на перо, зелень петрушки, селери, буряк столовий.

Улітку інтенсивність сонячного освітлення досить висока – 50- 60 тис. лк і більше. У разі такої інтенсивності рослини перегріваються, процеси асиміляції в них сповільнюються, і їх продуктивність та якість продукції знижуються. Неоднакове відношення овочевих культур до інтенсивності освітлення дає можливість на одній площі вирощувати дві культури. Так, посіви огірка ущільнюють кукурудзою.

У період утворення продуктивних органів деяких культур пряме сонячне світло погіршує їх якість. Під час досягання капусти цвітної, селери черешкової, цикорію салатного, спаржі, цибулі-порей, картоплі пряме освітлення погіршує їх товарні, смакові та харчові якості. Тому їх необхідно затінювати. Вплив інтенсивності освітлення на продуктивність рослин залежить і від дії інших факторів – концентрації вуглекислого газу в повітрі, вмісту поживних речовин і вологи в ґрунті.

Вимогливість овочевих рослин до інтенсивності освітлення протягом вегетаційного періоду змінюється. Найбільше світла рослинам потрібно на початку вегетації, під час появи сходів, коли

запаси поживних речовин у насінні вичерпані, а подальший ріст відбувається за рахунок асиміляції.

Нестача світла в цей період призводить до витягування сходів, ослаблення і навіть загибелі їх. Досить вимогливі овочеві культури до світла і під час розвитку генеративних органів та плодоношення.

Сонячне освітлення змінюється протягом доби і року. При суцільній хмарності до поверхні ґрунту надходить не більше 20% світлової енергії. Вранці, увечері та взимку, коли сонце низько над горизонтом, переважають червоні та інфрачервоні промені, в літній період серед дня – ультрафіолетові та сині. Неоднакове воно і в різних географічних широтах. Сонячна радіація на території України найменша з другої половини листопада і до половини січня, а найбільша влітку, особливо в південних областях. Тривалість сонячного освітлення протягом доби змінюється також залежно від зони – у південних районах день влітку триває до 14, а в північних – до 16-17 год.

Значний вплив на ріст і розвиток рослин та їх фізіологічні процеси має спектральний склад світла. Найбільшу участь у фотосинтезі та фізіологічних процесах бере фотосинтетична активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль 380-720 нм. На її частку припадає близько 45-50% усієї радіації. Червоні (довжина хвилі 620-720 нм) й оранжеві (620-595 нм) промені є основним видом енергії для фотосинтезу (у рослинах нагромаджується більше вуглеводів). Сині та фіолетові промені (довжина хвиль 490-380 нм) беруть участь у нагромадженні білка, впливають на морфогенез і регулюють процеси переходу до утворення репродуктивних

органів. Довгі ультрафіолетові промені (315-380 нм) запобігають витягуванню рослин і сприяють нагромадженню в них вітамінів, а середні ультрафіолетові промені (280-315 нм) – посилюють холодостійкість і сприяють гартуванню. Жовті і зелені промені (600-490 нм) найменш активні. У сонячні дні в розсіяній радіації переважають короткохвильові фіолетові й ультрафіолетові промені, а у хмарні – червоні та інфрачервоні.

ДІАГНОСТИКА МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур потребують проведення оперативної діагностики та коригування мінерального живлення рослин. Така постановка проблеми має як теоретичне, так і практичне підґрунтя. По-перше, всі інтенсивні сорти виведені на високих агрохімічних фонах, а тому реалізація їх генетичного потенціалу можлива за умов забезпечення відповідних параметрів ґрунту. По-друге, просторова варіабельність поживного режиму ґрунтів, особливості кліматичних умов року та відхилення від прийнятої системи застосування добрив теж вимагають проведення заходів щодо оптимізації мінерального живлення рослин.

Теоретичні розробки з діагностики та оптимізації живлення рослин проводяться починаючи з часів Ю. Лібіха і Ж. Б. Буссенго [10]. Зокрема розроблено чимало методів діагностики живлення рослин [11-19]: ґрунтова, рослинна, комплексна, дистанційна та ін. (рис. 24). Найбільш висвітленою у літературі є ґрунтова діагностика.

Згідно з останньою, на ділянках з низьким вмістом NPK дозу добрив збільшують, на ділянках з високим вмістом, навпаки, зменшують. На жаль, при внесенні добрив контурів вказаних ділянок на полі не видно. Для виходу з такого становища розраховують і вносять усереднену дозу, що призводить до перевнесення добрив на ділянках з високим вмістом поживних елементів і недовнесення на таких з низьким вмістом NPK.

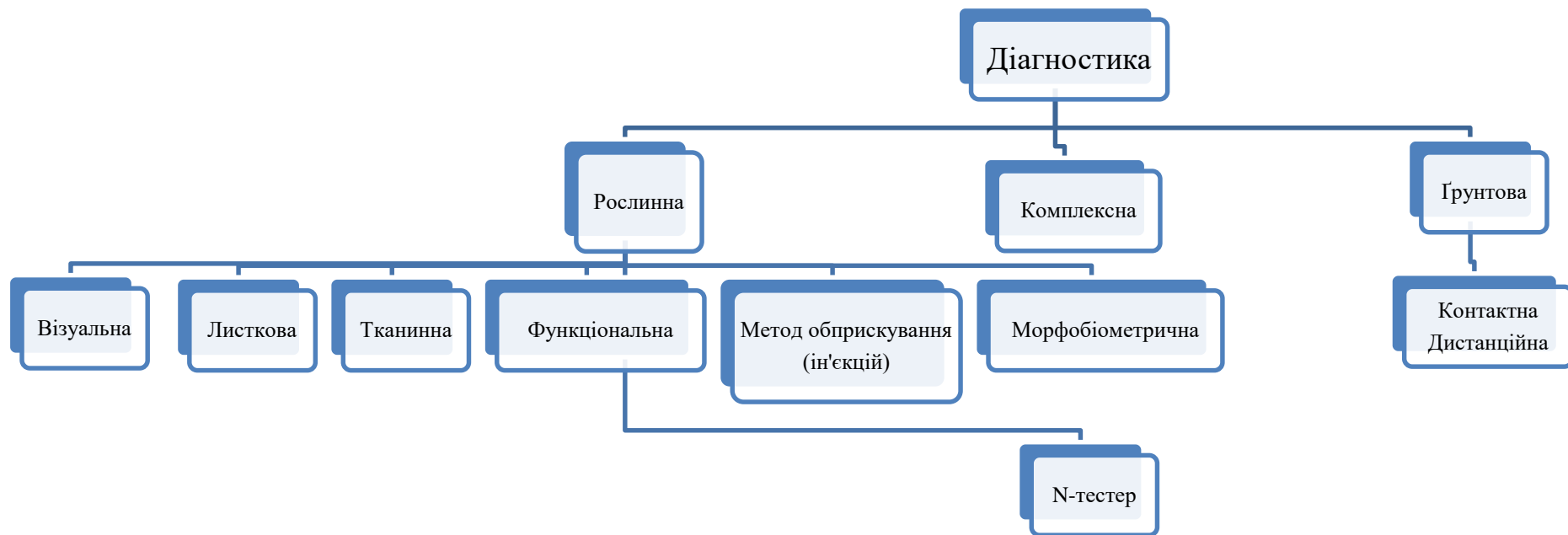


Рис. 24 Види діагностики мінерального живлення рослин

Здавалося з появою технологій точного землеробства і картограм урожайності культур знайдено вихід із такого становища. Туковисіваючий агрегат направляють за тим самим маршрутом що і комбайн. При цьому на ділянках з низькою урожайністю дозу добрив збільшують, а на ділянках з високою урожайністю – зменшують. Проте урожайність культур є інтегральним показником, що залежить від цілого ряду факторів. Як свідчать агрохімічні аналізи, низька урожайність на окремих ділянках поля пов'язана не стільки з мінеральним живленням рослин, скільки із щільністю і вологістю ґрунту. Не секрет, що навіть при використанні сучасної ґрунтообробної техніки на полях виникають огріхи, проявляється вплив мікрорельєфу, мезофауни, різної глибини залягання перехідних горизонтів, температурного режиму ґрунту тощо.

Другий недолік ґрунтової діагностики полягає у тому, що рухомі форми поживних елементів вилучають із ґрунту сильними кислотами. При цьому вважається, що коренева система рослин володіє такою ж здатністю до розчинення хімічних сполук як і мінеральні кислоти. Звичайно, що це лише припущення. Недосконалість ґрунтової діагностики живлення рослин прослідковується і в інтерпретації отриманих даних. Так, наявність у ґрунті 10 мг P_2O_5 на 100г останнього вважається як середній рівень забезпеченості його фосфором. Проте при низьких температурах такий вміст фосфору є недостатнім для нормального росту і розвитку рослин про що свідчать їх зовнішні ознаки (поява на листовій поверхні фіолетового відтінку), а також результати

функціональної діагностики. Не слід забувати і той факт, що існуючі градації забезпеченості рослин фосфором були розроблені для прийнятої на ті часи агротехніки, районованих сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Зміни у сортовому складі вирощуваних культур вимагають уточнення таких градацій, що не завжди є можливим та доречним. Крім того існує сезонна динаміка вмісту поживних речовин у ґрунті, нерівномірне надходження їх у рослини під час вегетації. Таким чином, навіть при однаковому вмісті поживних елементів у ґрунті рослини можуть відчувати як нестачу, так і їх надлишок.

Не менш поширеною є рослинна діагностика живлення рослин. Академік Д.М. Прянишников стверджував, що рослина більш точно ніж будь який аналіз вкаже нам на забезпеченість її елементами живлення. Саме цю мету і переслідує рослинна діагностика, в межах якої розрізняють: візуальну, тканинну, листову, морфо-біометричну, дистанційну (N-тестери) і функціональну діагностику [11–23]. У межах зазначених найбільш розробленою та ґрунтовою є листові діагностика. Проте здійснення її передбачає значних витрат часу і коштів. Так, на висушування і спалювання рослинних зразків потрібно 3 – 5 діб, стільки ж на відгонку азоту. Визначення фосфору і калію теж займає близько 5 діб. У цілому на проведення аналізу і складання рекомендацій витрачається 15 – 20 діб. Корегування живлення рослин шляхом позакорневих підживлень у такому випадку втрачає сенс.

В останні роки серед сільгоспвиробників широкої популярності набуває функціональна діагностика [7, 11, 12, 13]. На сьогодні вона практично витіснила тканинну діагностику за В.В. Церлінг. В основу функціональної діагностики покладено праці британського вченого Роберта Хілла, а саме: визначення фотосинтетичної активності хлоропластів. Ним показано, що процес фотосинтезу при освітленні суспензії хлоропластів протікає так само, як і у живих клітинах. Це дозволяє спостерігати реакцію хлоропластів на ін'єкцію того чи іншого елемента. При цьому посилення фотосинтетичної активності хлоропластів свідчить про нестачу поживного елемента, послаблення – про його надлишок. Активність хлоропластів оцінюється по виділеному кисню, який знебарвлює 2,6 – дихлорфеноліндофенол. Вимірювання інтенсивності світлопропускання суспензії до і після ін'єкції поживного елемента проводять на фотометрі. Як би не ставилися науковці до теоретичних основ функціональної діагностики, а переваги її перед раніше запропонованими методиками очевидні. Безумовно, що фотосинтез віддзеркалює реальні процеси обміну речовин у живих рослинах і протиставити цьому щось більш вагомим неможливо. На наш погляд, функціональна діагностика є своєрідною модифікацією метода «обприскування» або «ін'єкцій». Остання віддзеркалює реакцію рослини у цілому, функціональна – процес фотосинтезу. Разом із тим функціональна діагностика менш витратна, здійснюється на сучасному обладнанні та з застосуванням комп'ютерних програм. Перевагами такої діагностики є робота із живими рослинами, оперативність і

максимальне наближення її до безпосереднього виробника, врахування особливостей кожного поля і культур, що на ньому вирощуються.

Поява на українському ринку таких приладів, як АГРОВЕКТОР ПФ-014 (рис.25) сприяла широкому розповсюдженню вказаного виду діагностики на виробництві. При надмірно високих цінах на добрива це сприяло науково-обґрунтованому внесенню добрив, зниженню собівартості продукції і отриманню прибутку.



Рис. 25 Портативна лабораторія з функціональної діагностики рослин

З часом з'ясувалося, що визначення фотосинтетичної активності хлоропластів дозволяє прослідити вплив зовнішніх факторів (у тому числі й стресорів) на процеси фотосинтезу. Все це сприяло

активізації досліджень та розробці засобів, щодо адаптації сільськогосподарських рослин до нових умов вирощування, на які впливають біотичні (патогени) та абіотичні (різкі зміни температури, посуха, гербіцидне навантаження) стрес-фактори [15, 16].

Наступний напрям використання функціональної діагностики пов'язаний із отриманням сільськогосподарської продукції відповідної якості.

Досить тривалий час головною задачею рослинництва було отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур. Починаючи з 60-х років минулого століття (впровадження інтенсивного застосування добрив) все більше уваги приділяється якості отриманої продукції. Остання як правило оцінюється за одним-двома показниками (вміст білку і клейковини у зерні озимої пшениці, вміст цукру у коренеплодах цукрових буряків, вміст олії у зерні соняшника і т. ін.). Наприкінці ХХ ст., коли забруднення навколишнього середовища досягло катастрофічних масштабів, поширились захворювання пов'язані із вживанням неякісних продуктів харчування), вчені стали все більше використовувати категорію «біологічна якість продукції». Одним із перших, хто поставив це питання на порядок денний був академік (Городній, 1995). Під біологічною якістю продукції розуміють «комплекс окремих властивостей характерних тій чи іншій рослині, які необхідні для підтримування нормального метаболізму в організмі тварин і людини, що споживають цю рослину». Звичайно, що на біологічну якість продукції найбільший вплив здійснюють

добрива. Для оцінки такого впливу пропонують виділяти сполуки та елементи від яких залежить ця якість. У більшості випадків це білки, жири, вуглеводи, вітаміни фітогормони, мінеральні солі, органічні кислоти. Біологічні дослідження останніх років дозволяють прослідити як впливають вказані компоненти на обмін речовин у людини, а хімічний аналіз продукції свідчить про вплив на неї засобів хімізації. Не для кого, наприклад, не секрет до чого призводить нестача кобальту і йоду у продуктах харчування. Нестача кальцію сприяє розвитку рахіту, нестача фтору – обумовлює карієс і т.д. На сьогодні встановлено, що найбільший вплив на біологічну якість продукції здійснюють макро- і особливо мікродобрива. Так, останні можуть сприяти накопиченню нітратів у рослинницькій продукції (у відновленні нітратів до амонію приймають участь Mo, Mn, Fe, B, Zn), порушувати рівновагу мінеральних елементів, змінювати хімічний склад рослин. Так внесення науково необґрунтованих доз калійних добрив на пасовищах (у т.ч. на посівах трав) призводить до порушення співвідношення Ca:K, що викликає захворювання кісток у тварин. Усунення негативного прояву зовнішніх факторів може бути забезпечене дотриманням певного співвідношення макро- і мікроелементів. Раніше агрохімслужба і санепідемстанція обмежувалися проведенням аналізів і визначенням хімічного складу продукції, що впливало на її вартість але не змінювало біологічну якість. Боротьба за отримання високоякісної продукції повинна розпочинатися одразу від посіву культур шляхом управління мінеральним живленням рослин. Досягнення цієї мети можливе лише на підставі об'єктивної і завчасної (оперативної) діагностики. Наукові

дослідження і багаторічний досвід передових господарств свідчить, що такою є функціональна діагностика. Саме функціональна діагностика дозволяє на ранніх етапах онтогенезу так спрямувати обмін речовин у рослинах, щоб отримати заздалегідь запрограмовану біологічну якість продукції.

Отже, функціональна діагностика живлення рослин може бути використана для оцінки забезпеченості рослин поживними елементами, з метою оцінки впливу стрес-факторів на стан посівів сільськогосподарських культур, а також при розробці і впровадженні заходів з управління якістю рослинницької продукції.

Звичайно, що і як будь який напрям функціональна діагностика постійно удосконалюється. Протягом семи років вона проходила апробацію на кафедрі агрохімії ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Дослідження проводили у вегетаційних (метод ґрунтових, піщаних та водних культур), польових і виробничих дослідах.

На рис.26 показано вегетаційній дослід із ячменем (метод ізольованих розчинів). Після використання запасів поживних елементів із ендосперму одні рослини ячменю вирощували на повній суміші Мітчерліха (контроль), інші – на варіантах де із вказаної суміші вилучали той чи інший мікроелемент. Після прояву візуальних ознак нестачі мікроелементів проводили функціональну діагностику (рис.27). У всіх випадках остання вказувала на нестачу того елемента, який було вилучено із поживної суміші.

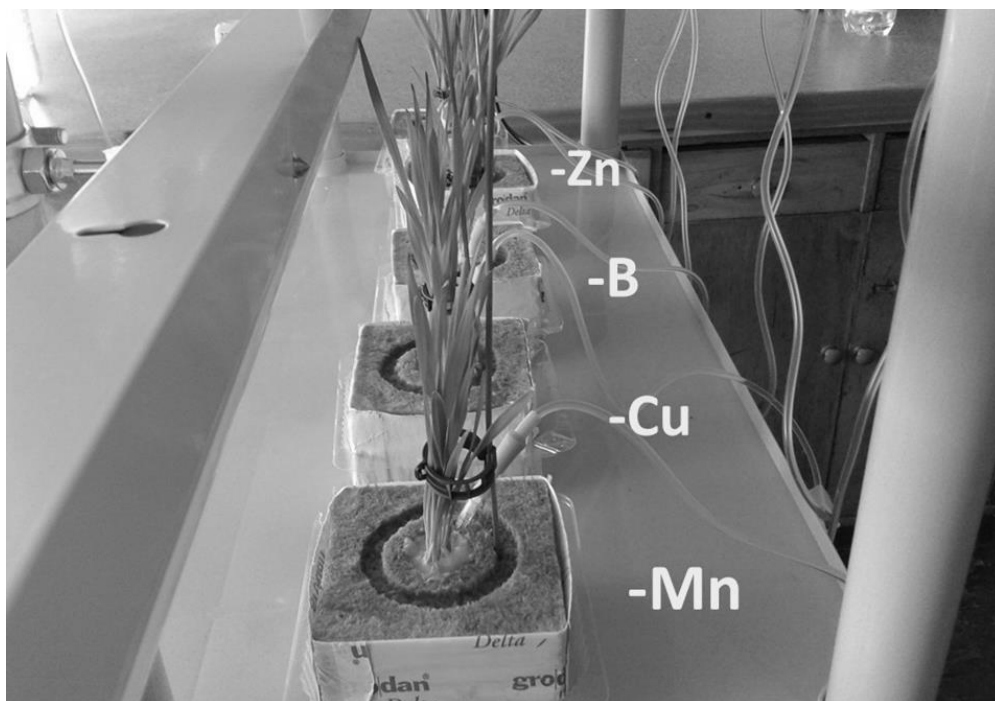
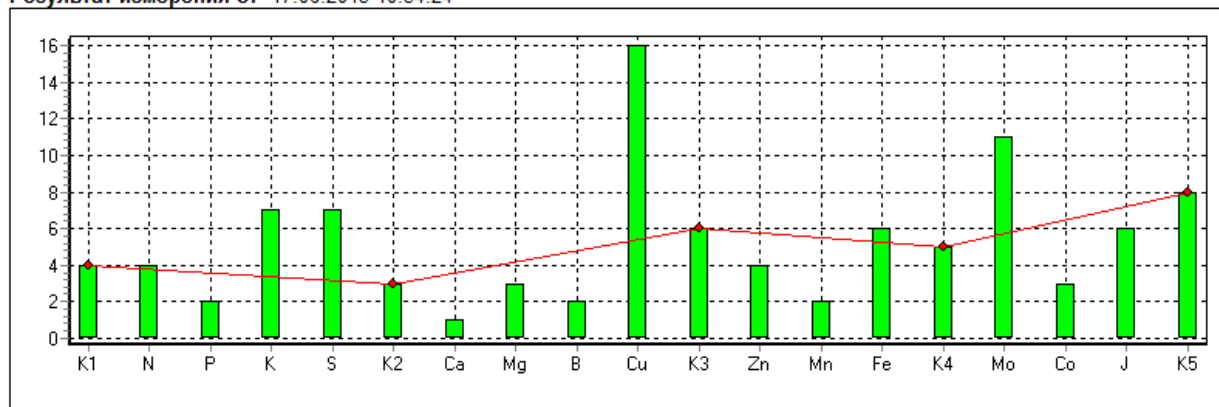


Рис.26 Вегетаційний дослід з ячменем. Метод ізольованих розчинів.

Результат измерения от 17.06.2015 10:34:24

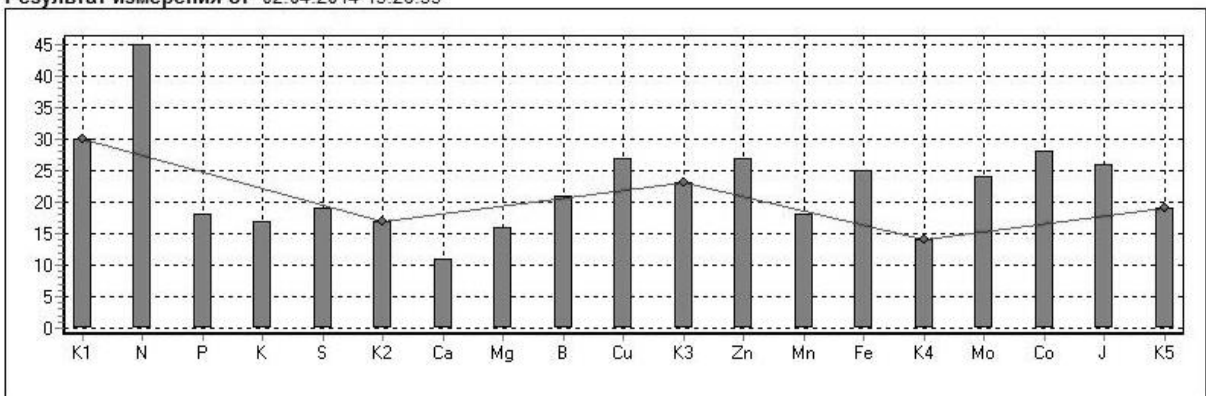


	N, кг/га	P, кг/га	K, кг/га	S, кг/га	Ca, кг/га	Mg, кг/га	B, г/га	Cu, г/га	Zn, г/га	Mn, г/га	Fe, г/га	Mo, г/га	Co, г/га	J, г/га
Изм.	4	2	7	7	1	3	2	16	4	2	6	11	3	6
%	5,3	0	105,9	118,8	0	0	0	196,3	0	0	14,3	91,3	0	0

Рис.27 Результати функціональної діагностики ячменю на поживній суміші без Cu: по осі ординат – фотосинтетична активність хлоропластів; по осі абсцис – макро- і мікроелементи, забезпеченість якими визначається. Червона лінія вказує на рівень активності хлоропластів на контролі. Вище червоної лінії – існує потреба у внесенні поживного елемента, нижче – ні

Широкий спектр досліджень проведено в умовах польових дослідів і виробничих посівів. На рис. 28 представлено результати функціональної діагностики посівів озимої пшениці у польовому досліді. Вони свідчать, що на фоні із низьким умістом мінерального азоту рослини відчували його нестачу. На вказаному фоні рослинам явно не вистачало елементів, що приймають участь у фотосинтезі (Cu, Fe, Zn), а також мікроелементів, що приймають безпосередню участь у білковому обміні рослин. Отримані дані вказують на подвійний зв'язок між забезпеченістю рослин азотом із одного боку, забезпеченістю молібденом і кобальтом із іншого. Нестача останніх, як правило, гальмує азотний обмін у рослинах. Разом із тим посилене надходження нітратного азоту призводить до дефіциту молібдену. Що стосується нестачі йоду, то вона скоріше пов'язана з особливостями геохімічної провінції, до складу якої входить Харківська область.

Результат измерения от 02.04.2014 13:26:33



	N, кг/га	P, кг/га	K, кг/га	S, кг/га	Ca, кг/га	Mg, кг/га	B, г/га	Cu, г/га	Zn, г/га	Mn, г/га	Fe, г/га	Mo, г/га	Co, г/га	J, г/га
Изм.	45	18	17	19	11	16	21	27	27	18	25	24	28	26
%	64,2	0	0	0	0	0	1,9	23,9	30,1	0	53,8	57,4	69,7	46,5

Рис.28 Результати функціональної діагностики посівів озимої пшениці на фоні з низьким умістом мінерального азоту.

Чудові результати дає проведення функціональної діагностики в умовах захищеного ґрунту. Порушення мінерального живлення огірка така діагностика виявляла на три-чотири доби раніше ніж з'являлися візуальні ознаки (рис. 29).

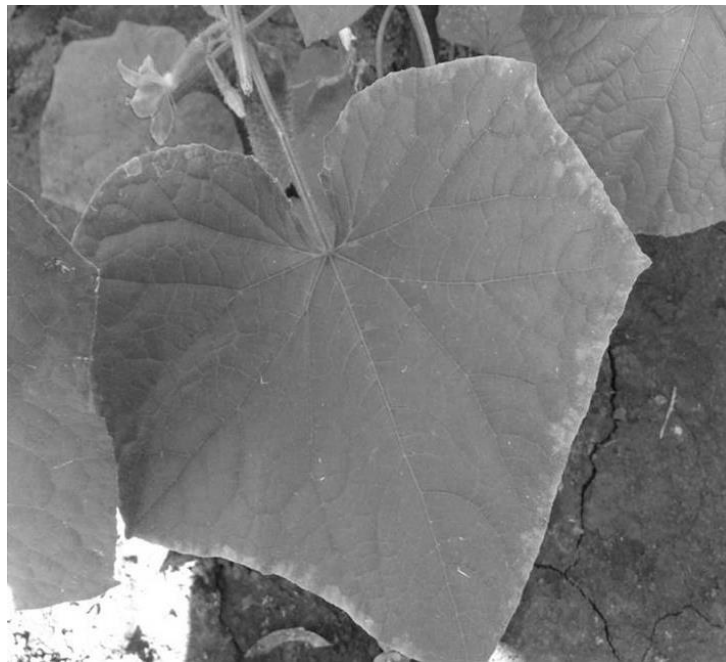


Рис.29 Крайові опіки листків огірка. Зовнішні ознаки нестачі калію.

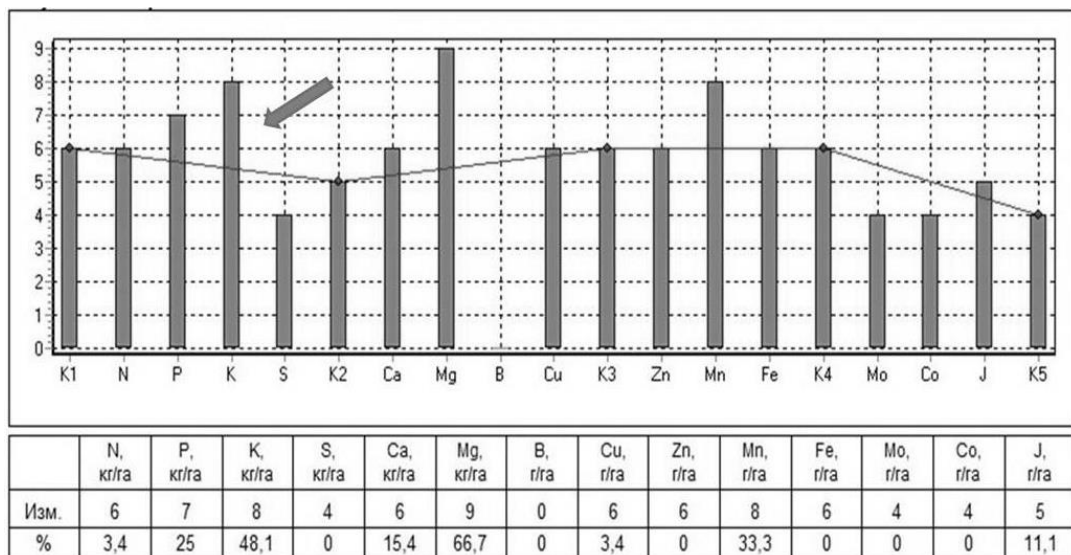


Рис.30 Результати функціональної діагностики огірка до внесення монофосфату калію

Проведення функціональної діагностики живлення огірка виявило нестачу калію, фосфору, магнію, мангану (рис.30). Внесення монофосфату калію повністю знімало дефіцит фосфору і калію

(рис 31)

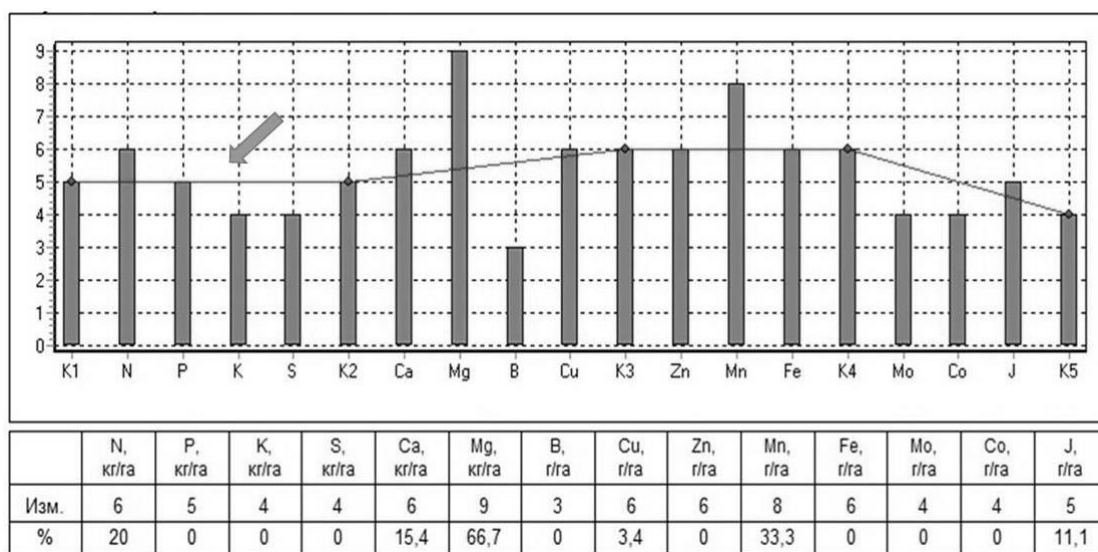


Рис.31 Результати функціональної діагностики огірка після внесення монофосфату калію

Роботи із удосконалення методичних аспектів функціональної діагностики живлення рослин постійно продовжуються як в умовах вегетаційних дослідів (рис.32), так і у польовому досліді на штучно створених агрохімічних фонах (рис.33)

Разом із тим виникає питання про те чи може агроном обмежитися тільки функціональною діагностикою? Однозначної відповіді не існує. Наприклад, нестача рухомого фосфору, що виявлена функціональною діагностикою, може бути зумовлена

недостатнім умістом його у ґрунті, низькими температурами повітря, лужною реакцією ґрунту, антагонізмом іонів і т. ін. У таких випадках потрібно залучати ґрунтову діагностику.



Рис. 32 Вегетаційний дослід із ячменем (піщана культура)



Рис.33 Дослід із штучно створеними агрохімічними фонами

З іншого боку тільки за допомогою функціональної діагностики було встановлено гальмування фосфором надходження у зернові культури цинку. Саме останній обмежував рівень урожайності зернових на удобрених чорноземах Харківської області [22].

Повну інформацію про живлення рослин можна отримати при наявності у господарстві як лабораторії з функціональної діагностики, так і ґрунтової лабораторії (рис.34).



Рис.34 Лабораторія ґрунтової діагностики «Агровектор V 1.0»

Методичні аспекти визначення вмісту поживних елементів у ґрунтах за допомогою портативної лабораторії «Агровектор».

Агрохімічний аналіз ґрунтів є невід'ємною частиною сільськогосподарського виробництва. Без інформації про потребу рослин в елементах живлення неможливо отримувати стабільно високі врожаї. Особливу актуальність проблема агрохімічного обстеження ґрунтів в Україні набула в останні роки, що пов'язано із різким зростанням цін на мінеральні добрива. Вирішення її здійснюється як за допомогою стаціонарних, так і портативних лабораторій. Із «портативністю» пов'язують експрес-визначення вмісту поживних елементів у ґрунтах. З першого погляду це

означає зниження точності проведення аналізу. Проте портативність сучасних лабораторій обумовлена переходом вимірювальної техніки на нову елементну базу, використанням більш досконаліх методів визначення хімічних елементів. Підтвердженням цьому є характеристики портативної лабораторії «Агровектор», до складу якої входить фотометр з програмним забезпеченням і можливостями виводу інформації на персональний комп'ютер, GPS модуль і кондуктометр EZODO 7200. Лабораторія обслуговується одним лаборантом і дозволяє проводити аналіз ґрунтів на кислотність, вміст гумусу, азоту, фосфору, калію та сірки (N, P, K, S). Запас реактивів розраховано на проведення 100 визначень по кожному із елементів. Запропонована методика агрохімічного обстеження ґрунтів включає: відбір і підготовку проб; проведення аналізу; опрацювання аналітичного матеріалу на сайті Cardfield.com.ua та надання рекомендацій щодо внесення добрив.

Польове агрохімічне обстеження ґрунтів проводять з картографічним матеріалом (план землеустрою) у масштабі: Полісся і Лісостеп – 1:10000; Степ – 25000. Розмір елементарної ділянки для відбору індивідуальних проб залежить від виду сільськогосподарських угідь, контурності території, строкатості ґрунтового покриву та розміру земельної ділянки. Площа елементарної ділянки для Полісся становить 5га, Лісостепу – 10га, Степу – 20га. Для зрошуваних угідь ці площі відповідно становлять 2 і 5га відповідно. Для осушених ґрунтів площа елементарної ділянки у всіх ґрунтово-кліматичних зонах не повинна

перевищувати 5га. Відбирання зразків проводять протягом вегетаційного періоду. Час відбору залежить від мети агрохімічних досліджень. Умови відбору зразків з однієї земельної ділянки (поля) повинні бути однаковими. Індивідуальні проби (не менше 20) відбирають буром через рівні відстані одна від одної (100 м) і поміщають у відро. Ґрунт у відрі перемішують. Із змішаного зразка методом квартування відбирають аналітичну пробу (200г). Аналітичну пробу просушують, розтирають у фарфоровій ступці і просіюють крізь сито із отворами 1мм. Зберігають зразки у паперових або целофанових пакетах. Кожен пакет маркують. На етикетці вказують адресу господарства, номер сівозміни, поле, культуру, що вирощується, дату і глибину відбору зразка, прізвище аналітика.

Визначення рНксі

Суть методу полягає у витісненні з ґрунтового вбирного комплексу іонів H^+ і Al^{+++} 1,0 н. розчином KCl і визначенні рН за допомогою потенціометра.

Хід аналізу

До наважки ґрунту масою 20 г приливають циліндром 50мл 1н розчину KCl і збовтують протягом 60 хвилин. Суспензії дають відстоятися протягом 3 хв після чого у прозорому розчині проводять вимірювання рН на приладі EZODO 7200.

Отримання витяжки з ґрунту для визначення NO_3^- , NH_4^+ , S

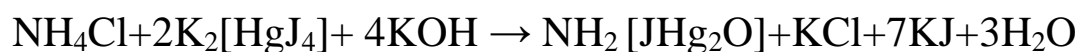
Наважку розтертого і просіяного крізь сито (1мм) ґрунту масою 10г поміщають у конічну колбу ємкістю 250 мл. У колбу циліндром приливають 100мл 1н розчину KCl. Суспензію періодично збовтують на протязі 30 хв і фільтрують у чисту конічну колбу. Перші мутні порції витяжки знову повертають на фільтр. Отриману витяжку використовують для визначення мінерального азоту і сірки.

Отримання витяжки з ґрунту для визначення P_2O_5 і K_2O

Наважку розтертого і просіяного крізь сито (1мм) ґрунту масою 4г поміщають у конічну колбу ємкістю 250 мл. У колбу циліндром приливають 100мл 0,5н розчину CH_3COOH . Суспензію періодично збовтують на протязі 30 хв і фільтрують у чисту конічну колбу. Перші мутні порції витяжки знову повертають на фільтр. Отриману витяжку використовують для визначення рухомих форм фосфору і калію

Визначення амонійного азоту (N - NH_4^+)

Суть методу полягає у витісненні обмінного амонію 1н розчином KCl із наступним визначенням NH_4^+ за допомогою реактиву Несслера. Іон амонію утворює із останнім сполуку (йодид меркурамонію), що забарвлює розчин у жовтий колір.



Для усунення негативного впливу іонів кальцію і магнію до витяжки додають декілька кришталіків сегнетової солі. Інтенсивність жовтого забарвлення після додавання до витяжки реактиву Несслера пропорційна вмісту амонійного азоту.

Реактиви:

1. Розчин 1н KCl.

1. Реагент для визначення амонійного азоту №1 (сегнетова сіль)

2. Реагент для визначення амонійного азоту №2 (реактив Несслера)

Хід аналізу

У пробірку дозатором беруть 10 мл фільтрату і додають декілька кришталіків реагенту №1, перемішують до розчинення, та приливають піпеткою 1мл реагенту №2. Збовтують. Після появи жовтого забарвлення розчин наливають у кювету приладу і вимірюють світлопропускання при 430 нм.

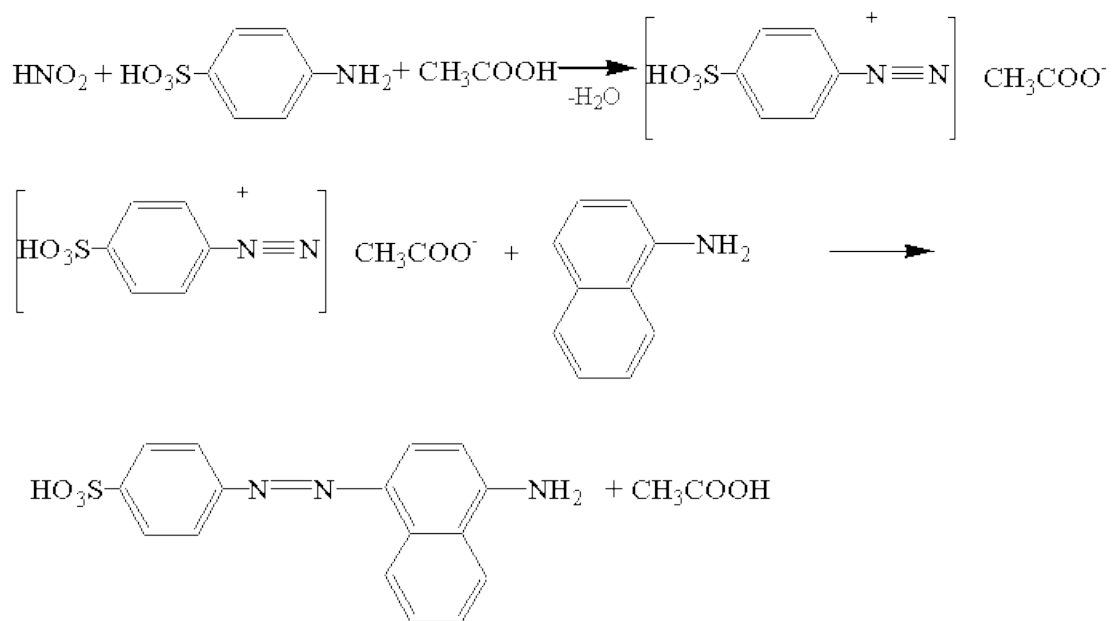
Вимірювання:

1. Вибираємо із меню фотометра пункт «Обработка» та натискаємо кнопку «Пуск».
2. Вибираємо потрібний номер зразка і знову натискаємо кнопку «Пуск».
3. Із меню вибираємо потрібний поживний елемент (амонійний азот).

4. Наливаємо у кювету 1н розчин КСІ, та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Пустая проба» .
5. Наливаємо у кювету забарвлений розчин, та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Тест образца».
6. Після завершення циклу вимірювань натиснути кнопку «Режим», та зберегти отримані результати.

Визначення нітратного азоту (N - NO₃)

Суть методу полягає у відновленні нітратів до нітритів цинковим пилом з наступним визначенням останніх за допомогою реактиву Грісса. При взаємодії нітритів із сульфаніловою кислотою і альфанафтиламином у кислому середовищі утворюється азосполука рожево-червоного кольору. Інтенсивність забарвлення пропорційна вмісту у витяжці нітратного азоту.



Реактиви:

1. Розчин 1н КСl.
2. Комбінований реактив VS 55 для визначення нітратів.

Хід аналізу

У пробірку дозатором беруть 10 мл фільтрату. Додають скляною паличкою 0,3г комбінованого реагенту VS 55, збовтують, через 10 хв після появи забарвлення проводять вимірювання світлопропускання при довжині хвилі 520 нм.

Вимірювання:

1. Вибираємо із меню фотометра пункт «Обработка» та натискаємо кнопку «Пуск».
2. Вибираємо потрібний номер зразка і знову натискаємо кнопку «Пуск».
3. Із меню вибираємо потрібний поживний елемент (нітратний азот).
4. Наливаємо у кювету 1н розчин КСl, та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Пустая проба» .
5. Наливаємо у кювету забарвлений розчин, та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Тест образца».
6. Після закінчення циклу вимірювань натиснути кнопку «Режим», та зберегти отримані результати.

Визначення мінерального азоту

Мінеральний азот являє собою суму амонійного і нітратного азоту, та розраховується автоматично.

Рівень забезпеченості ґрунтів мінеральним азотом (мг/кг)

Дуже низький	Низький	Середній	Підвищений	Високий	Дуже високий
<11	11 - 15	16 - 24	25 - 30	31 - 35	> 35

Визначення вмісту рухомого фосфору (P_2O_5)

В основу методу покладено отримання забарвленого комплексу за Деніже із наступним фотометричним визначенням фосфатів.

Як відомо, аніони фосфорної кислоти здатні утворювати у кислому середовищі з молібдатом амонію $(NH_4)_2MoO_4$ фосфорномолібденову гетерополікислоту – $H_3P[Mo_3O_{10}]_4$. При додаванні відновника (аскорбінової кислоти) молібден відновлюється до п'ятивалентного. При цьому утворюється сполука синього кольору $(MoO_2 \cdot 4MoO_3)_2 \cdot H_3PO_4 \cdot 4H_2O$. Слід пам'ятати, що інтенсивність забарвлення залежить не тільки від

вмісту у розчині фосфатів, але й від співвідношення у ньому кислоти, молібдату амонію і відновника.

Реактиви:

1. Розчин 0,5н CH_3COOH
2. Реактив А
3. Реактив Б (готують у день проведення аналізу)

Приготування реактиву Б:

0,948 г аскорбінової кислоти розчиняють у 178 мл реактиву А і доводять об'єм до 1л дистильованою водою.

Хід аналізу

У пробірку на 50 мл дозатором беруть 10 мл фільтрату, та доводять загальний об'єм до мітки реактивом Б. Через 15 хв після появи синього забарвлення проводять вимірювання при довжині хвилі 635 нм.

Вимірювання:

1. Вибираємо із меню фотометра пункт «Обработка» та натискаємо кнопку «Пуск».
2. Вибираємо потрібний номер зразка і знову натискаємо кнопку «Пуск».
3. Із меню вибираємо потрібний поживний елемент (фосфор).

4. Наливаємо у кювету 0,5н розчин CH_3COOH , та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Пустая проба» .
5. Наливаємо у кювету забарвлений розчин та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Тест образца».
6. Після закінчення циклу вимірювань натиснути кнопку «Режим», та зберегти отримані результати.

Рівень забезпеченості ґрунтів рухомих фосфором, мг/100г ґрунту

<i>Дуже низький</i>	<i>Низький</i>	<i>Середній</i>	<i>Підвищений</i>	<i>Високий</i>	<i>Дуже високий</i>
<i><2</i>	<i>2 - 5</i>	<i>5 - 10</i>	<i>10 - 15</i>	<i>15 - 20</i>	<i>> 20</i>

При забезпеченості рухомих фосфором > 20 мг/100г ґрунту фосфорні добрива не рекомендують для внесення, оскільки фосфор являється антагоністом Ca і Zn.

Визначення вмісту рухомого калію (K_2O)

Рухомий калій визначається у 0,5н витяжці CH_3COOH , що дає підстави використовувати загальноприйняті градації забезпеченості ґрунтів вказаним елементом. Водночас методика визначення вмісту рухомого калію модифікована для проведення досліджень в польових умовах, що досягається турбідиметричним завершенням аналізу. В основу вказаного методу покладено реакцію калію із

тетрафенілборатом натрію з утворенням колоїдної суспензії. У межах довжини хвилі 578 ± 10 нм інтенсивність світлорозсіювання підпорядковується закону Бугера-Ламберта-Бера. Це дозволяє визначати концентрацію калію у витяжці за величиною світлопропускання.

Реактиви:

1. Розчин 0,5н CH_3COOH
2. Реактив 1 Тетрафенілборат натрію

Хід аналізу

У пробірку за допомогою піпетки беруть 5 мл фільтрату, додають 5мл тетрафенілборату натрію для отримання колоїдної суспензії, збовтують і через 10 хв вимірюють світлорозсіювання при довжині хвилі 570 нм.

Вимірювання:

1. Вибираємо із меню фотометра пункт «Обработка» та натискаємо кнопку «Пуск».
2. Вибираємо потрібний номер зразка і знову натискаємо кнопку «Пуск».
3. Із меню вибираємо потрібний елемент (калій).
4. Наливаємо у кювету 0,5н розчин CH_3COOH , та проводимо вимірювання шляхом обрання пункту «Пустая проба».
5. Наливаємо у кювету отриману суспензію та проводимо вимірювання шляхом обрання із меню пункту «Тест образца».

6. Після закінчення циклу вимірювань натиснути кнопку «Режим», та зберегти отримані результати

Рівень забезпеченості ґрунтів рухомим калієм, мг/100г ґрунту

Дуже низький	Низький	Середній	Підвищений	Високий	Дуже високий
<4	4 - 9	9 - 14	14 - 19	19 - 24	> 24

Визначення вмісту рухомої сірки ($S-SO_4^{2-}$)

Суть методу полягає у вилученні рухомої сірки із ґрунту 1н розчином KCl і осадженні сульфатів у вигляді білої суспензії хлористим барієм. У якості стабілізатору суспензії використовують розчинний крохмаль або гліцерин. Інтенсивність світлорозсіювання суспензії залежить від вмісту сірки у витяжці.

Реактиви:

1. Реактив 1 Розчин 1н KCl
2. Реактив 2 Розчин 10% HCl
3. Реактив 3 Розчин 2% BaCl₂.

Хід аналізу

У пробірку об'ємом 50мл за допомогою піпетки беруть 10 мл фільтрату і додають 2 мл 10% HCl, об'єм доводять приблизно до 40 мл, та швидко приливають 5мл 2% BaCl₂, після чого доводять об'єм розчину до 50 мл. Після появи колоїдної суспензії, збовтують і через 10 хв проводять вимірювання світлорозсіювання при довжині хвилі 520 нм.

Вимірювання:

1. Вибираємо із меню фотометра пункт «Обработка» та натискаємо кнопку «Пуск».
2. Вибираємо потрібний номер зразка і знову натискаємо кнопку «Пуск».
3. Із меню вибираємо потрібний елемент (сірка).
4. Наливаємо у кювету 1н розчин КСІ, та проводимо вимірювання шляхом обрання пункту «Пустая проба».
5. Наливаємо у кювету отриману суспензію, та проводимо вимірювання шляхом обрання пункту «Тест образца».
6. Після закінчення циклу вимірювань натиснути кнопку «Режим», та зберегти отримані результати.

Рівень забезпеченості ґрунтів рухомою сіркою, мг/кг ґрунту

Дуже низький	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
0 - 2,5	2,5 - 5	5 - 10	10 - 14	>15

Детальний аналіз наведених методик свідчить про відсутність у них деяких аналітичних операцій у порівнянні із стандартизованими аналогами [23-33]. Подібні удосконалення здійснено на підставі досліджень В.І. Філона. Експериментально доведено, що вони не погіршують якість проведення аналізу і являються типовим прикладом випереджувальної стандартизації.

Крім того, використання вказаних методик робить проведення аналізу більш привабливим і комфортним, що зменшує вірогідність похибок самого аналітика. На наш погляд, найбільш вагомими чинниками, що впливають на об'єктивність отриманих даних і правильне їх використання є природа реагенту для вилучення поживних елементів, обране співвідношення ґрунт : розчин і прийняті градації забезпеченості ґрунтів рухомими формами поживних елементів. У цьому аспекті доцільно гармонізувати відомі модифікації методик до європейських стандартів. Особливу увагу слід приділити просторовій і часовій варіабельності агрохімічних показників ґрунту. Так, на кафедрі агрохімії порівнювали варіабельність вмісту у ґрунті рухомого фосфору [34-35] із похибками визначення його за модифікованою методикою. Якщо природна варіабельність вмісту рухомого фосфору становила 50%, то похибка обумовлена модифікацією методики не перевищувала 1 – 2%. При цьому слід пам'ятати, що для прийняття оперативних рішень щодо втручання у поживний режим ґрунту достатньо «попасти» у прийняті градації забезпеченості ґрунтів поживним елементом, наприклад 2-5; 5-10; 10-15мг/100 г ґрунту. Висока точність проведення аналізу у такому випадку не обов'язкова.

Отже, знайомство із портативною лабораторією «Агровектор» дозволяє зробити наступний висновок. В основу визначення вмісту у ґрунті поживних елементів покладено сучасні стандартизовані методики, які модифіковано до сучасного обладнання і польових умов проведення аналізів.

ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ

Агрохімічна характеристика кислих ґрунтів

За даними Інституту охорони ґрунтів України кислі ґрунти займають площу 3,7 млн. га. Найбільше поширення кислі ґрунти знайшли на Поліссі, у зоні дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтів (Чернігівська, Житомирська, Рівненська області). У зоні лісостепу головні масиви кислих ґрунтів розташовані у Вінницькій, Черкаській і Сумській областях.

Головні питання, які турбують аграріїв це припинення вапнування ґрунтів і постійне зростання площ із середньо- і сильно кислими ґрунтами водночас із підйомом ґрунтових вод. Це призводить до забур'яненості орних ґрунтів специфічними бур'янами (хвощ польовий) і низької ефективності гербіцидів. Підкислення орних земель супроводжується погіршенням фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. За підрахунками фахівців недобір урожаю при цьому щороку становить близько 1 млн. 350 тис. т. зернових одиниць.

Безпосередній негативний вплив на ріст і розвиток рослин здійснює кисла реакція ґрунту. Як правило кислі ґрунти характеризуються низьким вмістом гумусу і азоту, здебільшого вони безструктурні з негативним повітряним і водним режимом. Кисла реакція ґрунтового розчину ускладнює мінеральне живлення рослин і призводить до накопичення у ґрунті токсичного алюмінію, мангану, заліза. Підкислення ґрунтів негативно впливає на їх

корисну мікрофлору (нітрифікацію, асоціативну і симбіотичну азотфіксацію).

Визначення потреби у вапнуванні

За чутливістю до реакції ґрунтового середовища сільськогосподарські культури поділяють на:

- найчутливіші (люцерна, буряки, буркун, капуста білоголова, яблуня, вишня, смородина);
- чутливі до кислої реакції ґрунтового розчину (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, горох, соняшник, квасоля, вика, конюшина, огірок, цибуля, груша, агрус);
- слабкочутливі до підвищеної кислотності ґрунтового розчину (жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, помідор, морква, суніця);
- потребують вапнування лише середньо- і сильно кислих ґрунтів (льон, картопля);
- досить стійкі до кислого середовища (люпин, щавель, рис, серадела);
- культури, що ростуть тільки на кислих ґрунтах (кофе, чайний кущ, цитрусові).

Потребу у вапнуванні можна визначити за станом посівів (особливо за станом культур чутливих до реакції ґрунту). Про необхідність вапнування ґрунтів свідчать їх зовнішні ознаки. Як правило кислі ґрунти слабо структурні мають світло-сірий відтінок

і явно виражений підзолистий горизонт. На кислих ґрунтах добре ростуть специфічні бур'яни (жовтець повзучий, щучка, ситник, багульник, верес). Визначити потребу у вапнуванні можна за розповсюдженням рослин - індикаторів (хвощ польовий). Звичайно, що більш точно визначити потребу у вапнуванні можливо лише за величиною обмінної кислотності (pH_{KCl}) і ступеням насиченості ґрунтів основами (V). При визначенні потреби у вапнуванні ґрунтів враховують також механічний склад (табл..)

Оцінка необхідності вапнування ґрунтів.

Ґрунт	Необхідність вапнування							
	сильне		середня		слабка		відсутньої	
	pH	V	pH	V	pH	V	pH	V
Важко і середньо суглинковий	<5	<45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	>6,0	>70
Легко суглинковий	<5	<35	5,0-5,5	35-55	5,5-6,0	55-65	>6,0	>65
Піщаний	<5	<30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	>6,0	>60

Слід зазначити, що кислотність ґрунту є дуже важливим показником. Разом із тим при визначенні потреби у вапнуванні слід враховувати також вміст у ґрунті рухомого алюмінію, заліза, марганцю. Інколи потребу у вапнуванні визначають за ступенями насиченості основами. Так, при $V=50\%$ - потреба у вапнуванні сильна; при $V=50-70\%$ - середня; при $V=70-80\%$ - слабка; при $V > 80\%$ - ґрунт не потребує вапнування. Досвід вказує, що кращі результати при визначенні потреби у вапнуванні дає врахування механічного складу, pH і ступеня насиченості ґрунту основами.

Визначення дози вапна.

Орієнтовно дозу вапна можна визначити за величиною рН сольової витяжки і механічним складом ґрунту (табл..)

Дози вапна у залежності від рН_{ксі} і механічного складу ґрунту, т/га CaCO₃.

Ґрунт	рН _{ксі}					
	<4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,2-5,4
Супіщаний	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Середньо і важко суглинковий	6,0	5,0	5,0	4,5	4,0	3,5

Досить поширеним є метод визначення дози вапна побудований на зміні рН ґрунту від 1 т CaCO₃.

$$D = \Delta \text{pH} / x,$$

де D- доза CaCO₃, т/га; рН – приріст від вихідного значення; x – норматив зміни рН на 1 т CaCO₃.

Зміна рН від внесення 1т CaCO₃ у значній мірі залежить від гранулометричного складу ґрунту, тонини помелу вапна, вміст гумусу і щільність ґрунту.

Інколи дозу вапна визначають за «кривими буферності», за допоглинанням кальцію (метод О.М. Гринченка).

Найбільш точну дозу вапна можна визначити за гідролітичною кислотністю.

$$\text{Доза CaCO}_3 = \frac{\text{НГ} * 500 * 3000000}{1000000000} = \text{НГ} * 1,5$$

При використанні вапнякових матеріалів, які містять домішки, дозу вапна встановлюють за формулою:

$$\text{Доза CaCO}_3, \text{ т/га} = \frac{\text{доза CaCO}_3 \text{ по НГ} * 100 * 100}{\% \text{ CaCO}_3 (100 - \% \text{ часточок, 1мм})}$$

Такий метод визначення вапна постійно піддається критиці вчених. Саме він призводить до пере вапнування ґрунтів. Разове внесення високих доз вапна приводить до надлишку кальцію у початковий період, а потім до різкого зниження рН до вихідного рівня. У зв'язку із цим із цим обговорюються питання, що пов'язані з «підтримувальною» дозою. Таку дозу вносять через 2-4 роки у залежності від pH_{KCl} і гранулометричного складу ґрунту.

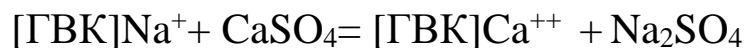
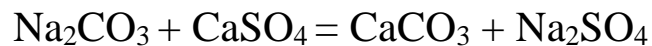
Агрохімічна характеристика солонцюватих ґрунтів.

У ґрунтовому покриві України солонцюваті ґрунти займають площу близько 4 млн га, в тому числі орні землі 2,7 млн га.

У зоні Полісся солонцюваті ґрунти зустрічаються на терасах р. Десни (Чернігівська обл.) Переважно це чорноземно-лучні поверхнево-солонцюваті ґрунти содового засолення залягають у заплавах і низьких терасах Дніпра, Десни, Псла, Сули та ін.. У зоні Степу солонцюваті ґрунти поширені у Причорноморській западині і Кримському Присівавші.

Головною причиною несприятливих агрономічних властивостей солонцюватих ґрунтів є насичення ґрунтового вбирного комплексу іонами натрію. Це призводить до пептизації ґрунтових колоїдів, втраті структури і переущільненню ґрунтів. Такі ґрунти крім лужної реакції мають несприятливий повітряний і водний режими, важко піддаються механічному обробітку. Внаслідок перерозподілу колоїдів у профілі солонців солонцюватих ґрунтів утворюється переущільнений солонцевий горизонт, який заважає природному розгалуженню корневих систем рослин. У вологому стані такі ґрунти набрякають, мажуться, а у сухому

перетворюються у тверду масу. Підвищення родючості солонцюватих ґрунтів проводять різними методами. Слабо солонцюваті ґрунти (вміст натрію менше 10%) покращують шляхом глибокої оранки (залученням власного CaCO_3 і CaSO_4) з внесенням високих доз гною, посівом люцерни застосуванням вологозарядкових поливів. При вмісті у ґрунті обмінного натрію понад 10% проводять гіпсування. При внесенні у ґрунт гіпсу у ґрунтовому розчині усувається сода, а поглинений натрій замінюється кальцієм.



Для видалення із верхніх шарів Na_2SO_4 проводять вологозарядковий полив. Технологія гіпсування ґрунтів передбачає проведення трьох агрозаходів: внесення гіпсу; вологозарядковий полив; посіви люцерни протягом 2-3-х років.

Розрахунок дози гіпсу

При гіпсуванні ґрунтів достатньо замінити у ГВК на увесь натрій. При вмісті натрію 10% від ємності вбирання він не викликає негативних змін властивостей ґрунту. Різниця між загальним вмістом обмінного натрію і допустимим його вмістом (10%) становить $(\text{Na} - 0,1 \text{ T})$, де T – ємність вбирання ґрунту. Для заміни 1 г екв Na потрібно витратити 1 мг екв Ca, що дорівнює 0,086 г. Для заміни надлишку натрію у 1 г ґрунту потрібно 0,086 (Na – 0,1T) грамів гіпсу. Для витіснення надлишку натрію із шару ґрунту 1 см на площі 1 га потрібно:

$$\text{доза } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} (\text{т/га}) = 0,086 (\text{Na} - 0,1 \text{ T}) \text{ Hd},$$

де Н- глибина шару, що меліорується, d- об'ємна маса ґрунту (г/см^3). Радикальним заходом підвищення родючості солонцюватих ґрунтів є землювання – засипання плям таких ґрунтів шаром чорнозему (15-20 см).

КЛАСИФІКАЦІЯ ДОБРИВ

Систематизація знань про властивості добрив потребує їх класифікації. Існуючі на сьогодні класифікації побудовані за різними принципами і базуються на різних властивостях добрив [1]. Під добривами розуміють речовини, що призначені для покращення живлення рослин і підвищення родючості ґрунтів. За походженням і хімічним складом добрива поділяють на **мінеральні, органічні, органо-мінеральні і бактеріальні препарати.**

Мінеральні добрива представлені головним чином солями азотної, сірчаної, соляної і фосфорної кислот. Винятком є аміачна вода, рідкий аміак, калієвмісні мінерали, відходи промисловості.

Групи добрив, до складу яких входить той чи інший поживний елемент (N, P, K), прийнято називати **видами добрив.**

Органічні добрива містять елементи живлення рослин переважно у вигляді органічних сполук і зазвичай є продуктами природного походження (гній, торф, солома, пташиний послід та ін.). Як правило, це добрива пролонгованої дії. Так, на відміну від мінеральних добрив, гній діє протягом 3-4 років.

Органо-мінеральні добрива являють собою суміші органічних і мінеральних компонентів. Вони мають риси як мінеральних, так і органічних добрив. Поживні речовини у них

знаходяться у вигляді органічних і неорганічних сполук. Неорганічні сполуки поживних елементів забезпечують потреби рослин на початковому етапі розвитку, органічні звільнюють поживні елементи у процесі їх мінералізації, що забезпечує рівномірне живлення рослин протягом усього вегетаційного періоду.

Рідкі органо-мінеральні добрива діють швидко й ефективно, але протягом досить обмеженого періоду.

Бактеріальні добрива (препарати) містять мікроорганізми, що здатні підвищувати вміст поживних речовин у ґрунті (вільні азотфіксатори, а також бульбочкові бактерії, що живуть у симбіозі із бобовими культурами), а також переводити їх у доступні для рослин форми (ризоторфін, нітрагін, ризобофіт, азотобактерін та ін..

За місцем і способом виготовлення добрива поділяють на **місцеві і промислові**. До місцевих належать добрива, які виробляють: з відходів тваринництва (гній, гноївка, пташиний послід, компости); добрива, які виготовляють шляхом проведення відповідних агротехнічних заходів (сидерати, солома); добрива, що добувають на території господарства (торф, вапняк, сапропель) і промислові, що виробляють на спеціально побудованих підприємствах («Сумихімпром», «Рівнеазот», «Северодонецьке об'єднання Азот», ПАО «Азот», м. Черкаси); добрива, які виробляють на підприємствах без хімічного перетворення речовин (каїніт, сильвініт, фосфоритне борошно); відходи промисловості (шлаки металургійних комбінатів).

За фізичним станом добрива поділяють на **тверді** (порошкові, гранульовані, кристалічні) і **рідкі** (РКД, КАС).

За характером удобрювальної дії розрізняють: **добрива прямої дії**, які містять у собі необхідні для рослин поживні елементи і **добрива непрямої дії**, які покращують фізико-хімічні і мікробіологічні властивості ґрунту. За наявністю основних елементів живлення добрива поділяють на **прості** (містять один поживний елемент) і **комплексні**, до складу яких входять два і більше поживних елементи (калійна селітра, нітроамофоска). У свою чергу комплексні добрива поділяються на **складні** (поживні елементи входять до складу однієї формули – KNO_3), **складнозмішані** (поживні елементи знаходяться у межах однієї гранули: нітрофоска) і **змішані** (суміш простих туків).

В залежності від хімічних сполук, до складу яких входить поживний елемент, у межах виду добрив розрізняють їх форми, наприклад: **нітратні, амонійні та амідні** азотні добрива.

Добрива, що містять понад 33 % діючої речовини, називають **концентрованими**.

Добрива, всі компоненти яких використовуються для живлення рослин, отримали назву **безбаластних** (KNO_3 , NH_4NO_3).

Добрива, до складу яких крім елементів живлення входять речовини, що прискорюють або затримують дію добрив, стимулюють розвиток рослин, поліпшують структуру ґрунту, називають **багатофункціональними**.

У зв'язку з екологізацією землеробства особливе значення в класифікації добрив набуває така їх властивість, як здатність до пептизації ґрунтових колоїдів. Для врахування останньої В. І. Філоном [1] запропонована класифікація мінеральних добрив за впливом їх на органічну частину ґрунту. Автором показано, що різні форми мінеральних добрив по-різному впливають на органічну частину ґрунту.

Найбільш реакційними є азотні та деякі комплексні добрива. Так, 5 % розчин аміачної води вилучав із ґрунту 0,131 % органічних речовин, вуглеамонійні солі – 0,092 %, діамонійфостфат – 0,091 %.

Значно менший вплив на органічну частину ґрунту здійснюють фосфорні добрива.

Калійні добрива досить контрастні за цим показником. Їх хлоридні форми майже не посилюють рухомість органічних колоїдів, сульфатні – виявляють дещо більший пептизуючий ефект. У 5 % розчин сульфату калію і калімагnezії переходило відповідно 0,037 та 0,033 % органічних речовин.

Залучення сучасних методів досліджень (растрової електронної мікроскопії, ІЧ-спектрометрії, X-Ray томографії, ультрацентрифугування, іонометрії та ін.) стверджує виявлені закономірності і дозволяє класифікувати мінеральні добрива за впливом їх на органічну частину ґрунту (рис.1).

Для кількісної характеристики безпосереднього впливу добрив на органічну частину ґрунту пропонується визначати такий показник, як «пептизуюча здатність добрива». Фізичною мірою

такого показника є кількість органічної речовини, що переходить у 5 % розчин певного добрива при п'ятихвилинному збовтуванні.

Практичне значення запропонованої класифікації полягає у такому. Для землеробства важливо мати добрива, що посилюють рухомість органічних речовин, і добрива, які фактично не впливають на цей процес.

Першу групу добрив слід застосовувати на високобуферних ґрунтах і в разі обмеженої кількості мінеральних добрив у господарстві.

Другу групу добрив слід застосовувати в тих випадках, коли є реальна загроза зниження вмісту гумусу і втрати позитивних властивостей ґрунту.



Рис. 1 Класифікація добрив за впливом на органічну частину ґрунту

Запропонована класифікація мінеральних добрив за впливом на органічну частину ґрунту дозволяє робити науково обґрунтований вибір форм мінеральних добрив залежно від конкретних умов господарювання (ґрунтового-кліматичних та організаційно-господарських).

Виникає закономірне запитання: що робити в разі наявності в господарстві тільки тих добрив, які значно посилюють рухомість органічної речовини ґрунту?

Проведені на кафедрі агрохімії ХНАУ дослідження свідчать про те, що «пептизуючу здатність добрива» можна змінювати за рахунок коагулюючих домішок. У ролі останніх можна використовувати хлористий кальцій та інші «коагулянти».

Так, додавання до сульфату амонію такого коагулянту, як CaCl_2 зменшує кількість органічних речовин, що переходять у розчин добрива, з 0,044 до 0,011 %. Використання хлористого кальцію забезпечує також зниження пептизуючої здатності інших форм добрив.

Вартість CaCl_2 (універсальна домішка) незначна, а для ефективності дії такої домішки достатньо, щоб її маса становила 1 % від маси добрива.

Так звані «нові» класифікації добрив :

- Іноді добрива називають не за складом, а за призначенням (наприклад: «добрива для застосування під кукурудзу») з цим можна погодитися;
- спеціальні добрива;

- нанодобрива.

Неоднозначну позицію займають вчені стосовно категорії «спеціальні» і «нанодобрива».

Нагадаємо, що у 2016 році окремим виданням вийшов посібник «Спеціальні добрива», де автори самі вказують, що у класичній агрохімії т. з. спеціальні добрива не виділяли в окрему групу [2]. На нашу думку, великої потреби у цьому немає і на сьогодні.

За кордоном такі добрива прийнято поділяти на Strights (прості солі), Watersoluble NPK (водорозчинні добрива), Trace elements (мікроелементи), Biostimulants (біостимулянти). Мікродобрива у свою чергу поділяються на Fertigators (добрива, що застосовують з поливними водами) і Foliar fertilizers (добрива для листового підживлення). До цієї групи можна було б віднести добрива для обробки насіння, а також бактеріальні і хелатні форми мікродобрив. Як видно, до групи спеціальних добрив потрапили такі добрива як калійна і кальцієва селітра, сульфат калію, моноамонійфосфат та ін.. Із мікродобрив до групи спеціальних потрапили відомі марки хелатних форм добрив. Тобто до спеціальних стали відносити відомі форми добрив із чіткими ознаками і місцем у класифікаційній схемі.

Що стосується нанодобрив, то ним буде приділена особлива увага у одному із розділів.

Властивості мінеральних добрив. До основних технологічних властивостей мінеральних добрив відносять: щільність, розмір гранул, гранулометричний склад, сипкість,

розсіюваність, злежуваність, гігроскопічність, вологість, коефіцієнт тертя по поверхні різних матеріалів, парусність. Ці властивості визначають поведінку добрив під час зберігання, транспортування і внесення у ґрунт.

Щільність мінеральних добрив становить 0,6-1,5 т/м³.

Розмір гранул мінеральних добрив коливається в межах 1-4 мм. Руйнація гранул призводить до погіршення якості розсіювання. Сипкість добрива визначає здатність сипатися крізь висівні апарати. Характеристикою сипучості добрив виступає кут природного нахилу. Для гранульованих добрив він становить близько 40°.

Розсіюваність добрив визначає їх здатність проходити крізь лійки і вузькі щілини, не утворюючи при цьому заторів. Чим вища гігроскопічність добрив, тим нижча їх розсіюваність.

Злежуваність – це властивість добрив «спікатися» під час зберігання. Як правило, такі добрива гранулюють і вкривають гідрофобними домішками.

Вологість – це вміст у добриві незв'язаної води. Для кожного добрива допускається свій вміст вологи, який не впливає на його технологічні властивості.

Гігроскопічність – це здатність добрив вбирати вологу з навколишнього середовища.

Міцність гранул – здатність добрив зберігати розмір і форму гранул під впливом зовнішніх сил.

Гранулометричний склад добрива визначається співвідношенням різних за розміром часточок, вираженим у відсотках.

Коефіцієнт тертя добрив по поверхні металу залежить від виду добрив і форми, в якій вона поставляється виробнику (кристалічна, порошкоподібна, гранульована).

Парусність добрива визначає траєкторію, швидкість і дальність польоту часточок, гранул.

ХАРАКТЕРИСТИКА НАЙБІЛЬШ ПОШИРЕНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Азотні добрива

Залежно від форми азоту у речовині, азотні добрива поділяють на 6 груп: **амонійні** (у формі NH_4^+); **аміачні** (у формі NH_3); **нітратні** (у формі NO_3^-); **амонійно-нітратні** (у формі NO_3^- і NH_4^+); **амідні** (у формі $-\text{NH}_2$); **суміші**.

Амонійні азотні добрива

СУЛЬФАТ АМОНІЮ — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 20,5-21,0% N. Дрібнокристалічний, малогігроскопічний легкокорозчинний продукт зеленуватого відтінку. На українському ринку присутній гранульований сульфат амонію. Фізіологічно кисле добриво, ефективне на ґрунтах із нейтральною або лужною реакцією. Застосовується під всі культури. На сьогодні використовується також у якості сірчаного добрива. Ефективне під культури, які позитивно реагують на сірку (бобові, капуста, картопля, ріпак тощо).

СУЛЬФАТ АМОНІЮ-НАТРІЮ — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ - 16% N. Na_2SO_4 - 20-25%, Na_2O - близько 9%. Відхід виробництва капролактаму.

ХЛОРИСТИЙ АМОНІЙ – NH_4Cl - 24-25% N. Побічний продукт при виробництві соди. Одним із недоліків добрива є високий вміст хлору – до 66%. Добриво не рекомендується застосовувати під культури, чутливі до хлору (картопля, тютюн, виноград, цитрусові, суниця, смородина, ожина, агрус, малина). Як і

сульфат амонію добриво фізіологічно кисле. Підкслення ґрунту відбувається за рахунок фізіологічної кислотності, обмінних реакцій із ГВК і біологічного окислення (нітрифікація). Саме тому добриво рекомендується вносити на нейтральних і лужних ґрунтах з осені під зяблеву оранку для вимивання хлору за межі кореневмісного шару.

ВУГЛЕКИСЛИЙ АМОНІЙ – $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - 21-24% N; швидко перетворюється у двовуглекислий амоній NH_4HCO_3 .

ДВОВУГЛЕКИСЛИЙ АМОНІЙ – NH_4HCO_3 - 17% N. Для усунення невиробничих втрат амонію рекомендують вносити у ґрунт на глибину 10-15 см.

Аміачні

БЕЗВОДНИЙ АМІАК – NH_3 – 82,3% N. Добриво, на якому слід зупинитися більш детально.

Безводний аміак є одним із перспективних добрив, навколо якого йдуть постійні дискусії. На сьогодні найбільші обсяги зрідженого аміаку використовують у США (Мірошніченко М.М. та ін., 2015; Ревтьє А.В., 2016), де частка безводного аміаку становить близько 50% від внесених азотних добрив. Рідкий аміак досить широко використовується і в Україні. Перш за все це пов'язано з наявністю аміакопроводу «Тольяті - Одеса», який проходить по території Харківської, Запорізької, Донецької, Дніпропетровської, Херсонської, Миколаївської і Одеської областей. Аміакопровід має 12 роздавальних станцій, що забезпечує обслуговування значної кількості господарств. Разом з тим не слід приховувати й те, що

головною причиною широкого застосування аміаку як за кордоном, так і в Україні є економіка, а точніше прибуток від його використання. Прості розрахунки показують, що вартість азоту (станом на 2019р.) при внесенні його під озиму пшеницю у дозі 150 кг/га становить для аміачної селітри 4552, 02 грн. (при вартості її 10500 грн/т), для аміаку – 2460,51 грн. (при вартості його 13500 грн./т).

При близькій вартості на внесення добрив, загальні витрати пов'язані з внесенням аміачної селітри становитимуть – 4852,02 грн/га, безводного аміаку – 2960,51 грн/га. Безумовно, що при таких розкладах сільгоспвиробник буде віддавати перевагу останньому.

Нами проведені дослідження з економічної та агрономічної доцільності застосування безводного аміаку на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України (с. Охоче Нововодолазького району Харківської області).

Польовий виробничий дослід закладено із озимою пшеницею і кукурудзою. Площа ділянки 200м², повторність трьохкратна. Сорт озимої пшениці - «Розкішна», гібрид кукурудзи - «Pioneer 9041». Доза азоту під озиму пшеницю становила 120 кг, під кукурудзу – 170 кг д.р.

У таблиці представлено результати розрахунків економічної ефективності застосування безводного аміаку під озиму пшеницю і кукурудзу. Із наведених даних видно, що урожайність зернових культур у 2017 році становила близько 5т/га, що значно нижче запланованої (8-10 т/га). Це пояснюється погодними умовами року.

Весна була затяжною і прохолодною, що явно гальмувало розвиток кукурудзи. Високі температури і посуха у літній період не дозволили реалізувати генетичний потенціал обраного сорту і гібриду, проте окупність азотних добрив була близькою до нормативної. Чистий прибуток від застосування безводного аміаку під озиму пшеницю у 2017 році становив 2976,46 грн/га при рівні рентабельності 112%. Дещо вищий прибуток від застосування безводного аміаку отримано при внесенні його під кукурудзу – 3224,92 грн/га. Що стосується нижчого рівня рентабельності (84%), то це пов'язано не тільки зі зростанням вартості добрив але в значній мірі з високими витратами на збирання урожаю. Кліматичні умови 2018 року були більш сприятливими для вирощування культур, у всякому випадку у першій половині вегетації. Урожайність озимої пшениці на удобрених ділянках становила 5,5т/га, кукурудзи – 8,81т/га. Це зайвий раз свідчить про те, що кукурудза гарно реагує на внесення безводного аміаку. Чистий прибуток від застосування останнього під кукурудзу становив 5878,22 грн/га при рівні рентабельності – 139%. Саме цей факт спонукає виробників застосовувати безводний аміак.

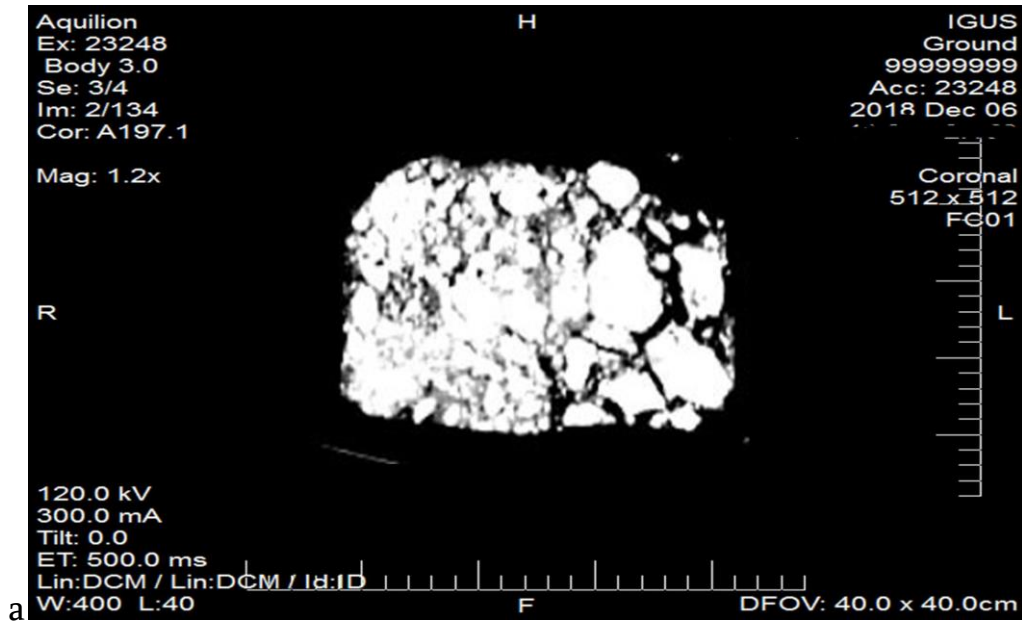
Що стосується збереження родючості ґрунтів, то у цьому відношенні навряд чи безводний аміак можна вважати екологічнобезпечним добривом. Наші попередні дослідження (Філон В.І., 2011) свідчать про те, що безпосередня дія мінеральних добрив у першу чергу проявляється на структурному і гумусовому стані ґрунтів. Для переконливих доказів негативного впливу безводного аміаку на структурний стан ґрунтів потрібно залучення сучасних

інструментальних методів досліджень. Огляд спеціальної літератури свідчить, що комп'ютерна томографія (КТ) на сьогодні є одним із сучасних та об'єктивних методів дослідження ґрунтів у непорушеному стані. Вона дозволяє отримати дані не тільки про розміри структурних агрегатів, але й про форму та взаємне їх розміщення (De Gryze S. et al., 2006; Gibson J.R. et al., 2006; Martinez F.S.J. et al., 2010). На п'ятій конференції з томографії ґрунтів(2018) зазначалося, що КТ на відміну від мікроморфології демонструє конфігурацію порового простору, надає об'ємне зображення розгалуження кореневої системи, віддзеркалює міграційні шляхи ґрунтової мезофауни тощо. Про це свідчать дослідження ряду вчених (Філон В.І.,2004; Герке К.М. и др., 2010; Корост Д.В. и др., 2010). Доведено, що КТ дозволяє отримувати об'єктивні дані з щільності ґрунту та вмісту у ньому вологи (Pires L.F. et al., 2010; Rogasik H. et al., 1999). Можна стверджувати, що на сьогодні існують усі підстави для використання КТ для реєстрації агрогенних змін ґрунтів. Так, Udawatta R., Anderson S.H (2008), а дещо пізніше Kim H.M., Anderson S.H., Motavelli P.P. (2010) на підставі томографічних зрізів показали вплив сільськогосподарського використання ґрунтів на структуру їх порового простору.

Економічна ефективність застосування безводного аміаку під озиму пшеницю і кукурудзу

Культура	Урожайність, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Вартість приросту урожаю, грн/га	Витрати на збирання урожаю, грн/га	Вартість добрив, грн/га	Витрати на внесення добрив, грн/га	Всього витрат, грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
2017 р.									
Озима пшениця	50,2	11,6	5621,46	484,00	1711,00	450,00	2645,00	2976,46	112
Кукурудза	54,5	16,4	7056,92	963,00	2419,00	450,00	3832,00	3224,92	84
2018 р.									
Озима пшениця	55,0	11,4	6031,74	528,00	1957,50	500,00	2985,50	3046,24	102
Кукурудза	88,1	19,2	10110,72	965,00	2767,50	500,00	4232,50	5878,22	139

Tippkötter R. (2009) дослідив водні властивості ґрунтів, а Sander T. (2008) показав зміни ґрунтів під впливом зрошення. Pires L.F., Vacchi O.S., Reichardt K. (2004) досить вдало використали КТ з метою вивчення циклів зволоження на структурний стан ґрунтів. Нам відомо також залучення КТ для досліджень за текстурними змінами ґрунтів (Petth S. et al., 2010), а також за змінами їх об'ємної щільності у часі (Pires L.F. et al., 2010). У спеціальній літературі можна знайти повідомлення про використання КТ з метою оцінки маспереносу в межах ґрунтового профілю (Goldstein L. et al., 2007, Pedrotti A. et al., 2003), а також про дослідження органічної частини ґрунту (Peth S. et al., 2008). Сподіваємося, що поява нанотомографії дозволить у найближчі часи перейти до більш детального дослідження елементарних ґрунтових процесів. Можна і надалі розширювати коло задач, які на сьогодні можна вирішувати за допомогою КТ. Моноліти для комп'ютерної томографії відібрали через шість місяців після внесення NH_3 . Місце проходження аплікатора реєстрували шляхом векторного визначення електропровідності (COND) ґрунту за допомогою приладу EZODO – 7200. Проведені дослідження свідчать, що у стрічках з внесенням безводного аміаку спостерігається суттєве зростання електропровідності ґрунту, яке в умовах посушливого літа зберігалось протягом тривалого часу. Експрес визначення дисперсності ґрунту за О.Н. Соколовським вказує на інтенсивну диспергацію ґрунтової маси у межах внесення аміаку. Сканування монолітів вказує на негативні зміни структурного стану чорноземів типових під впливом внесення безводного аміаку.



B

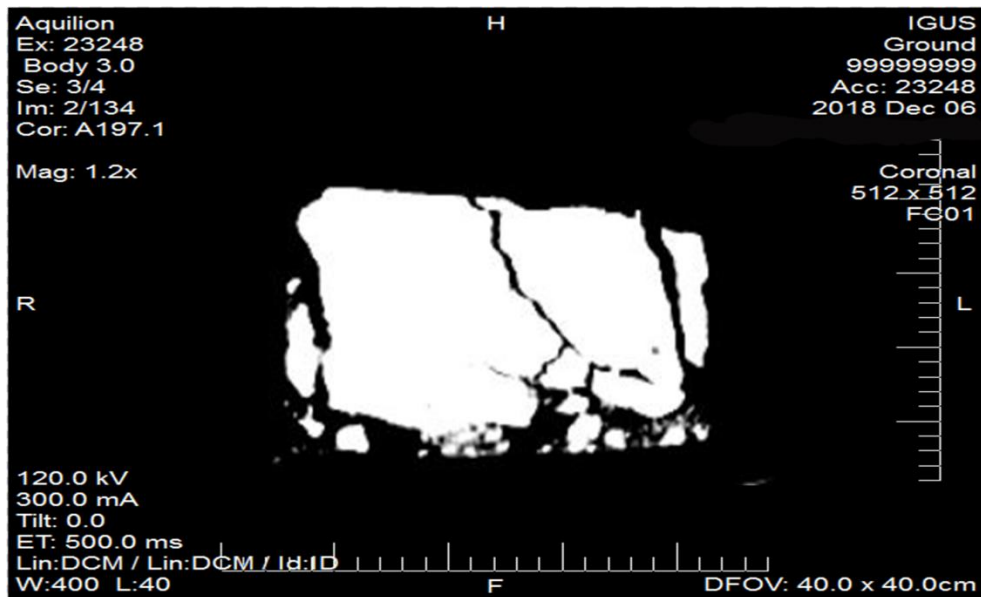


Рис. Томографічні зрізи монолітів чорнозему типового: а – контроль; б – стрічка з внесенням безводного аміаку

Так, на зрізі моноліту з контрольного варіанту (рис.) чітко видно структурні відокремлення і агрегати вищих порядків, досить великі міжагрегатні пори, пори-тріщини і пори біогенного походження. Томограма

моноліту з варіанту де вносили аміак, вказує на суттєве ущільнення ґрунту. Міжагрегатні пори присутні у незначній кількості, на окремих зразках вони практично відсутні. Реєструються тріщини усихання, брилистість ґрунту. Отже застосування безводного аміаку є ефективним і разом з тим екологонебезпечним заходом, що зобов'язує аграріїв здійснювати оперативний контроль за параметрами ґрунту, які зазнають небажаний вплив з боку вказаного добрива. Враховуючи той факт, що вказані зміни ґрунтів охоплюють головним чином осередки з внесенням аміаку, для відновлення їх вихідних властивостей слід чередувати внесення рідких і твердих азотних добрив

АМІАЧНА ВОДА – $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$ 16-20,5% N. Добрива цієї групи спочатку підлугуюють ґрунт, а з часом підкислюють. Високий ефект досягається при внесенні у міжряддя кукурудзи під час вієгетації.

Нітратні

НАТРІЄВА СЕЛІТРА – NaNO_3 15,5-16,0% N; 26% Na. Отримують при виробництві азотної кислоти. Фізіологічно лужне добриво. Ефективне на кислих ґрунтах, особливо при внесенні під цукрові і кормові буряки. Не рекомендують вносити на солонцюватих ґрунтах

КАЛЬЦІЄВА СЕЛІТРА – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 15-16% N, CaO - 19,0%. Сильногігроскопічне добриво. Вміст азоту становить 11,8%. Випускають у гранулах із домішками для зменшення гігроскопічності. Фізіологічно лужне добриво. Широко використовують у якості фертигатора.

КАЛЬЦІЄВА СЕЛІТРА рідка — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - марка А: 8,5% N; 12% Ca; марка Б: 7,1% N; 10% Ca.

НІТРАТ МАГНІЮ — $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ – 11%N; 9,5% Mg; Азотно-магнієве добриво для крапельного зрошення та підживлень, сумісне з кальцієвою селітрою.

Амонійно-нітратні

АМІАЧНА СЕЛІТРА — NH_4NO_3 - 34,7-35% N. Універсальне азотне добриво. Використовується на всіх ґрунтах, під усі сільськогосподарські культури, у всі строки та способи внесення без будь яких обмежень.

ВАПНЯКОВО-АМІАЧНА СЕЛІТРА — $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ – 20-26% N, 17% Ca і Mg. Ефективним є внесення на ґрунтах із кислою реакцією середовища. під цукровий буряк і озиму пшеницю.

НІТРАТ-СУЛЬФАТ АМОНІЮ — $2\text{NH}_4\text{NO}_3 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 25-27% N.

Амідні

СЕЧОВИНА (КАРБАМІД) — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – 46% N; одне із концентрованих органічних добрив, за грануляції у добриві може утворюватися біурет $(\text{CONH}_2)_2\text{NH}$, який є токсичним для рослин за вмісту понад 2%. У ґрунті біурет розкладається за 10-15 днів. Використовують у всі строки внесення добрив. Широко викорисовується для проведення некореневих підживлень.

Суміші азотних добрив

АМІАКАТИ – розчини азотних добрив (аміачної селітри або суміші сечовини і кальцієвої селітри) в аміачній воді. Виробляється трьох марок:

А — 34-37% N.

Б — 37-40% N (аміачна селітра і рідкий аміак).

В — 28-32% N (аміачна і кальцієва селітра і аміак).

ВУГЛЕАМОНІЙНІ СОЛІ (ВАС) – марки **А** — 21% N; **Б** — 20,7% N. Суміш різних карбонатів амонію. Основними є карбонат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ і бікарбонат амонію NH_4HCO_3 .

ВУГЛЕАМІАКАТИ — 18-35% N; розчини карбонату та гідрокарбонату амонію і сечовини в аміачній воді. Містять 20-25% NH_3 , 19-28% $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 7-12% CO_2 . Застосовують у теплу пору року, насамперед, для підживлення просапних. За температури нижче 10° C кристалізуються.

ПЛАВ — розчини аміачної селітри і сечовини із щільністю 1,3 г/см³. Для виготовлення 45 кг карбаміду та 22 кг аміачної селітри розчиняють у 40 л води.

КАС являє собою суміш водних розчинів карбаміду і аміачної селітри (35,4% карбаміду; 44,3% селітри; 19,4% води; 0,5% аміачної води). Підставою для виготовлення такої суміші є ефект взаємного розчинення органічної – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ і мінеральної сполуки – NH_4NO_3 . Завдяки цьому вдається отримати досить концентроване рідке азотне добриво. Головною перевагою КАС, заради якої розпочато виготовлення добрива, є низька собівартість. Вона досягається

виключенням з технологічного циклу таких енергоємних операцій як грануляція сечовини і аміачної селітри. Змішування добрив проводиться на стадії плаву. Поряд з промисловою технологією в Україні налагоджено виробництво КАС шляхом змішування розчинів гранульованих туків. Таких виробників називають «змішувачами». І хоча головна перевага КАС при цьому втрачається, добриво об'єктивно відноситься до високотехнологічних. Такі процеси як завантаження, транспортування і внесення повністю, механізовані. Практично мінімізовані невиробничі втрати азоту, з'являються можливості використання різних технологій внесення (від самохідних оприскувачів, культиваторів-підживлювачів, зливання шлангами по поверхні поля, впорскування у ґрунт спеціальними аплікаторами і т.д.), забезпечується більш рівномірне внесення у порівнянні згранульованими туками.

Все це дає змогу забезпечувати рослину азотом за її потребою. Тим більше, що добриво містить три форми азоту (стартову – NO_3 , амонійну – NH_4^+ і амідну – пролонгованої дії). КАС добре поєднується в бакових сумішах з мікродобривами. При низьких температурах ґрунту дозволяє підсилити надходження елементів живлення за рахунок фоліарного внесення. КАС не містить токсичних інгредієнтів, не забруднює довкілля, пожежно- і вибухонебезпечне.

Практично всі дослідження свідчать про високу ефективність КАС у всіх ґрунтово-кліматичних зонах і особливо у посушливих, гармонійно поєднується з технологією mini-till і no-till.

Фосфорні добрива

За розчинністю фосфорні добрива поділяють на три групи: добре розчинні у воді; нерозчинні у воді, але розчинні у слабких кислотах; нерозчинні у воді і слабких кислотах.

Розчинні у воді

СУПЕРФОСФАТ — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — до 20% P_2O_5 і до 50% CaSO_4 . Універсальне добриво. Застосовують на всіх ґрунтах під усі культури, для основного і рядкового внесення. Доцільно використовувати на солонцюватих ґрунтах оскільки до складу добрива входить меліорант – гіпс. Раніше суперфосфат виступав також джерелом сірки.

СУПЕРФОСФАТ ПОДВІЙНИЙ — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - 42-49% P_2O_5 . Концентроване гранульоване фосфорне добриво. Універсальне добриво. Застосовують на всіх ґрунтах, під усі культури без будь яких обмежень.

СУПЕРФОСФАТ АМОНІЗОВАНИЙ — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$ - 3% N; 17-18% P_2O_5 . Застосовують у якості основного внесення, під час сівби і для підживлення.

СУПЕРФОС — 36% P_2O_5 (60 % у доступній для рослин формі та 40% у вигляді $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

Нерозчинні у воді, але розчинні у слабких кислотах

ПРЕЦИПІТАТ – CaHPO_4 ; 25-27 % P_2O_5 . Порошок світло-сірого кольору, негігроскопічний, не злежується, добре розсівається.

МАРТЕНІВСЬКИЙ ФОСФАТШЛАК — $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9 \cdot \text{CaSiO}_3$,

Порошок темно-сірого кольору з добрими фізичними властивостями. Реакція сильнолужна ($\text{pH} = 8-9$). Вміст фосфору становить 14-16%. Використовують у якості основного внесення.

ТОМАСШЛАК — $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$. Побічний продукт при виплавці сталі за інженером Томасом. Вміст P_2O_5 від 7-8% до 18-20%, CaO — 10-12%. Порошок темного кольору з добрими фізичними властивостями, має лужну реакцію. Ефективний на кислих ґрунтах як основне добриво. Добриво має лужну реакцію. Застосовують під час основного внесення на кислих ґрунтах.

Нерозчинні у воді і слабких кислотах

ФОСФОРИТНЕ БОРОШНО — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$. Виробляють шляхом розмелювання апатитів та фосфоритів. Порошок сірого, або темно-сірого кольору. Негігроскопічне, не злежується, добре розсівається. Вміст діючої речовини 14 -30% P_2O_5 .

Ефективнем фосфоритне борошно є на кислих ґрунтах. Встановлено, що при обмінній кислотності понад 2,5 мг-екв/100 г ґрунту може бути використано на чорноземах.

Основною сировиною для виробництва фосфорних добрив є фосфорити і апатити. Найбільш цінною агрорудою є апатити.

АПАТИТИ – гірська порода вулканічного походження. В Україні найбільш поширені фосфорити.

ФОСФОРИТИ – гірська порода осадового походження.

Враховуючи невисокий вміст P_2O_5 (5-15%) фосфорити не можуть бути використаними для виробництва суперфосфату.

На сьогодні виявлено вісім родовищ фосфоритів із загальними запасами сировини 100-120 млн т P_2O_5 . Основні родовища розташовані у Волинській, Рівненській, Харківській (Ізюмське), Сумській (Кролевецьке), Вінницькій і Одеській областях.

Калійні добрива

За існуючою класифікацією калійні добрива поділяють на: концентровані; сирі калійні солі; змішані; відходи.

Концентровані калійні добрива

КАЛІЙ ХЛОРИСТИЙ – KCl – 57-60 % K_2O (63,1 % у х.ч. формі). На 1 кг K_2O міститься 0,9-1,0 кг хлору. За зовнішнім виглядом гранули рожевого кольору. Проявляє фізіологічну кислотність. Не рекомендується вносити під культури, які чутливі до хлору (льон, цитрусові, тютюн, картопля тощо).

КАЛІЙ-ХЛОРИСТИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ — KCl з домішками $NaCl$ і $MgCl_2$. 45,5 % K_2O . Побічний продукт виробництва магнію. На 1 кг K_2O приходиться 0,9-1,0 кг хлору.

СУЛЬФАТ КАЛІЮ — K_2SO_4 – 48-54 % K_2O . Відноситься до сульфатних форм калійних добрив. Використовують під культури чутливі до хлору.

КАЛІМАГНЕЗІЯ — $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$ — 28 % K_2O , 8 % MgO . Білі гранули неправильної форми. Виробляють з шеніту.

КАЛІМАГ $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ — 18,5 % K_2O .

ПОТАШ — K_2CO_3 - 63-66,7 % K_2O . Відхід виробництва алюмінію з нефеліну.

Сирі калійні солі

КАЇНІТ — $(\text{KCl} + \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$ – 10% K_2O , 20-25% Na_2O , 6-7% MgO і 30-32% Cl .

СИЛЬВІНІТ — $(x\text{KCl} + y\text{NaCl})$ – 12-15% K_2O і 75-80% NaCl ($x < y$). Ефективний при внесенні під цукрові і кормові буряки. На 1 кг K_2O міститься 4,0-5,2 кг хлору.

Змішані

КАЛІЙНА СІЛЬ — $(x\text{KCl} + y\text{NaCl}) + \text{KCl}$ ($x > y$). 40 % K_2O , близько 20% Na_2O . Під коренеплоди, капусту, помідори, лучні і злакові трави. На 1 кг K_2O припадає 1,3-1,9 кг хлору.

Сірчані добрива

Сірка – п'ятий біогенний елемент живлення рослин. За потребою у живленні сіркою рослини поділяються на три групи найвибагливіші, середньо вибагливі і менш вибагливі.

До першої групи відносяться: ріпак, гірчиця, капуста, ріпа, цибуля, часник.

До другої – бобові, кукурудза, буряки. Зернові культури мало вибагливі до сірки. Із середнім урожаєм вони виносять 10-25 кг/га сірки. Засвоєння сірки рослинами відбувається у формі SO_4^{2-} . Позакореневе надходження сірки може відбуватися у вигляді SO_2 . Такі сполуки сірки, як сірководень, сульфіді, сірчана кислота для рослин є токсичними. У рослинах сірка входить до складу таких амінокислот як цистеїн, цистин і метіонін.

Сірка один із п'яти елементів, що бере участь в асиміляції нітратів. Вона приймає участь у синтезі хлорофілу. У зв'язку з цим зовнішніми ознаками нестачі сірки є пожовтіння листя.

Співвідношення N:S більше як 16:1 свідчить про порушення сірчаного живлення.

Реутилізація сірки у рослинах є незначною, тому ознаки нестачі її (хлороз) проявляються на молодих листях.

Приріст урожаю зернових культур від застосування сірчаних добрив незначний – 2-4 /га. Разом з тим нестача сірки може призвести до різкого недобору врожаю.

Загальний вміст сірки у ґрунтах коливається від 20 до 35 г/кг. Поява легкодоступної сірки пов'язана із мінералізацією сірковмісних органічних сполук. Цей процес отримав назву сульфофікації. Процес сульфофікації розпочинається дещо пізніше ніж нітрифікації і тому рослини можуть відчувати її нестачу. Слід пам'ятати, що сірка SO_4^{2-} має від'ємний заряд і може вимиватися за межі орного шару ґрунту. При пересушуванні ґрунту сірка локалізується у верхньому шарі. Раніше проблеми із забезпеченістю рослин сіркою не виникало. По-перше, вона надходила із атмосфери (викиди хімічної промисловості),

по-друге, джерелом сірки виступав суперфосфат, який у значних дозах вносили на всіх ґрунтах і під усі культури. На сьогодні джерелом сірки є внесення мінеральних добрив, таких як сульфат амонію, сульфат магнію, сульфат калію, НФК, калімаг і калімагнезія.

Особливу увагу сірчаному живленню рослин слід приділяти на ґрунтах легкого механічного складу і при вирощуванні таких культур як ріпак, капуста і часник.

На сьогодні розроблені градації забезпеченості ґрунтів рухомою сіркою. Низький вміст сірки у ґрунті – < 6 мг/кг, середній – 6-12 мг/кг, високий – > 12 мг/кг.

Як правило, дози сірчаних добрив становлять 10-20 кг/га.

Кальцієві та магнієві добрива

Раніше кальцієві сполуки розглядали як меліоранти, а сам елемент як «страж родючості ґрунтів». Роль кальція і магнія у живленні рослин висвітлювали у розділі «хімічна меліорація ґрунтів». Такий статус кальція є цілком виправданим, оскільки меліорація ґрунтів (вапнування і гіпсування) використовуються людством понад 2000 років. Сьогодні все більшу увагу вчені приділяють кальцієвому живленню рослин. Кальцій є головним антагоністом одновалентних катіонів у тому числі й елементів живлення. При нестачі кальцію порушується фізіологічна зрівноваженість розчину, що супроводжується гальмуванням росту кореневої системи аж до повної її руйнації. Пектинові речовини, що входять до складу клітинних оболонок розчиняються, поверхневі клітини кореня ослизнюються і загнивають. У рослинах кальцій знаходиться у вільному стані, частково він взаємодіє з органічними речовинами.

Кальцій не бере пряму участь у синтезі хлорофілу, проте зв'язок його з процесом фотосинтезу явно простежується. Так, у зелених листках капусти вміст кальцію значно вищий ніж у білих.

Доведено що кальцій посилює обмін речовин у рослинах, приймає участь у транспорті вуглеводів, впливає на азотний обмін.

Дефіцит кальцію проявляється у вигляді хлоротичних плям на листках, при цьому їх жилки з часом буріють. Особливу увагу слід звернути на роль кальцію як універсального менеджера при проведенні сигналів, що надходять із зовнішнього і внутрішнього середовища організму. Не має сумніву у тому що сполуки кальцію можуть виступати антистресантами (посилювати жаростійкість рослин, усувати токсичну дію міді, заліза, цинку).

Практика землеробства і власні дослідження (у т. р. із використанням функціональної діагностики) свідчать про те, що рослини які вирощуються навіть на ґрунтах багатих на кальцій (чорноземи), відчують його нестачу. Головна причина вказаного явища – нерозчинність карбонатів кальцію, які переважають у чорноземних ґрунтах. За даними американських вчених такий кальцій стає доступним рослинам лише після того як пройде травний тракт дощових черв'яків. З цим можна погодитись оскільки при цьому можливе утворення халатних сполук кальцію. Практично дефіцит кальцію усувають шляхом проведення позакореневих підживлень мікродобривами, до складу яких він входить у формі халатів із ЕДТА. На сьогодні нами проводиться серія досліджень з рідкими вапняковими добривами, які водночас повинні виконувати також роль антистресанта.

У якості вапняних добрив в Україні використовують досить широкий асортимент карбонатних порід серед них крейда, вапняне і доломітове борошно, палене і гашене вапно, дефекат, металургійні шлаки, цементний пил, сланцева зола, гажа, мергель, торфотуки.

Магній входить до складу молекули хлорофілу, приймає безпосередньо участь у фотосинтезі. Він входить також до складу пектинових речовин і фітину. Магній здатний до реутилізації. Нестача його проявляється на листках нижнього ярусу. Листки при цьому набувають мрамуровидного вигляду, проявляється хлороз.

Магній відіграє важливу роль у метаболізмі рослин: він приймає участь у транспорті фосфора, активує ферменти, прискорює синтез вуглеводів, впливає на окислювально-відновні процеси.

Найбільш чутливими до нестачі магнію є коноплі, кукурудза, просо. Рослини із урожаєм виносять 10-80 мг MgO із 1 га. Найбільшим виносом магнію характеризуються такі культури як картопля, зернобобові, цукрові і кормові буряки.

У якості магнієвих добрив використовують магнезит, каїніт, лангбейніт, калімаг, калімагнезію, магнійамонійфосфат.

Комплексні добрива

Розрізняють складні, складно-змішані і змішані комплексні добрива

Складні містять не менше ніж два елементи живлення у одній молекулі.

КАЛІЙНА СЕЛІТРА — KNO_3 — 13,0% N; 46,0% K_2O . Широко використовується як фертигатор у закритому ґрунті

АМОФОС — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ — **13: 46**. Отримують шляхом нейтралізації фосфорної кислоти аміаком. Недоліком є широке співвідношення між азотом і фосфором (1:4).

ДІАМОФОС — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ — 20:52% Продукт насичення фосфорної кислоти аміаком.

АЗОФОС і АЗОФОСКУ виробляють розкладанням апатитового концентрату азотною кислотою. Марки: **23:21:0; 26:13:0; 16:16:16; 21:11:11**. Вони містять не менше як 85 % фосфору у водорозчинній формі.

ГРАНФОСКА — 14,4 % P; 14,5 % K.

ДІАМОФОСКА — **9-11:25-31:20-26**. Використовують під усі культури на всіх ґрунтах.

МАГНІЙ-АМОНІЙ-ФОСФАТ — $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; **10-11% N; 45-46% P_2O_5 і 26 % MgO**. Під час зберігання втрачає азот за температури 30-50 °C. Поживні елементи містить у нерозчинній у воді формі. Використовують на ґрунтах легкого гранулометричного складу а також при зрошенні.

МЕТАФОСФАТ АМОНІЮ $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$ **17% -N; 80% - P_2O_5** . Містить нерозчинний у воді азот і фосфор. У ґрунті підлягає гідролізу, внаслідок чого фосфор перетворюється у доступну для рослин форму: $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Переважно використовується на кислих ґрунтах у якості основного внесення. **МЕТАФОСФАТ КАЛІЮ** $(\text{KPO}_3)_n$ — **57% P_2O_5 і 35% K_2O** . Має гарні фізичні властивості. Фосфор присутній у цитратнорозчинній формі. Ефективний на кислих

грунтах легкого гранулометричного складу. Використовують у якості основного внесення.

МОНОКАЛІЙФОСФАТ (KH_2PO_4) P_2O_5 - 52% K_2O - 34%.

КАРБОАМОФОС і **КАРБОАМОФОСКА** – містять азот в амідній (70-75% від загального) і аміачній формі а також водорозчинний фосфор. Марки **25-30-0; 34-17-0; 29-29-29; 33-20-0; 17-17-17.**

НІТРОАМОФОС — $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ **23:23:0; 16:24:0.**

Отримують шляхом нейтралізації азотної і фосфорної кислот аміаком. Вважається універсальним добривом. Використовується без будь яких обмежень.

НІТРОАМОФОСКА — Виробляють шляхом додавання до нітроамофосу хлористого або сірчаноокислого калію (безхлорна нітроамофоска) Марка А: **17-18:17-18:17-18** (1:1:1). Марка Б: **13-14:19-20:19-20** (1:1,5:1,5). з сульфатом калію **16-16-16.**

НІТРОФОСКИ Отримують шляхом розкладання природних фосфатів азотною кислотою. При цьому утворюється гігроскопічна сіль – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Перевод цієї сполуки в іншу форму здійснюють шляхом додавання у пульпу сульфату амонію (сульфатна нітрофоска), сірчаної кислоти і аміаку, (сірчаноокисла нітрофоска), аміаку і фосфорної кислоти (фосфатна нітрофоска). На замовлення виробника випускають із різним співвідношенням N:P:K.

ПОЛІФОСФАТИ АМОНІЮ – 11-16% N; 50-73% P_2O_5 .

РКД (рідкі комплексні добрива) Отримують шляхом нейтралізації орто- і поліфосфорних кислот аміаком. Для отримання потрібного добрива додають солі калію. На ринку присутні марки **10-34-0; 11-37-0; 10-10-10; 8-24-0**.

СУПЕРАГРО N:P:S (10:40:5) — універсальне азотно-фосфорне добриво, яке містить азот, фосфор, сірку, кальцій, а також мікроелементи: бор, цинк, марганець, залізо, молібден.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ У ДОБРИВАХ ТА ЇХ РОЗПОДІЛ

У часи з плановою економікою питанням визначення потреби у добривах та їх розподілу приділялась особлива увага. Реалізація їх здійснювалась підрозділами державної Агрохімслужби. Так, суперфосфат простий, що містить гіпс відправляли у південні області України, де розповсюджені солонцюваті ґрунти.

Для уникнення невиробничих втрат азоту, у райони Інгулецької і Каховської зрошувальної системи азотні добрива поставляли переважно у амонійній формі.

Фосфоритне борошно і фосфатшлак відвантажували головним чином у регіони розповсюдження кислих ґрунтів. У регіони вирощування цукрових буряків поставляли 30-40% калійну сіль і натрієву селітру. Тобто розподіл добрив у межах країни здійснювався на науковій основі.

Що стосується застосування добрив, то воно розпочиналось із визначення загальної їх потреби. Виходячи із кількості населення і медичних норм харчування встановлювали загальні обсяги необхідної сільськогосподарської продукції. При цьому також враховували

потреби у кормах тваринництва, обсяги продукції, що йде на експорт і страховий фонд. На підставі цього розроблялась структура посівних площ на рівні країни області, району, господарства. Для знаходження потреби у добривах посівні площі під сільськогосподарськими культурами множили на рекомендовані оптимальні дози. Далі підсумовували обсяги добрив необхідні для вирощування усіх культур. Такі роботи проводилися на усіх адміністративно - територіальних рівнях. Нерідко вказана робота навіть дублювалась, наприклад, у районних управліннях сільського господарства і агрохімічних лабораторіях Агрохімкомплексів.

У ринкових умовах структура посівних площ продовжує визначати загальну потребу у добривах. Разом із тим формування її у значній мірі залежить від кон'юнктури ринку. Про це свідчить зростання площі соняшнику, сої і зменшення площ під посівами цукрових буряків і кормових культур.

За даними міністерства аграрної політики та продовольства України зернові культури у 2019 році посіяні на 14,8 млн га, що становить 54% у структурі посівних площ. На думку фахівців міністерства це відповідає нормативам оптимального співвідношення культур у сівозмінах. Водночас площі під зерновими культурами з 2007 по 2017 рік зменшились на 4,72%, під кормовими культурами – на 36,21%, під технічними культурами зросли на 49,53% («AgroPortal»). Посівні площі під соняшником за цей період (2007-2017 рр) зросли з 3604 до 6073 тис. га; під соєю – із 671 до 1880 тис. га, що обумовлено попитом на міжнародному ринку.

Що стосується розподілу добрив у сучасних умовах, то слід визначити головну роль численних дилерських компаній, таких як «Агросем», «Ерідон», «Родоніт», «Еврохім», «Агротрейд НД», «Агрозахист Донбас», «Аграрна компанія Юкрейн-Харвест», «Агроток ЛТД», «Захід Агробізнес», «Поділля», «Агрофірма Гермес», «ТОВ Агрономич», «Спектр Агро», «АРТА- ХІМГРУП» та ін..

Постійним у ринкових умовах залишається принцип розподілу органічних і мінеральних добрив на рівні господарств. Для визначення обсягів накопичення гною враховують види та вікові групи тварин, що є в господарстві і вихід гною на одну голову.

Наприклад, для умов Харківської області, при стійловому періоді для ВРХ в 170 – 200 днів, приблизний вихід підстилкового гною від 1 голови тварин та птиці складає (в т):

корови – 7 – 9; нетелі – 5 – 6; молодняк ВРХ до 1 року – 2 – 2,5; від 1 до 2 років – 3 – 4; від 2 до 3 років – 4 – 5; коні робочі – 5 – 6; молодняк коней до 1 року – 0,5 – 2 ; від 1 до 2 років – 3 – 4 і від 2 до 3 років – 4 – 5; свині – 1,5; вівці – 0,6 – 0,7; кури – 6 кг; качки – 8 кг; гуси – 11 кг.

Вихід безпідстилкового гною можна розрахувати аналогічно підстилковому або в розрахунку на 1 умовну голову: ВРХ – 55 кг/добу; свині – 50 кг/ добу (1 умовна голова = 500 кг живої ваги).

Вихід гною за рік (т) від кожного виду та вікової групи тварин визначається шляхом перемноження кількості поголів'я на нормативний річний вихід гною від однієї голови, а загальний вихід гною від усіх видів та вікових груп визначається через додавання всіх показників.

Вихід гноївки (т) можна визначити за двома методиками. Перша: шляхом перемноження нормативного виходу гноївки на одну голову на поголів'я по кожному виду та віковій групі тварин. Друга методика базується на тому, що гноївка утворюється під час зберігання гною і її кількість складає приблизно 10 – 15% від загальної кількості накопиченого свіжого підстилкового гною. Звідси можливо розрахувати загальний вихід гноївки по господарству, враховуючи тільки загальний вихід підстилкового гною. Втрати гною при зберіганні залежать від тривалості та способів зберігання підстилкового гною. При нещільному укладанні гною в буртах з аеробними умовами та інтенсивним розкладанням органічної речовини спосіб зберігання називають гарячим. При щільному укладанні добре зволоженого гною, коли в буртах чи в гноєсховищах створюються анаеробні умови і розкладання органічної речовини сповільнюється та проходить при низьких температурах, то цей спосіб зберігання називають холодним. В окремих випадках використовують гарячепресований спосіб, коли через декілька днів (два-чотири) збереження гною його ущільнюють котками, переводячи в анаеробний стан.

Через три-чотири місяці зберігання гною при щільному укладанні він переходить в напіврозкладений стан, який вважається найкращим для звичайних виробничих умов. Втрати органічної речовини з гною за цей період в залежності від способів зберігання та видів підстилки (за даними ВІДА та НІДІФ) досягають величини, яка вказана у табл.

Втрати органічної речовини з гною, %

Спосіб зберігання	Види підстилки	
	солома	торф
Гарячий	33	40
Гарячепресований	25	33
Холодний	12	7

Користуючись довідковими матеріалами, легко розрахувати можливі втрати гною при найбільш раціональному способі зберігання.

Якщо накопичення гною в господарстві становить 10000 т на солом'яній підстилці, то ці втрати будуть дорівнювати 1200 т. Таким чином, вихід гною з урахуванням втрат при зберіганні дорівнює 8800 т (10000–1200), а насиченість гноєм орних земель (якщо прийняти їх загальну площу в нашому прикладі за 2000 га) буде дорівнювати 4,4 т/га (8800 : 2000). Якщо наше умовне господарство знаходиться в Лісостепу, то ми бачимо, що насиченість гноєм фактична (4,4 т/га) набагато менша від рекомендованої (11-12 т/га), а тому необхідно передбачити приготування компостів, в залежності від можливостей господарства, в таких кількостях, щоб якомога ближче підійти до рекомендованої насиченості органічними добривами.

Побічна продукція сільськогосподарських культур теж може бути використана як органічне добриво. При збиранні врожаю зернових культур соломі подрібнюють та заорюють. Для запобігання іммобілізації азоту ґрунту необхідно внести додаткову кількість азоту мінеральних добрив із розрахунку 8-12 кг на кожну тону соломи.

У випадках, коли у господарстві овочеві культури висаджують розсадою, яка вирощується в парниках або в теплицях, потрібно

розрахувати кількість гною для закладки парникових рам. Площу теплиць або парникових рам, необхідних для одержання потрібної кількості розсади визначають діленням сумарної кількості всіх рослин даної овочевої культури на вихід розсади з 1 м² теплиці або однієї парникової рами. Другий, більш простий, метод вирішення цього питання зводиться до ділення площі даної овочевої культури (га) на число парникових рам або площу теплиць, необхідних для забезпечення розсадою 1 гектара площі овочевих культур.

Для забезпечення 1 га ранньої капусти розсадою потрібно 130 парникових рам або 195 м² теплиць, середньої капусти – відповідно 90 і 135, томатів – 110 і 165, перцю – 145 і 220, огірків – 185 і 280.

Для обігріву парників необхідне біопаливо, для чого найчастіше використовується гній в кількості 0,35-0,91 т на одну раму. Перемноживши цю кількість гною на загальну кількість парникових рам, знаходять ту масу органіки, яка потрібна для парників. Гній в дозах 200-250 т/га використовують і як добриво для теплиць.

У тому випадку, коли фактична насиченість органічними добривами значно нижча від необхідної, то прийдеться частково обмежити використання цих добрив, не плануючи їх внесення, наприклад, на луках і пасовищах.

При розподілі органічних добрив слід передбачити першочергове забезпечення ними в необхідних (рекомендованих) кількостях їх використання в парниках і теплицях, як біопаливо для підігріву ґрунтосумішей при вирощуванні розсади та тепличних культур, а також внесення їх в рекомендованих кількостях в овочевих сівозмінах і в садах.

Коли немає можливості забезпечити всі сівозміни необхідною кількістю органічних добрив, треба керуватись деякими пріоритетами. З економічної точки зору органічні добрива, зокрема гній, треба вносити в кормових (прифермських) сівозмінах, які ближче розташовані від місць накопичення органічних добрив, де витрати на їх транспортування у поле будуть мінімальними.

За невисокої насиченості органічними добривами постає завдання мінімалізації втрати родючості ґрунту. В ґрунтах польових чи овочевих сівозмін із двома-трьома полями багаторічних трав він буде компенсаційним. Тому при розподілі органічних добрив між сівозмінами господарства слід керуватися розрахунками балансу гумусу. Проте це стосується тільки польових, кормових і ґрунтозахисних сівозмін.

Слід також передбачити, що при розподілі органічних добрив норми їх внесення по удобрюваних полях не повинні бути меншими від 20 т/га, мінімальні градації норм повинні бути 5 т/га (тобто 20, 25, 30 і т.д.). Різниця між накопиченням органічних добрив та їх розподілом в умовах середнього господарства (2000-3000 га орних земель) не повинна перевершувати 200 т. Без обмежень органічні добрива виділяються для овочевої сівозміни та для саду. Це загальні принципи розподілу органічних добрив якими потрібно керуватися.

Після розміщення в сівозміні органічних добрив планують внесення мінеральних добрив, керуючись наступними принципами:

1. Мінеральними добривами в польових сівозмінах насамперед удобрюють цукровий буряк, озиму пшеницю, кукурудзу на зерно й силос, картоплю. Якщо в господарстві

достатня кількість добрив, їх потрібно вносити і під інші культури, враховуючи удобреність попередників.

2. Мінеральні добрива забезпечують одержання найбільших приростів урожаю при внесенні їх під оранку у вигляді основного добрива. В зоні нестійкого й недостатнього зволоження 70-80 % річної норми мінеральних добрив необхідно застосовувати в основне внесення під оранку. В умовах достатнього зволоження (Полісся, Західний Лісостеп) фосфорно-калійні добрива краще вносити під оранку, а 60-70 % азотних добрив потрібно вносити навесні під передпосівну культивуацію зябу, решту – в рядки й підживлення.
3. Передбачити внесення під час сівби фосфорних добрив P_{10-15} (суперфосфат) або $N_{10}P_{10}K_{10}$ (комплексні добрива).
4. Підживлення культур доцільне при недостатньому або неповному внесенні основного добрива. Підживлювати слід передусім азотними добривами озимі (пшеницю й жито), а в районах достатнього зволоження і цукровий буряк, кукурудзу й картоплю.
5. Якщо основне добриво не було внесено під оранку, його краще внести навесні локально-стрічковим способом за допомогою культиваторів-рослинопідживлювачів або зернотукових сівалок на глибину 8-10 см упоперек або по діагоналі до напрямку майбутнього посіву.

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗ ДОБРИВ

Установлення доз мінеральних добрив є найбільш складним і важливим питанням. Переважна більшість агрохімічних досліджень так чи інакше пов'язана саме з цим питанням. Без перебільшення можна зазначити, що визначення оптимальних доз добрив узагальнює всі досягнення агрохімічної науки. Отже, поняття «оптимальна доза добрив» не є чимось завершеним, вона постійно уточнюється, коригується відповідно до тих умов, у яких її планується використовувати. Вона може бути оптимальною з погляду отримання найвищого рівня урожайності, максимального прибутку, забезпечення бездефіцитного балансу гумусу і NPK, отримання високоякісної продукції.

На сьогодні відома велика кількість методів з установлення оптимальних доз добрив. Умовно їх поділяють на чотири групи.

1. Методи, які використовують результати польових дослідів з добривами.
2. Балансово-розрахункові методи, які базуються на забезпеченні виносу урожаєм головних елементів живлення за допомогою добрив.
3. Комплексні методи, що враховують крім потреби рослин у головних елементах живлення ще й інші фактори урожайності.
4. Економіко-математичні методи, засновані на визначенні норм добрив за рівняннями множинних регресій.

Метод використання результатів польового дослідю є найпростішим і найбільш дослідженим. Розробка його належить таким

видатним вченим, як Д.М. Прянишников, О.В. Соколов та П.Г. Найдин [114].

Польовий дослід безпосередньо вказує на кількість і співвідношення мінеральних добрив для отримання запланованої урожайності. Проте значна кількість досліджень довела, що навіть в умовах, коли дослід закладався на одному й тому ж полі, або розташованому поруч полі, норми добрив, перенесені у виробничі умови, не забезпечували отримання ідентичної з дослідом урожайності. За звичай, залежно від культури землеробства, вона була нижчою на 20 – 50 %.

Установлення норм добрив за результатами одиничного польового дослідження в умовах господарства. У разі прямого використання у господарстві результатів польового дослідження, який проводився на його території, коригують норми добрив на клас ґрунту. Якщо клас ґрунту поля відрізняється від класу ґрунту дослідної ділянки на одну або дві одиниці, то норми фосфорних і калійних добрив змінюють на ± 25 і ± 50 % відповідно, а норми азотних – на ± 10 або ± 20 %. При цьому за відсутності даних щодо забезпечення рослин азотом коригування норм азотних добрив на середніх і важких за механічним складом ґрунтах проводять за вмістом фосфору, а на легких ґрунтах – за вмістом калію. Такий метод є економічно невиправданим.

Установлення норм добрив за результатами польових дослідів, проведених у типових для цієї зони умовах ще називається методом рекомендацій з урахуванням забезпеченості рослин поживними речовинами ґрунту, або методом використання результатів польового

дослідів і агрохімічних картограм. У сучасній практиці землеробства цей метод застосовується найбільш широко і полягає у тому, що в декількох типових для цієї зони місцях на основних типах ґрунтів науково-дослідні установи закладають польові дослідів (переважно за схемами Географічної мережі дослідів з добривами) з вивчення ефективності норм добрив. При цьому в дослідів застосовують агротехніку, що є загальноприйнятою для цієї зони і вирощують районовані й перспективні сорти сільськогосподарських культур.

Отримані результати польових дослідів математично обробляють, узагальнюють, а потім рекомендують для конкретних умов (зона, підзона, генетичний тип ґрунту, його механічний склад, умови зволоження, сільськогосподарська культура і рівень її урожайності) середні дози добрив.

Рекомендовані раніше норми добрив були розраховані на отримання урожаю: озимих зернових – 40–45 ц/га, кукурудзи на зерно – 40–60 ц/га, кукурудзи на силос – 350–400 ц/га, коренеплодів цукрових буряків – 400–500 ц/га, гороху 30–35 ц/га, ярових зернових 30–35 ц/га, соняшнику – 20–25 ц/га. Далі, використовуючи агрохімічні картограми ґрунтів господарства і таблицю поправкових коефіцієнтів, застосовували поправки до середніх рекомендованих норм добрив на забезпеченість рослин поживними елементами ґрунту. Звичайно, що такі рекомендації на сьогодні є застарілими.

Разом з визначенням норм добрива численні польові дослідів сприяли виявленню залежності урожаю від норм внесених добрив. Більшістю експериментальних даних було доведено, що урожайність не зростає пропорційно збільшенню норм добрив, а змінюється

експоненціально. Графічно пряма залежність спостерігається лише до певного рівня збільшення норми добрива, за якої досягається найбільша оплата одиниці поживної речовини добрив отримуваною продукцією. Таку норму в агрохімії називають оптимальною, оскільки вона забезпечує отримання високого врожаю гарної якості при максимально чистому доході з одиниці площі. Подальше нарощування норми добрив супроводжується збільшенням урожайності, але окупність одиниці поживної речовини добрив знижується. Звідси виникло поняття *раціональної норми добрива*, яка забезпечує отримання якомога більшого обсягу сільськогосподарської продукції з одиниці площі задовільної і гарної якості. Звичайно, при цьому підвищується родючість ґрунтів і економічний ефект від застосування добрив.

На певному високому рівні норми добрива подальше підвищення кількості добрив вже не забезпечує підвищення урожайності. Така норма добрив має назву *граничної*, оскільки забезпечує отримання максимально можливої урожайності припустимої якості за умови як мінімум самоокупності добрив.

У контексті викладеного доречно навести модель визначення економічнообґрунтованих (оптимальних доз добрив) за моделлю М.В. Лісового ().

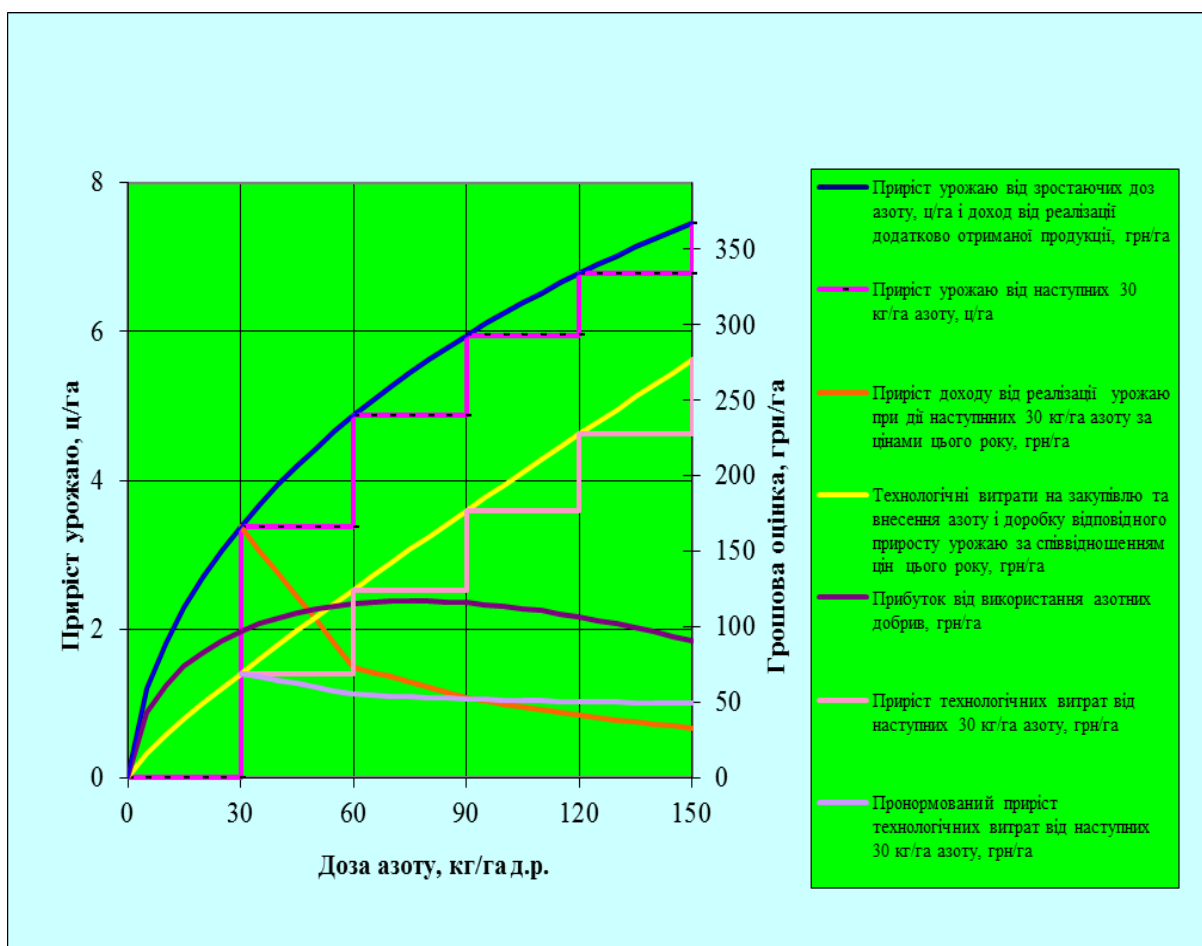
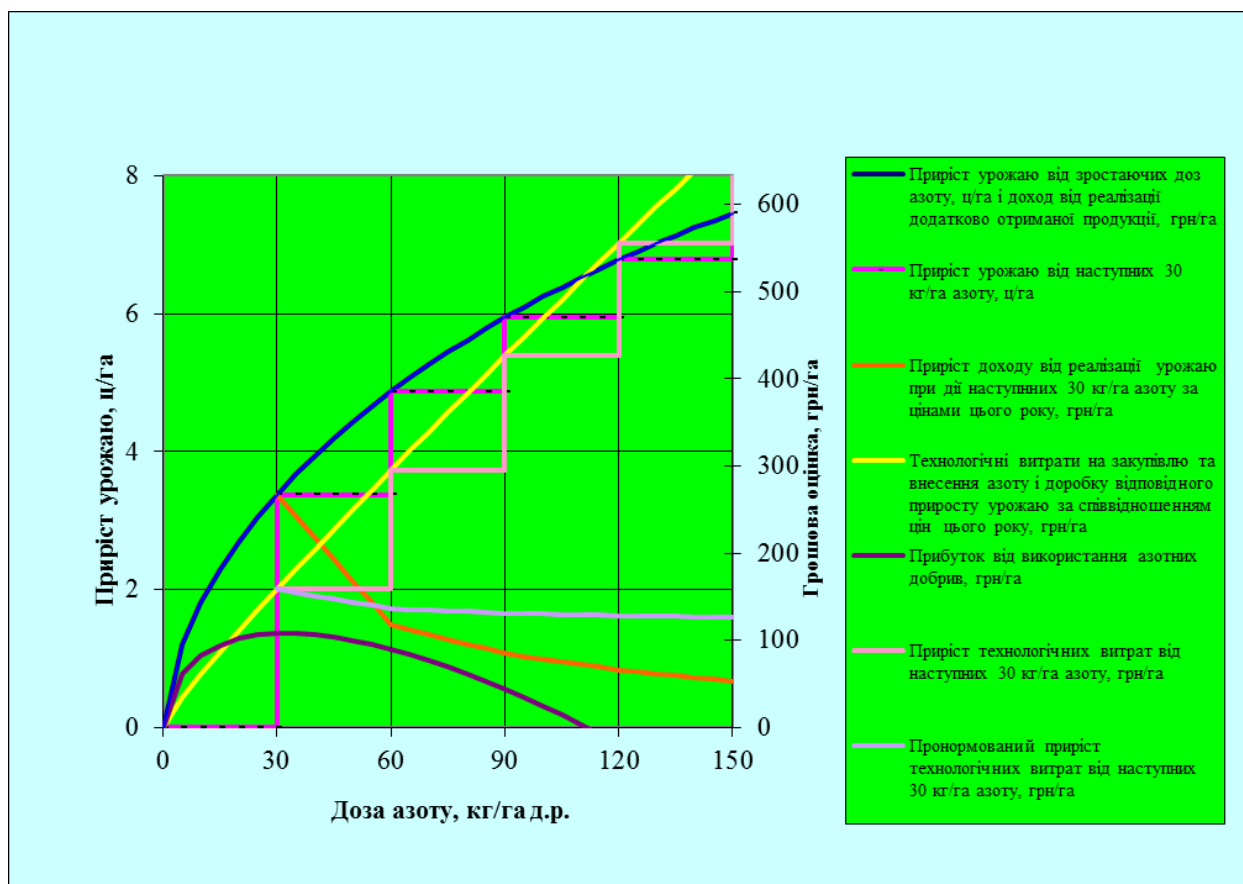


Рис. Економічна ефективність зростаючих доз азотних добрив під озиму пшеницю на дерново-підзолистих ґрунтах за ціновими умовами 2004 р. Оптимальна доза знаходиться на перетині червоної та жовтої лінії

Зміна співвідношення цін на добрива і зерно озимої пшениці призводить до зміни величини оптимальної дози (рис.).

Вказана модель визначення доз добрив у першому наближенні дозволяє вирішувати виробничі задачі.

Зауважимо, що оптимальні норми добрив слід застосовувати в умовах обмеженої їх кількості, адже господарству вигідніше вносити менші норми добрив на більшій площі й отримувати при цьому більший валовий урожай, аніж застосувати більш високі їх норми на меншій площі.



Джерело: побудовано І.В. Філоном за моделлю М.В. Лісового

Рис. Економічна ефективність зростаючих доз азотних добрив під озиму пшеницю на дерново-підзолистих ґрунтах за ціновими умовами 2009 р.

Використання результатів польових дослідів з добривами для визначення за нормативами витрат потреби у мінеральних добривах. Зауважимо, що нормативи витрат – це та кількість кілограмів поживних речових мінеральних добрив, яку необхідно витратити для отримання 1 т прибавки урожаю або 1 т загальної урожайності гарної якості.

Нормативи витрат визначають окремо за азотними, фосфорними і калійними добривами. Зворотною величиною до нормативу витрат на отримання 1 т прибавки урожаю є нормативи прибавки урожайності,

що являють собою кількість центнерів або кілограмів основної продукції сільськогосподарських культур високої якості, яку отримують додатково при внесенні 1 ц (кг) поживних речовин мінеральних добрив з оптимальним їх співвідношенням.

Виражаються нормативи прибавки урожайності у кілограмах (центнерах) основної продукції відповідно на 1 кг (ц) суми головних елементів живлення. Фактично це нормативи оплати одиниці маси головних елементів живлення добрив (у сумі) основною продукцією сільськогосподарських культур.

Нормативи розробляють для районованих і перспективних сортів сільськогосподарських культур за основними типами ґрунтів або природно-сільськогосподарської зони. Розробка нормативів для останньої здійснюється з використанням експериментального матеріалу короткострокових і тривалих польових дослідів з дії зростаючих норм мінеральних добрив на урожайність і якість продукції.

Балансово-розрахункові методи устанавлення норм добрив.

Слід зазначити, що методи устанавлення норм добрив за результатами польових дослідів є неточними. Це пояснюється насамперед наступним. По-перше, під час визначення оптимальних норм і співвідношень добрив закладаються досліді з великою кількістю варіантів, на що не може не впливати строкатість родючості ґрунтів. По-друге, поправкові коефіцієнти, які застосовуються при цьому, мають загальний характер, оскільки не повністю обґрунтовані експериментально. І, нарешті, по-третє, через постійне запровадження новітніх технологій у землеробстві, використання нових сортів і

застосування нових форм добрив розвиток польового дослідження здійснюється значно повільніше ніж виробництво, тому рекомендації втрачають актуальність і мають певною мірою лише орієнтовний характер. Зазначені недоліки виникають і під час планування результатів використання добрив, оскільки метод польового дослідження не дозволяє орієнтуватися на одержання конкретної величини приросту врожаю.

Зазначене і обумовило пошук більш точних і оперативних методів встановлення норм добрив. Так виникли балансово-розрахункові методи, якими у своїх розрахунках широко користувалися такі вчені аграрники, як П.О. Власюк, В.С. Денисьєвський, О.М. Надєждін, І.І. Канівець, А.Л. Маслова, І.Л. Колоша [114].

Балансово-розрахункові методи умовно поділяють на дві групи:

- 1) розрахунок норм добрив на запланований урожай;
- 2) розрахунок норм добрив для отримання запланованого приросту врожаю.

За основу в балансово-розрахункових методах узяті показники виносу поживних речовин з ґрунту і коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та добрив.

У табл. і 3.20 нами визначено норми добрив для отримання всього запланованого врожаю (49,6 ц/га). При цьому бралися до уваги особливості задоволення потреб рослин як за рахунок запасів рухомих поживних речовин у орному шарі ґрунту, так і за рахунок післядії мінеральних добрив, унесених під попередник (у нашому прикладі –

горох). Для визначення вмісту рухомих форм азоту, фосфору і калію у ґрунті нами були взяті довідкові величини вмісту їх у мг на 100 г ґрунту (азоту – 7,6 мг/100 г, фосфору – 8,1 мг/100 г і калію – 10,5 мг/100 г ґрунту). Знаючи глибину орного шару і щільність ґрунту, неважко розрахувати масу орного шару у кілограмах і через пропорцію визначити скільки кілограмів поживної речовини міститься у орному шарі. Проведення нескладних розрахунків указує на потребу 202,4 кг/га азоту, 158,3 кг/га фосфору і 178,3 кг/га калію.

Далі нами визначено норми добрив для отримання запланованого приросту врожаю порівняно з середнім урожаєм без добрив. Останній визначався на рівні середнього урожаю, отриманого у навчально-дослідному господарстві «Комуніст» Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва (34 ц/га), середнього урожаю визначеного за балом бонітету ґрунту (28,6 ц/га) і середнього урожаю визначеного за методикою П.О. Мосіюка на підставі вмісту рухомих форм фосфору і калію в ґрунті.

Отже, за першим варіантом, щоб забезпечити приріст урожаю 15 ц/га (49,6 ц/га – 34 ц/га) слід внести 98,8 кг азоту, 80,8 кг фосфору і 77,1 кг калію. За другим варіантом, щоб забезпечити приріст урожаю 21 ц/га (49,6 ц/га -28,6ц/га) слід внести 133,4 кг азоту, 110,5 кг фосфору і 105,2 кг калію. За третім варіантом необхідно забезпечити приріст урожаю 10,7 ц/га за рахунок 67,5 кг азоту, 53,9 кг фосфору і 51,6 кг калію.

Розрахунок норм добрив для одержання запрограмованих урожаїв

№ п/п	Показники	Культура		
		N	P	K
1.	Запланований урожай, ц/га	49,6	–	–
2.	Винос елементів живлення запланованим урожаєм, кг/ц	3,2	1,1	2,6
3.	Винос елементів живлення запланованим урожаєм, кг/га	158,7	54,6	129,0
4.	Вміст елементів живлення в орному шарі ґрунту мг/100 г ґрунту	7,6	8,1	10,5
5.	Запас елементів живлення в орному шарі ґрунту, кг/га	228,0	243,0	315,0
6.	Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту, %	25,0	9,0	12,0
7.	Буде використано елементів живлення з ґрунту, кг/га	57,0	21,9	37,8
8.	Під попередник внесено органічних добрив, т/га	–	–	–
9.	Внесено з органічними добривами елементів живлення, кг/га	–	–	–
10.	Коефіцієнт використання елементів живлення з органічних добрив на другий рік, %	–	–	–
11.	Буде використано елементів живлення з органічних добрив на другий рік, кг/га	–	–	–
12.	Під попередник внесено з мінеральними добривами елементів живлення, кг/га	10,0	10,0	10,0
13.	Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив на другий рік, %	5,0	10,0	20,0
14.	Буде використано елементів живлення з мінеральних добрив на другий рік, кг/га	0,5	1,0	2,0
15.	Буде використано елементів живлення з ґрунту та за рахунок післядії добрив, кг/га	57,5	22,9	39,8
16.	Під культуру внесено органічних добрив, т/га	–	–	–
17.	Внесено з органічними добривами елементів живлення, кг/га	–	–	–
18.	Коефіцієнт використання елементів живлення з органічних добрив у перший рік, %	–	–	–
19.	Буде використано елементів живлення і органічних добрив у перший рік, кг/га	–	–	–
20.	Буде використано елементів живлення з ґрунту за рахунок післядії добрив та внесених органічних добрив, кг/га	57,5	22,9	39,8
21.	Необхідно збільшити кількість елементів живлення за рахунок мінеральних добрив, кг/га	101,2	31,7	89,2
22.	Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив в перший рік, %	50,0	20,0	50,0
23.	Треба внести елементів живлення з мінеральними добривами, кг/га	202,4	158,3	178,3

Джерело: розраховано І.В. Філоном

Таким чином, використання різних методик для визначення оптимальних доз добрив (у разі однакових рівнів запланованої урожайності) призводить до різних значень, що не може задовольняти виробництво.

Щодо перспективи застосування балансово-розрахункових методів варто сказати, що вони не повністю відповідають потребам науки і практики, оскільки базуються на однаковій витраті поживних речовин із ґрунту і добрив на створення одиниці маси урожайності при різних її рівнях. Насправді має місце збільшення витрат поживних речовин на кожний наступний центнер прибавки урожайності.

Визначення норм добрив з використанням нормативів балансу поживних речовин за сівозміну. Цей метод можна вважати різновидом балансово-розрахункового, оскільки у його основу покладено облік виносу поживних речовин сільськогосподарськими культурами сівозміни та його відшкодування за допомогою добрив. Метод передбачає, що для підтримки у ґрунті попереднього рівня азотного, фосфорного і калійного живлення рослин необхідно забезпечити 100 відсоткове повернення виносу урожаєм фосфору і калію і 120–130 відсоткове повернення виносу азоту. За низького рівня вмісту фосфору і калію необхідно не тільки зберегти попередній рівень родючості ґрунту, але й збільшити його. Для досягнення поставленої мети необхідно забезпечити 170–200 відсоткове повернення фосфору і 130–150 відсоткове повернення калію.

Особливістю методу є також і те, що у ньому не враховуються коефіцієнти використання рослинами поживних речовин з ґрунту і добрив і за його допомогою можна активно і цілеспрямовано регулювати родючість ґрунтів.

Установлення норм добрив з урахуванням бонітету ґрунту і окупності добрив урожайністю сільськогосподарських культур.

Цей метод є типовим прикладом комплексного підходу у разі встановлення норм добрив і застосовується у господарствах, де проведена якісна оцінка земель. Відомо декілька різновидів комплексного підходу, проте сутність їх залишається однаковою і зводиться до того, що спочатку визначається ефективна родючість ґрунту шляхом добутку середньозваженого бала поля на ціну бала, виражену в урожайності культури.

Ціна бала ґрунту – це таблична інформація, яку розраховують діленням середньої багаторічної урожайності, отриманої на неудобреному фоні, на бонітет ґрунту в балах. Потім визначають ту частину урожайності, яку необхідно отримати за рахунок добрив. Ураховуючи норму гною під цю культуру і його окупність урожайністю, розраховують прибавку, яку слід забезпечити від внесення мінеральних добрив.

У подальшому визначення норм мінеральних добрив здійснюється будь-яким з розглянутих методів, проте найчастіше його проводять за окупністю мінеральних добрив урожайністю.

Визначення норм добрив, як і у балансово-розрахункових методах, здійснюють на підставі однакової витрати поживних елементів добрив на утворення прибавки урожаю різних її рівнів.

Насправді має місце послідовне збільшення витрат поживних елементів на створення зростаючих прибавок.

Економіко-математичні методи встановлення доз добрив.

Ще на початку двадцятого століття професор Кенігсберзького університету Мітчерліх (1907, 1921, 1927) математично обробив дані Вольфа (1870) з вивчення дії азоту у водних культурах і запропонував формулу залежності урожаю від факторів росту:

$$\text{Log } (A-y) = \log A - Cx,$$

де A – максимально можлива урожайність у даних умовах, ц/га; y – урожайність за внесеної норми добрива, ц/га, x – норма добрива, кг/га; C – коефіцієнт пропорціональності, який встановлює залежність урожаю від кількості поживних речовин, що доступні рослині.

Власне це і була перша спроба виразити урожай як функцію дії окремих факторів. Щоб використати наведену формулу на виробництві, необхідно мати дані польового дослідження з щонайменше із двома варіантами: без внесення добрива і за внесення будь-якої норми добрива. Щоправда, формула має лише приблизне значення, оскільки охоплює процес формування врожаю однобічно і схематично.

Заслуговує на увагу модель визначення доз добрив П.О. Мосіюка П.О. П.О. Мосіюк [136, 137, 138, 139, 140] у 1986 р. Він розробив і запропонував метод встановлення норм добрив, заснований на використанні кількісно оцінених закономірностей (функцій) зміни врожайності від рівня вмісту поживних речовин у

ґрунті і норми їх внесення з добривами. Ці функціональні залежності були отримані у ході математичної обробки експериментальних даних, інформації Державної агрохімічної служби, а також звітності сільськогосподарських підприємств.

Сутність методу полягає в тому, що розрахунок оптимальної потреби в добривах розпочинають з детального аналізу ґрунтових і організаційно-господарських умов. Зокрема слід з'ясувати культуру, сорт, агровиробниче групування ґрунтів поля, середньозважений вміст рухомих поживних речовин і методи їх визначення, особливості попередника (гарний, середній, поганий); культуру землеробства (висока, середня, низька), передбачувані погодні умови (сприятливі, середні, несприятливі). Вміст рухомих поживних речовин, установлений за різними методами приводять до метода Чирікова за допомогою коефіцієнтів (табл.).

Далі встановлюють частину запланованого урожаю для формування якої достатньо елементів живлення (фосфору і калію), що містяться у ґрунті при середніх умовах вирощування культури. Для цього використовують кількісні залежності зміни урожаю у залежності від вмісту в ґрунті фосфору і калію за наступним рівнянням регресії:

$$y = bx + c,$$

де y – частина запланованого урожаю, формування якої забезпечується відповідним вмістом рухомого поживного елемента в ґрунті, ц/га; x – вміст рухомого фосфору або калію, мг/100 г ґрунту у перерахунку на метод Чирікова; b і c – коефіцієнти функції.

Коефіцієнти перерахунку вмісту в ґрунті рухомих елементів
живлення до єдиного методу Чирікова

Метод визначення	Коефіцієнт перерахунку	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кирсанова	0,90	0,90
Мачигина	2,30	0,30
Чирікова	1,00	1,00
Егнера-Рима	0,20	0,63
Маслової	–	0,63
Труорга	0,90	0,90
Бровкіної	–	0,63

Джерело: систематизовано і узагальнено П.О. Мосіюком [138]

Отримані результати за кожним з елементів у залежності від погодних і організаційно-господарських умов коригують на коефіцієнти, наведені у табл. 3.27

До цієї функції слід також увести і поправковий коефіцієнт на сортові особливості сільськогосподарських культур з більш високими порівняно з районованими потенційними можливостями використання родючості ґрунту (d), якщо висівають перспективний сорт. Розраховується коефіцієнт (d) діленням результатів узагальнення і порівняння урожаю перспективного сорту (без добрив) на урожай районованого. Звідси функція матиме такий вигляд:

$$y=k(bx+c) \quad (3.15).$$

Поправочні коефіцієнти до функцій зміни урожаю
сільськогосподарських культур залежно від вмісту елементів
живлення у ґрунті і погодних умов

Погодні умови								
Сприятливі			Середні багаторічні			Несприятливі		
Попередник								
Гарний	Задовільний	Поганий	Гарний	Задовільний	Поганий	Гарний	Задовільний	Поганий
Високий рівень культури землеробства								
1,45	1,32	1,19	1,21	1,10	0,99	0,97	0,83	0,79
Середній рівень культури землеробства								
1,32	1,20	1,08	1,10	1,00	0,90	0,88	0,80	0,72
Низький рівень культури землеробства								
1,19	1,08	0,97	0,99	0,90	0,81	0,79	0,72	0,65

Джерело: розраховано П.О. Мосіюком [138]

Після врахування сортових особливостей культур функція набуває вигляду:

$$y = kd(bx + c) \quad (3.16).$$

Потім за різницею між плановою і отриманою за рахунок природної родючості урожайністю знаходять ту її частину, яку необхідно забезпечити за рахунок внесення добрив. Норму добрив визначають не на основі усереднених нормативів, а на основі кількісно оцінених закономірностей їх витрати на формування урожаю. При цьому у функціях враховується закономірність наступного збільшення витрат елементів живлення добрив на створення зростаючого приросту врожайності. При цьому

абсолютним розміром приросту врожайності повинен бути такий, який не вище економічно доцільного, а розрахована на нього норма поживного елемента не забруднювала б біосферу.

Закономірності (функції) витрат азоту, фосфору і калію добрив на створення приросту врожаю мають вигляд:

$$N=qu+\lambda y^2 \quad ,$$

де N – норма поживного елемента, яка витрачається на забезпечення приросту врожайності при середніх умовах, кг/га;

y – приріст урожайності, який необхідно забезпечити за рахунок добрив, ц/га;

q, λ – числові коефіцієнти функції.

Якщо планування потреби в добривах здійснюється в умовах, що відхиляються від середніх, то до них вводять поправкові коефіцієнти. Тоді формула розрахунку потреби в поживних елементах набуває такого вигляду:

$$N=\Delta(qu+\lambda y^2) \quad (3.18).$$

В.О. Казаков удосконалив модель, запропоновану П.О. Мосіюком, увівши до неї розрахунок на персональному комп'ютері оптимальної дози добрив, яка забезпечує відповідний рівень урожайності озимої пшениці при найвищому умовному чистому прибутку від застосування добрив. І.В. Філоном розроблено алгоритм і проведено розрахунки щодо визначення оптимальних рівнів урожайності озимої пшениці і доз мінеральних

добрив для різних співвідношень цін на мінеральні добрива та зерно озимої пшениці. Таку програму розрахунку доз добрив можна отримати на кафедрі агрохімії ХНАУ ім В.В. Докучаєва. На сьогодні все більша кількість аграріїв наголошує, що для них важливіше визначати не стільки «оптимальні», скільки економічно обгрунтовані дози. Доза добрив може бути розрахована на 8–10 т зерна. Проте запаси продуктивної вологи не дозволять вийти на вказаний рівень урожайності і господарство матиме збитки.

Існують й інші економіко-математичні методи встановлення доз добрив. Для фахівців агрохімсервісу потрібно знати основні схеми дослідів з добривами і засобами захисту рослин, методику закладки таких дослідів і демонстраційних полів.

ОЦІНКА СТАНУ УДОБРЕННЯ (РОДЮЧОСТІ) ГРУНТІВ В РИНКОВИХ УМОВАХ

Реалії сьогодення складаються на користь впровадження в Україні ринка сільськогосподарських земель. Перше питання, яке постає при цьому це вартість землі. Вважається, що найбільш родючими та цінними ґрунтами є чорноземи. За відомим висловлюванням В. В. Докучаєва чорнозем є своєрідним «царем ґрунтів». Проте практика землеробства вказує на те, що родючість чорноземів явно перебільшена. Прикладом тому урожайність озимої пшениці на чорноземах Харківщини за 2019 рік. У більшості господарств області вона не перевищує 4,0 – 4,5 т/га. Одна справа це потенційна родючість ґрунтів і зовсім інша – ефективна, яка залежить від цілого ряду чинників (структурність, механічний склад, вміст рухомих форм NPK, забур'яненість, експозиція ділянки і т. д.). Головну роль серед них відіграє «стан удобрення ґрунтів», який до речі є відзеркаленням попередніх капіталовкладень (на добрива) за останні роки.

Виникає питання яким чином можна здійснювати контроль за попереднім внесенням добрив? Як перевірити статистичні дані за формою 9-б-сг? На сьогодні напрацьовано чимало методів такого контролю, наприклад, шляхом визначення ряду агрохімічних показників або складання балансу NPK. Така процедура є складною, крім того агрохімічні нормативи, що при цьому використовуються, є застарілими (коефіцієнти використання поживних речовин із ґрунту і добрив, бонітети ґрунтів, винос NPK на 1 ц урожаю). У кінцевому рахунку ми отримуємо дещо сумнівні

показники, що непридатні для використання у виробництві. Досить швидким методом оцінки стану удобрення полів є визначення електропровідності ґрунту [3]. Проте підвищення останньої не завжди ввіддзеркалює зростання вмісту у ґрунті поживних речовин. Так, підвищення електропровідності може відбутися за рахунок підйому мінералізованих вод, надходження солей з поливними водами при зрошенні і т. ін. Крім того у ґрунтах з високою буферністю внесення мінеральних добрив не призводить до помітного зростання концентрації ґрунтового розчину за винятком осередків розміщення добрив. Враховуючи важливість і невирішеність проблеми, на початку 90-х років нами запроваджено такий показник, як «стан удобрення ґрунтів». Доцільність його не викликає сумніву. Ще задовго до його виникнення землероби інтуїтивно використовували цей показник під дещо іншою назвою: «унавоженные», «хорошо удобренные почвы», розуміючи при цьому збагачення ГВК поживними елементами. Сучасне підґрунтя цього показника базується на хімічній термодинаміці, а точніше на визначенні буферності ґрунтів стосовно поживних елементів. Експериментальні дослідження останніх років [4] вказують на те, що обмін між ГВК і ґрунтовым розчином відбувається у першу чергу між спорідненими катіонами. Звідси існування калійно-амонійного зв'язку [5, 6, 7, 8, 9] і можливість спрощеного визначення калійної і амонійної буферності ґрунтів. Якщо обмін відбувається перш за все між спорідненими іонами, то заняття «вакантних» місць для поглинання катіонів амонію веде до того, що з кожним наступним внесенням амонійних форм мінеральних

добрих активність іонів амонію буде досить різко зростати (рис.1-3).

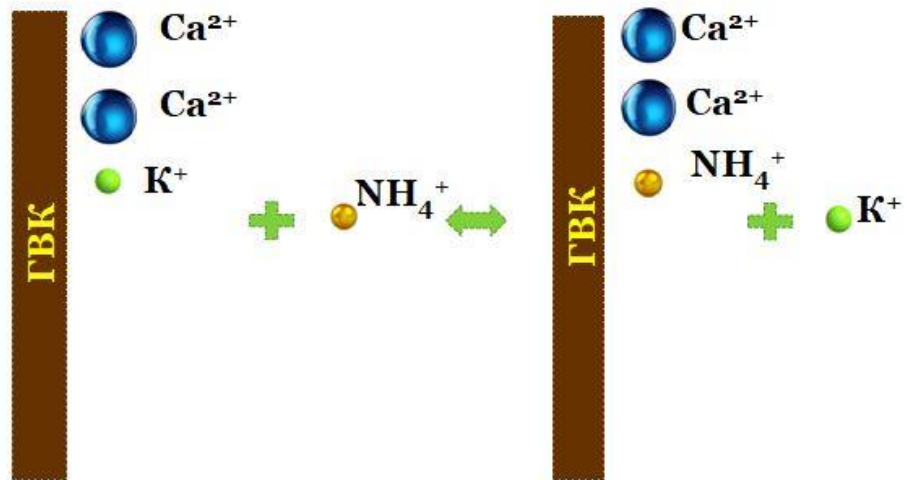


Рис.1 Обмін між ГВК і ґрунтовим розчином у першу чергу відбувається між спорідненими катіонами.

Точно так само при занятті у ГВК вакантних місць для поглинання калію, з кожним наступним внесенням калійних добрив все вагомніше буде зростати активність іонів калію.

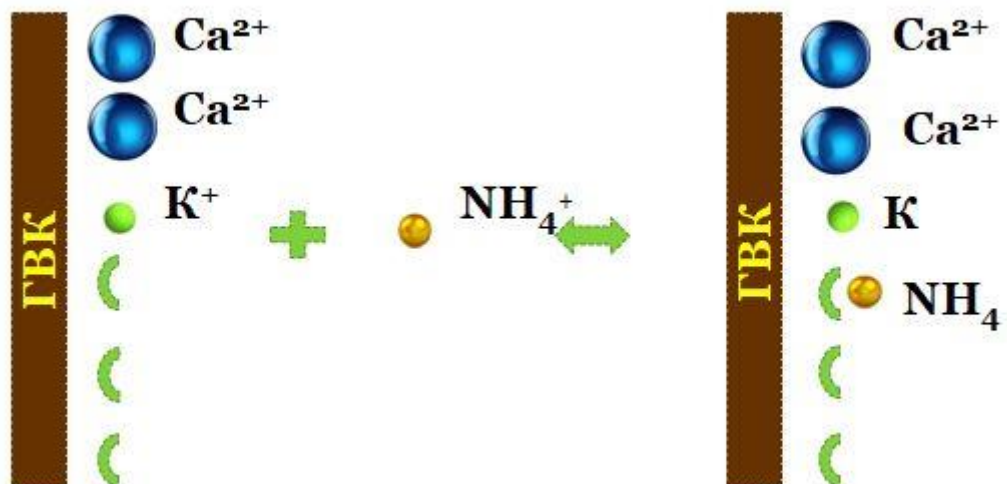


Рис.2. Внесення амонійних форм добрив на фоні гною не призводить до підвищення концентрації NH_4^+ у розчині

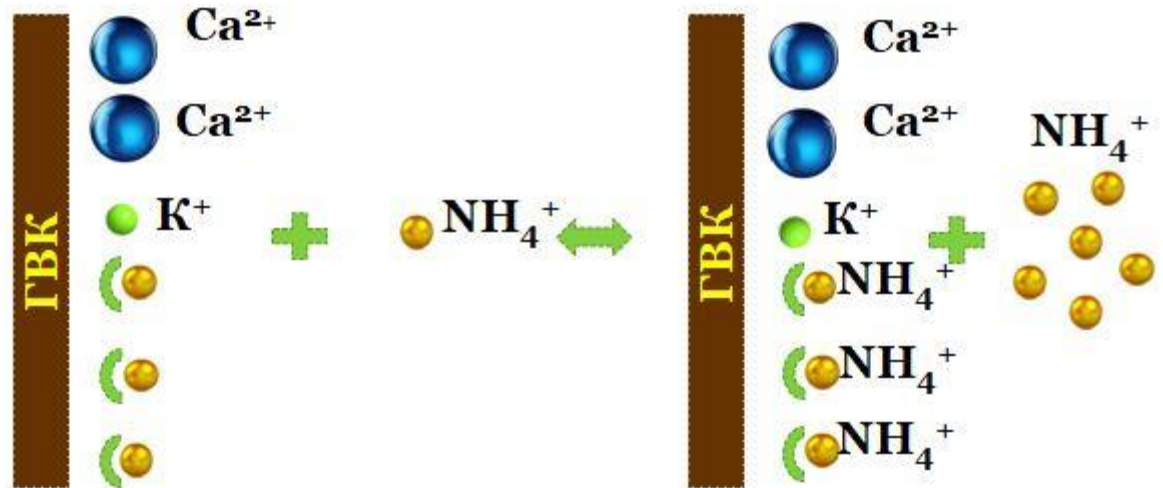


Рис.3 Зростання концентрації NH_4^+ у розчині при внесенні амонійних форм добрив на фоні мінеральних добрив

Проаналізуємо літературні дані з поведінки іонів калію на різноудобрених фонах [11].

Таблиця 1
Потенційна калійна буферна здатність основних типів ґрунтів УРСР
(Т.О. Грінченко, 1982)

Ґрунт, область	$-\Delta K$, мг·екв/100 г	$AR_0 \cdot 10^{-3}$	РБЗ ^К
Дерново-підзолистий піщаний ґрунт, Сумська обл.	0,065	13,29	4,9
Дерново-підзолистий супіщаний ґрунт, Рівненська обл.	0,079	13,16	6,0
Дерново-підзолистий супіщаний ґрунт, Житомирська обл.			
Без добрив	0,094	10,63	8,9
НРК	0,145	33,39	4,3
Гній	0,084	7,45	11,3
Дерново-опідзолений середньосуглинковий, Закарпатська обл.			
Без добрив	0,152	3,47	43,8
НРК	0,266	8,47	31,4

З даних наведених у табл.1 видно, що при взаємодії з розчином KCl дерново-підзолистий піщаний ґрунт віддає у розчин

0,065 мг·екв/100г калію, супіщаний ґрунт – 0,079 мг·екв/100г. На варіанті без добрив –ΔК дорівнює 0,094 мг·екв, на варіанті з внесенням НРК кількість обмінних позицій для іонів калію зменшується. При цьому показник –ΔК різко зростає. Внесення ґною сприяє зростанню ємності катіонного обміну, звичайно, що показник – ΔК при цьому знижується до 0,084 мг·екв/100г ґрунту. Аналогічна картина спостерігається і на дерново-опідзолених середньосуглинкових ґрунтах Закарпатської області. На варіанті без добрив –ΔК дорівнював 0,152 мг·екв, на варіанті з внесенням НРК цей показник зростає майже вдвічі (0,226 мг·екв). У відповідності з викладеним РБЗ^К на удобрених НРК варіантах знижувалася. Причиною вказаного явища є заняття у ГВК місць для поглинання іонів калію. Із наведеного стає зрозумілим, що додавання до неудобрених ґрунтів КСІ не призводить до різкого зростання концентрації (активності) іонів амонію у рівноважному розчині і, навпаки, внесення КСІ на удобрених ґрунтах призводить до різкого зростання концентрації калію у рівноважному розчині. Отже, вимірювання активності іонів калію до і після внесення КСІ дозволяє судити про калійну буферність ґрунту і про стан попереднього його удобрення. Тепер повернемося до власних досліджень. Перевірку вказаних положень здійснювали у виробничих умовах, а також у тривалих стаціонарних дослідах ХНАУ імені В.В. Докучаєва, Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААНУ, ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Ґрунтові зразки для проведення досліджень надані відділом агрохімії. Тривалий дослід з добривами закладено в ДПДГ

«Чабани». Тип ґрунту: сірий лісовий пилувато-легко-суглинковий на лесовидному суглинку. Гній внесено під кукурудзу в 2014 р.

Таблиця 2

Активність іонів NH_4^+ , мМоль·л⁻¹

Варіант	$p\text{NH}_4^+$	$a_{\text{NH}_4^+}$	$p\text{NH}_4^+$	$a_{\text{NH}_4^+}$	$\Delta a_{\text{NH}_4^+}$
	До внесення NH_4Cl		Після внесення NH_4Cl		
Без добрив (контроль)	4,00	0,10	3,45	0,36	0,26
60 т/га післядія гною	4,00	0,10	3,58	0,26	0,16
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	4,23	0,06	3,12	0,82	0,76
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	4,14	0,07	2,98	0,99	0,92
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	3,83	0,14	2,84	1,51	1,37
NIP_{05}					

Результати досліджень показали, що активність амонію на контрольному варіанті становила 0,10 мМоль·л⁻¹. Після внесення гектарної дози добрив (120 кг д.р.) активність іонів амонію зросла до 0,36 мМоль·л⁻¹. На варіанті з внесенням $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ активність вказаного іону становила 0,06 мМоль·л⁻¹, що дещо нижче ніж на контролі. Причиною вказаного явища є досить низька доза внесених добрив. Як правило, середні дози добрив становлять одну десятитисячну частину від маси орного шару ґрунту. Після внесення гектарної дози добрив активність іонів амонію зросла до 0,82 мМоль·л⁻¹, а $\Delta a_{\text{NH}_4^+}$ до 0,76 мМоль·л⁻¹. Пропорційне зростання дози внесених добрив від 30 до 90 кг д.р. кожного з елементів призвело до зростання $a_{\text{NH}_4^+}$ і $\Delta a_{\text{NH}_4^+}$. На варіанті $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ $\Delta a_{\text{NH}_4^+}$ становила 1,37 мМоль·л⁻¹, при тому як на контролі 0,26 мМоль·л⁻¹. Внесення гною, навпаки, призводить до зниження $\Delta a_{\text{NH}_4^+}$. Це пов'язано з зростанням вмісту органічних колоїдів, які підвищують буферність ґрунту. Отже, дія мінеральних і органічних добрив є

протиленною, і це слід враховувати при висновках стосовно «Стану удобрення ґрунтів».

У табл. 3 наведена активність іонів калію до та після внесення NH_4Cl .

Таблиця 3

Активність іонів K^+ , $\text{мМоль}\cdot\text{л}^{-1}$

Варіант	pK^+	a_{K^+}	pK^+	a_{K^+}	Δa_{K^+}
	До внесення NH_4Cl		Після внесення NH_4Cl		
Без добрив (контроль)	2,69	2,02	2,62	2,41	0,39
60 т/га післядія гною	2,21	6,24	2,17	6,44	0,20
$\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$	3,11	0,78	2,60	2,52	1,74
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	3,13	0,74	2,60	2,52	1,78
$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	2,51	3,17	2,17	6,09	2,92
NIP_{05}					

Звичайно, що хлористий амоній не містить у своєму складі калію, проте іон амонію перш за все витісняє з ГВК іони калію, що може вплинути на зміну їх активності у ґрунтовому розчині. Проведені іонометричні дослідження вказують на те, що внесення хлористого амонію призводить до підвищення активності іонів калію з 2,02 до 2,41 $\text{мМоль}\cdot\text{л}^{-1}$. Найвищою активністю іонів калію характеризувалися ґрунти на ділянках з внесенням 60 т/га гною. Внесення NH_4Cl майже не призвело до зростання Δa_{K^+} .

Активності іонів K^+ , мМоль·л⁻¹

Варіант	pK^+	a_{K^+}	pK^+	a_{K^+}	Δa_{K^+}
	До внесення КСІ		Після внесення КСІ		
Без добрив (контроль)	2,69	2,02	2,33	3,02	1,00
60 т/га післядія гною	2,76	1,74	2,73	1,85	0,11
$N_{30}P_{30}K_{30}$	3,11	0,78	2,81	1,54	0,76
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,13	0,74	2,66	2,20	1,46
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,51	3,17	2,35	4,66	1,49
$НІР_{05}$					

Отже при проведенні експертної оцінки ґрунтів доцільно використовувати такий показник, як «Стан удобрення ґрунтів». Останній характеризує «насиченість» ГВК поживними елементами і віддзеркалює інтенсивність внесення добрив у попередні роки. У якості градацій запропонованого показника слід використовувати: «добре удобрені»; «середньо удобрені»; «удобрені»; «слабо удобрені ґрунти». Вказані градації характеризують потенційні запаси НРК у ґрунтовому вбирному комплексі, які здатні поновлювати і підтримувати на певному рівні активність поживних елементів у ґрунтовому розчині. Ефективна родючість і вартість землі явно залежить від такого показника як «Стан удобрення ґрунтів».

МІКРОДОБРИВА

Фізіологічна роль мікроелементів

Вміст мікроелементів у рослинах залежить від ряду факторів, а саме від видових і сортових особливостей, ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки. У табл.9 показано вміст мікроелементів у сільськогосподарських рослинах. Розглянемо фізіологічну роль мікроелементів.

9. Уміст мікроелементів у товарній частині сільськогосподарських культур, мг/кг. (А.І. Фатєєв, 2012)

культура	Mn	Zn	Cu	Ni	Co
Озима пшениця	27,7	23,5	2,34	0,46	0,21
Ячмінь	11,3	27,9	3,55	0,8	0,34
Кукурудза	4,27	18,7	3,21	0,44	0,21
Горох	9,6	34,4	5,6	1,21	0,59
Соняшник	12	34,2	10,3	3,78	0,9

Fe

Залізо (ферум) – хімічний елемент з атомним номером 26, атомна вага 55,847. Це сріблясто-сірий, пластичний і ковкий метал. За поширеністю серед металів займає друге місце, за вмістом у земній корі четверте (5,1%). Залізо споживається рослинами у найбільшій кількості. Воно відіграє важливу роль у окисно-відновлювальних реакціях, бере участь у синтезі хлорофілу,

входить до складу хлоропластів, бере участь у метаболізмі азоту та сірки. Нестача заліза призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу. Зовні нестача заліза проявляється у вигляді міжжилкового хлорозу. Як правило, нестача заліза проявляється на карбонатних ґрунтах. Захворювання проявляється на молодих пагонах і листках. Останні набувають жовто-білого забарвлення. Досить часто дефіцит заліза проявляється на кукурудзі, бобових, томатах, плодових і овочевих культурах. Перешкоджають надходженню заліза у рослини іони – антагоністи: P, Ca, Cu, Zn.

В Бор – хімічний елемент третьої групи, порядковий номер 5, атомна вага 10,811. Неметал. Темно-сірі кристали. Відкритий французькими хіміками Л.Ж. Гей-Люссаком і Тенаром та англійським хіміком Деві. Останній дав назву елементу Вогон, що позначилось на назві мікродобрів (Вуксал борон). Найважливіші мінерали – бура та керніт.

Під час обробки природних боратів сірчаною кислотою отримують H_3BO_3 . У подальшому із борної кислоти прожаренням отримують оксид B_2O_3 . Кристалічний бор за твердістю поступається лише алмазу та деяким сплавам. Як хімічна речовина бор є досить інертним. Використовується у металургії, медицині, електроніці, а у вигляді сполук, як мікродобриво, у сільському господарстві.

Вміст бору у рослинах становить 7 мг/кг маси. Найбільшу потребу у борі відчувають дводольні рослини. Розподіл бору у

межах рослини нерівномірний. Значна частка його концентрується у квітках, особливо у рильцях маточок. У межах вегетативних органів локалізація бору спостерігається у клітинних стінках. Визнано, що бор підвищує інтенсивність фотосинтезу, покращує вуглеводневий і білковий обміни, регулює діяльність ряду важливих ферментів, позитивно впливає на процеси поділу клітин. У разі нестачі бору порушується проростання пилку, дозрівання плодів, синтез і переміщення цукрів, знижується активність окислювальних ферментів. Існують дані про позитивний вплив бору на синтез і транспорт регуляторів росту.

За даними М.Я. Школьника при нестачі бору накопичуються феноли, фенольні інгібітори ауксиноксидази, ауксини. Під впливом фенолів зростає проникність тонопласту, порушується структура клітинних стінок, поділ клітин. Поліфеноли, що потрапляють у цитоплазму призводять до побуріння тканин і їх загибелі. Вважається, що головна функція бору – це регуляція вмісту фенолів і ауксинів.

Потребу у борі рослини відчують протягом усього періоду вегетації. Винос бору сільськогосподарськими культурами становить близько 300 г/га. Бор не здатний до реутилізації. У разі його нестачі страждають молоді органи, що ростуть. Перш за все відмирають точки росту. Рослини вражаються сухою гниллю (коренеплоди), усиханням верхівок, дуплистістю (турнепс), захворюванням бактеріозом, відмиранням точок росту у соняшнику.

Загальною ознакою нестачі бору для всіх культур є припинення росту коренів і стебел, з часом спостерігається хлороз верхівки стебел, а потім і повне відмирання. Рослини засвоюють бор у вигляді BO_3^{3-} . Приблизно 10-20 % бору знаходиться у ґрунті в органічній формі і 80-90% — у мінеральній. Агрозаходи, що сприяють підвищенню мікробіологічної активності ґрунту, позитивно впливають на вміст у ґрунтовому розчині BO_3 . У разі вмісту бору у ґрунті 0,3мг/кг – забезпеченість низька; 0,3-0,5 мг/кг – середня; більше 0,5 мг/кг – висока.

Уміст рухомого бору у ґрунтах України зменшується з півдня на північ, та зі сходу на захід. Відомо, що забезпеченість рослин бором залежить від погодних умов. У посушливі періоди року доступність бору рослинам зменшується. В умовах інтенсивних атмосферних опадів і зрошень BO_3^{3-} легко вимивається за межі кореневмісного шару. Гострий дефіцит бору відчувають сільськогосподарські рослини на провапнованих ґрунтах. Позитивно реагують на борні добрива буряки, конюшина, соняшник, овочеві, льон, ефіроолійні та зернові культури.

Mn Манган – хімічний елемент сьомої групи періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва, порядковий номер 25, за хімічними властивостями твердий світло-сірий метал. Атомна маса 54,938 а.о.м. Манган повільно реагує з водою, розчиняється в кислотах, реагує з неметалами за винятком водню. У природних умовах

представлений оксидами, карбонатами і силікатами мангану. Найбільш поширеними мінералами є: піролюзит, гаусманіт, манганіт, родохрозит, родоніт. Як ізоморфна домішка манган є присутнім в олівіах, гранатах, слюді, карбонатах. У металевому стані вперше отримано у 1774 р. шляхом відновлення MnO_2 вугіллям.

На сьогодні металевий марганець отримують термічним відновленням безводних галогенідів мангану, а також електролізом водних розчинів сульфату марганцю з сульфатом амонію. Головним споживачем мангану є чорна металургія (десульфуризація сталі та чавуну). Додавання мангану до заліза та сталі підвищує їх в'язкість, ковкість і твердість. Сполуки мангану використовують під час виробництва скла, оліфи, фарб, перманганату калію. Тривалий час манган не вважали необхідним елементом для життя і розвитку рослин.

Практика землеробства свідчить про високу чутливість до вмісту мангана у ґрунті зернових культур, цукрових і кормових буряків, а також картоплі. Із урожаєм сільськогосподарські культури виносять 1,0-4,5 кг/га мангана. Уміст мангана у рослинах становить близько 10 мг/кг маси. Головна частина його зосереджена у листках, а у межах останніх – у хлоропластах. Манган бере безпосередню участь у фотосинтезі. Доведено, що манган сприяє збільшенню вмісту цукрів, хлорофілу, посилює зв'язок останнього із білком, покращує відтік цукрів, посилює інтенсивність дихання. Манган входить до складу

гідроксиламінредуктази (фермент, що відновлює гідроксиламін до аміаку).

Також манган бере участь у реакціях перетворення ді- та трикарбонових кислот, що утворюються у процесі дихання. На сьогодні відомо 23 металофермента, що активуються манганом. Існують дані, що засвідчують роль мангана у механізмі впливу індолілоцтової кислоти на ріст клітин. Він виступає також як кофактор ауксинодази, яка руйнує індолілоцтову кислоту. Манган сприяє вибірково поглинанню поживних елементів і реутилізації, підвищує водотривкість тканин, знижує транспірацію, прискорює загальний розвиток рослин. У ґрунтах більша частина цього елемента знаходиться у недоступній формі (оксиди і гідрати оксидів). При реакції ґрунтового розчину близькій до нейтральної сполуки мангану переходять у важкорозчинні сполуки. Зовнішні ознаки нестачі мангану схожі із такими для заліза. Вони проявляються, насамперед, на молодих листках. Слід пам'ятати, що рослини можуть страждати й від надлишку мангану. Як правило, кислі ґрунти містять більше рухомого (двовалентного) марганцю. Проблеми з пригніченням рослин манганом спостерігаються на перезволожених ґрунтах, де інтенсивно протікають відновлювальні процеси.

Cu

Мідь або в новій термінології купрум – хімічний елемент з порядковим номером 29 і атомною вагою 63,546 в. од. Це пластичний метал червонувато-

золотистого кольору. Взаємодіє з галогенами, сіркою, селеном, здатна до утворення комплексних сполук. середній вміст у земній корі – 10^{-2} %. Вміст міді у рослинах становить близько 2 мг на 1 кг маси. У рослинних клітинах знаходиться у з'язаному стані. Близько 70 % усієї міді зосереджено у хлоропластах. Мідь входить до складу мідьвмісних білків і ферментів. Найбільш досліджений мідьвмісний білок – пластоціанін, а мідьвмісний фермент – цитохромоксидаза. Мідь входить до складу нітритредуктази і гіпонітритредуктази а також до складу такого ферменту як тирозиназа. Вона бере участь у біосинтезі етилену (останній інгибує поділ клітин) і таким чином підвищує стійкість рослин до полягання. Накопичені у спеціальній літературі дані свідчать про збільшення під впливом міді посухо-, морозо- і жаростійкості. Доведено, що мідь сприяє стійкості хлорофіл-білкового комплексу, зменшує руйнацію хлорофілу у темряві, посилює зелене забарвлення рослин.

Нестача міді обумовлює затримку росту, викликає хлороз, зав'ядання рослин, затримку цвітіння. У разі дефіциту міді у злаків з'являються білі кінцівки листків (біла чума), у плодових культур – суховерхівкість. Ґрунти вважаються бідними на мідь у разі її вмісту 1,5-2,0 мг/кг. Дефіцит міді проявляється на торф'яних і легких за гранулометричним складом ґрунтах. Найчутливіші до нестачі міді пшениця, ячмінь, овес, кукурудза, рис, досить чутливі соняшник, льон, цукрові буряки, просо, бобові, картопля, зелені овочі, плодови.

Мідні добрива доцільно вносити тоді, коли вміст рухомих форм менше 5 мг (а в нейтральних – менше 10 мг) на 1 кг сухого ґрунту. Слід пам'ятати, що мідь не здатна до реутилізації.

Mo Молібден – сріблясто-сірий тугоплавкий метал, хімічний елемент шостої групи, порядковий номер 42, атомна вага 95,94. Має сім стабільних ізотопів (92, 94, 95, 96, 97, 98, 100). Ступені окиснення від +6 до -2.

Молібден був відкритий у 1778 р. К. Шеєле. Починаючи з ХХ ст. використовується у металургії під час виплавки легованих сплавів. Із інших галузей молібден використовується в радіотехніці, хімічній промисловості, а також як мікродобриво. Головним промисловим джерелом є молібденіт (MoS_2). Видобувається також як побічний продукт під час виробництва міді.

Молібден виконує важливу фізіологічну роль у рослинах. Нерідко його називають мікроелементом азотного обміну. Він входить до складу ферменту нітрогенази, який бере участь у біологічній фіксації атмосферного азоту. Молібден входить також до складу ферментау нітратредуктази, що бере участь у відновленні нітратного азоту до нітритів. Участь молібдену у фіксації атмосферного азоту обумовлює його важливість для бобових культур. Звичайно, що найбільш високий вміст його характерний для бобових культур. Так, вміст молібдену у бобових

травах коливається від 0,5 до 20,0 мг на 1 кг сухої маси, у злакових культурах – від 0,2 до 1,0 мг/кг. Звичайно, що молібден потрібен рослинам у меншій кількості ніж бор, манган, цинк та мідь. Як правило він локалізується у молодих органах, переважно у листках. Доведена опосередкована роль молібдену у біосинтезі нуклеїнових кислот, фотосинтезі, диханні, синтезі пігментів і вітамінів. Дефіцит молібдену часто проявляється на кислих ґрунтах. Чутливими до нестачі розчинних форм молібдену є люцерна, конюшина, горох, боби, вика, капуста, салат та інші овочеві культури. Підвищений вміст молібдену у сільськогосподарській продукції є шкідливим для здоров'я людини і тварин. У тварин при вживанні свіжих рослин виникають токсикози, у людини ендемічна подагра. Вміст валового молібдену у ґрунтах становить 0,20 – 2,40 мг/кг ґрунту. На рухомий молібден припадає 0,10 – 0,30 мг/кг ґрунту. Як правило бідними на молібден є піщані дерново-підзолисті ґрунти. Засвоєння рослинами відбувається переважно у вигляді MO_4^{2-} . Використання молібденових добрив покращує азотне живлення рослин а разом із ним фосфатне і калійне живлення. Приріст урожаю насіння конюшини від застосування молібдену на дерново-підзолистих ґрунтах становить 2,6 ц/га. Найбільш поширеним молібденовим добривом є молібденово-кислий амоній.

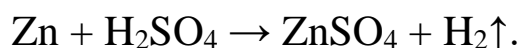
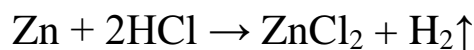
Zn

Хімічний елемент другої групи періодичної системи Д.І. Менделєєва, порядковий номер 30, за хімічними властивостями в'язкий блакитно-сірий метал. У природі як

самородний метал не зустрічається. Назва походить від німецького Zinke – зубчастий.

Це четвертий за обсягом використання метал після заліза, алюмінію та міді. Сировиною служать сірчані руди, в яких сфалерит змішаний із сульфідами інших металів. Збагачення руд здійснюють флотацією. При цьому отримують цинкові концентрати (50-60% Zn), які обпалюють у печах, переводячи сульфід цинку в оксид (ZnO). Останній відновлюють вугіллям або коксом при 1200-1300⁰C до металевого стану: $ZnO + C = Zn + CO$. Другий спосіб отримання – електролітичний. Обпалені концентрати обробляють сірчаною кислотою, отриманий сульфатний розчин піддають електролізу, при цьому цинк осідає на електродах (99,95%).

Цинк є малоактивним металом, проявляє аморфні властивості. Через наявність на своїй поверхні оксидної плівки майже не зазнає корозії. Без нагрівання цинк взаємодіє з великою кількістю кислот:



Цинк реагує також із лугами. При цьому в кінцевих сполуках він виступає як комплексоутворювач.



У вигляді порошку цинк здатен відновлювати або витіснити із солей менш активні метали. Ця властивість його використовується в агрохімічних аналізах.

Біологічна роль цинку до кінця не встановлена. На відміну від Mn, Cu, Fe пряма участь цинку у реакціях фотосинтезу не встановлена. Разом із тим є дані про те, що цинк бере участь у синтезі попередників хлорофілу. Наприклад, у етильованих листках кукурудзи знайдено цинк-протопорфирин, який може бути попередником магній-порфірину. Не виключено, що деяку роль у фотосинтезі може виконувати цинковмісний фермент карбоангідраза. Останній сприяє проникненню вугільної кислоти через оболонку хлоропласта. Головна роль цинку полягає у тому, що він входить до складу понад 30 ферментів. близько 20 ферментів активуються цинком. Як правило, це ферменти, що беруть участь у диханні, синтезі білків та ауксинів. Цинк підвищує тепло-, посухо- і холодостійкість рослин. Винос цинку з урожаєм польових культур становить від 70 до 2500 г із 1 га. Найчутливіші до цинку плодови й цитрусові культури, значною мірою виноград. Серед польових культур досить чутливими до цинку є: кукурудза, хміль, соя, льон, сорго, бобові. Менш чутливі культури – буряк, соняшник, конюшина, картопля, цибуля, капуста, огірки. До нечутливих належить овес, жито, пшениця, ячмінь, морква.

Бур'яни характеризуються більш високим вмістом цинку, який після зниження їх або відмирання може засвоюватися культурними рослинами. Максимальний вміст цинку зафіксовано у отруйних грибах. За нестачі цинку листки рослин набувають жовто-зеленого забарвлення і відмирають, молоді листки стають дрібними з хвилястими краями. На яблуні, груші, абрикосі, персику, цитрусових утворюються пагони з укороченими

міжвузлями та дрібним листям. Таке явище отримало назву розетковість.

Є повідомлення про те, що у разі нестачі цинку в рослинах порушується біосинтез вітамінів B_6 і B_{12} , які відіграють важливу роль в утворенні триптофану.

Со

Дефіцит цинку призводить також до значного накопичення азотних сполук і порушення синтезу білка.

Доступність цинку для рослин залежить від кислотності ґрунту, вмісту і рухомості елементів-антагоністів. Так, у разі збільшення вмісту гумусу і кислотності, рухомість цинку зростає, а у разі зростання вмісту рухомих фосфатів і лужної реакції середовища – знижується.

Кислі дерново-підзолисті ґрунти у більшості випадків не потребують внесення цинкових добрив. У цілому 60% площі орних ґрунтів України характеризуються низьким вмістом цинку (0,2 мг/кг).

Кобальт в'язкий, твердий голубувато-сірий метал. Належить до восьмої групи періодичної системи елементів Менделєєва. Порядковий номер 27, атомна маса – 59,9332 а. о. м. Вміст кобальту у земній корі 0,0018 %. На сьогодні відомо близько 50 мінералів кобальту, половина з них сірчисті та арсенові сполуки ($CuCo_2S_4$, Co_3S_4 , $CoAsS$, $CoAsS_3$). Застосовують у металургії, медицині (^{60}Co), сільському господарстві (опромінення насіння

⁶⁰Со з метою стимуляції росту і стабільного кобальту як мікродобрива). Кобальт є біологічно активним елементом і впливає на протікання багатьох фізіологічних процесів. Він активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктазу. Кобальт виступає складовою частиною вітаміну В₁₂. Доведено, що він впливає на синтез хлорофілу, нагромадження вуглеводів і жирів у рослинах, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот і вітаміну С. Кобальт позитивно впливає на розмноження і роботу бульбочкових бактерій. Найбільша концентрація його спостерігається у генеративних органах і бульбочках на коренях бобових рослин. Зовнішні ознаки нестачі кобальту подібні до азотного голодування. Ефективним є використання кобальтових мікродобрив у разі вмісту його у ґрунті менш як 2-3 мг/кг.

Мікродобрива для основного внесення.

У 2000-ні роки майже всі господарства України перейшли на використання хелатних форм мікродобрив. Відкриття і застосування останніх порівнюють із революцією у рослинництві. Справа у тому, що застосування сульфатних форм мікродобрив під час вегетації призводить до опіків і появи некротичних плям. Внесення у ґрунт обумовлює перехід їх у нерозчинну форму, що призводить до низької ефективності такого агрозаходу. Ефективним є використання таких форм добрив для обробки насіння. Разом з тим на виробництві ще використовують такі мікродобрива. Не слід нехтувати й рядом відходів промисловості, що містять мікроелементи.

Зазначимо, що у радянські часи асортимент вказаних мікродобрив був досить обмеженим. Як вже зазначалося, за винятком окремих (борвмісних) останні випускались у сульфатній формі і призначались для основного внесення.

У якості **борних добрив** використовували борну кислоту (17,3% водорозчинної форми бора), бормагнієве добриво (2,27% В), боросуперфосфат (0,2% В) .

Із **мідних добрив** використовували мідний купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (92-98%), піритні недогарки (0,25%), мідьвмісний порошок (механічна суміш тонкоподрібненого мідного купоросу і тальку). **Марганцеві добрива** використовували у вигляді сірчанокислового марганцю, марганізованого суперфосфату, марганцевовмісного порошку (механічна суміш сірчанокислового марганцю і технічного

тальку), марганізованої нітрофоски (0,9% мангану). Відходи марганцевого виробництва (17% марганцю у важкорозчинних формах). **Молібденові добрива** були представлені молибдатом амонію, молибдатом амонію-натрію, молибденовмісним порошком, відходами електролампової промисловості, суперфосфатом з молибденом. **Асортимент цинкових добрив** складався із сірчаноокислого цинку і цинкових полімікродобрив. **Кобальтовмісні добрива** були представлені сірчаноокислим і азотноокислим кобальтом. Такі мікроелементи як бор, молибден, марганець, мідь широко використовували також з комплексними добривами.

Фізіологічно активні компоненти мікродобрив

Стосовно бакових сумішей, що використовують у посівах сільськогосподарських культур нерідко використовують термін фізіологічно активні домішки. Проте питання, що є головним компонентом, а що домішкою у баковій суміші мікродобриво – фунгіцид залишається відкритим. Не завжди домішки до мікродобрив проявляють фізіологічну активність, наприклад, ПАР, стабілізатори, піногасники. У зв'язку з цим по відношенню до бакових сумішей замість «домішки» нами використано термін «компоненти».

Розгляд фізіологічно активних компонентів розчинів мікродобрив розпочнемо із **хелатоутворюючих агентів** оскільки при виробництві мікродобрив повної хелатизації мікроелементів досягти не вдається і певна частка їх може бути присутньою у баковій суміші.

Нагадаємо, що використання комплексоутворювачів дозволило значно підвищити ефективність використання мікроелементів. При взаємодії останніх з комплексонатами утворюються хелатні сполуки, які легко проходять через кутикулу і клітинні мембрани, не утворюють важкорозчинних сполук у ґрунті (у випадках обробки насіння), не втрачають рухомість у широкому інтервалі рН і не призводить до опіків рослин. Серед комплексоутворювачів найпоширенішими є етилендіамінтетраацетатна (ЕДТА), диетилентриамінпентаацетатна (ДТПА), імінодіацетатна (ІДА), імінодибурштинова (ІДБ), оксиетилендифосфонова (ОЕДФ),

нітрилтриметиленфосфорова (НТФ), лігнінполікарбоксилова (ЛПК), етилендіаміндігідрокситетраметилфенілацетатна (ЕДДГМА) та інші органічні кислоти. На сьогодні хімічні компанії використовують різні хелатуючі агенти, що впливає на ступінь засвоєння мікроелементів рослиною і вартість мікродобрив. Вітчизняні виробники виробляють хелати Fe, Mn, Zn, Cu, Co на основі ЕДТА, які стійкі за умов рН менше 8. З подальшим підвищенням рН вони піддаються гідролізу та мікробіологічному розкладу. При цьому вказані хелати мають відносно невелику вартість. ДТПА широко використовується у якості комплексоутворювача для Fe, але ефективно діє лише в інтервалі рН 2-7. Універсальним комплексоутворювачем (у тому числі для Mo і B) є оксиетилендендифосфорова кислота, яка дозволяє одержувати стабільні індивідуальні хелати металів та їх композиції за рН 4,5-11. До речі хелати на основі ОЕДФ є стійкими до дії мікроорганізмів ґрунту. Одним із недоліків вказаних комплексонатів є чутливість їх до дії солей кальцію, який легко заміщує катіони заліза, міді та цинку. До недоліків хелатної форми мікроелементів можна віднести:

- ✓ високу їх вартість;
- ✓ використання у посівах сільськогосподарських культур з метою коригування мінерального живлення рослин, що не забезпечує бездефіцитного балансу мікроелементів у ґрунті;
- ✓ обмежений інтервал рН для окремих хелатів, що знижує їх ефективність у ґрунтах із слаболужною реакцією.

Серед переваг слід виділити:

- ✓ високу ефективність;
- ✓ менші витрати мікроелементів порівняно з мінеральними солями;
- ✓ практично відсутнє поглинання ґрунтом;
- ✓ можливість змішування із засобами захисту рослин.

Фітогормони. До останніх відносять ауксини, цитокініни, гіберелову і абсцизову кислоту та етилен.

Ауксини це речовини, що синтезуються у рослинах у малих кількостях і мають високу фізіологічну активність. Перш за все вони впливають на процеси обміну речовин, що лежать в основі росту й розвитку. Найбільш вивченим ауксином є гетероауксин (β - індолилцтова кислота). Синтетичний гетероауксин використовують для посилення коренеутворення у деревних порід, запобіганню опаданню зав'язей і плодів.

Дослідженню фізіологічної дії ауксинів присвячені праці українського ботаніка М.Г. Холодного. Вважається, що ауксини регулюють клітинний поділ, забезпечують апікальне домінування, сприяють утворенню бульбочок на коренях бобових культур. За низького вмісту ауксину ріст рослин призупиняється, спостерігається опадання плодів і зав'язів.

Цитокініни разом з ауксинами є ключовим чинником поділу і диференціації клітин. Цитокініни сприяють синтезу нової ДНК і контролюють S- стадію клітинного поділу. Вони виступають складовою частиною сигнальної системи. Низький вміст цитокініну в рослині призводить до підвищення рівня абсцизової кислоти.

Багато у чому цитокініни є схожими з ауксинами. Проте ауксини синтезуються в апексі пагонів, цитокініни виступають біохімічним маркером кінчика кореня. Ауксини транспортуються по рослині зверху вниз, цитокініни, навпаки, знизу догори.

Гібереліни являють собою клас речовин подібних до органічних кислот. Вони стимулюють ріст і розвиток рослин, сприяють проростанню насіння, подавляють дію абсцизової кислоти. За своєю хімічною природою гібереліни широко використовують у сільському господарстві. Так дія багатьох ретардантів базується на блокуванні тих чи інших стадій біосинтезу гіберелінів у рослинах. Обробка гіберелінами сприяє отриманню партенокарпічних плодів. Гібереліни використовують для підвищення виходу волокна із льону і конопель, а також для збільшення вегетативної маси кормових культур.

Абсцизова кислота зупиняє ріст рослин і відповідає за старіння. За стресових умов вона швидко переміщується від коренів до пагонів, закриває продихи, знижує рівень ауксину, вповільнює клітинний поділ, викликає період спокою.

Етилен - газ, що виробляється у клітинах для регуляції руху гормонів. У рослинах виділяють етилен двох типів. Перший контролює переміщення у межах рослини ауксину. Він запускає процес дозрівання, цвітіння, формування фруктів і природнього старіння рослин. Так званий «стресовий етилен» виробляється у стресових умовах як сигнал для синтезу в рослині захисних білків,

що пом'якшують негативну дію стресора. Надлишок етилену призводить до передчасного старіння та відмирання рослин.

Карбонові кислоти. Органічні сполуки, що містять одну або декілька карбоксильних груп. Найпростішим представником виступає мурашина кислота. У залежності від вмісту карбоксильних груп виділяють одноосновні (оцтова, бензойна), двоосновні (щавлева, маленова, фталева) та багатоосновні (лимонна кислота) карбонові кислоти. У сільському господарстві відомі як природні стимулятори – адаптогени. Вони приймають участь у найважливіших енергетичних перетвореннях рослинного організму, підсилюють постачання кисню в тканини, сприяють синтезу основної енергетичної речовини АТФ – аденозинтрифосфату. Регулююча енергетичний обмін дія карбонових кислот проявляється вже за дуже низьких концентрацій (0,002%).

Завдяки своєму природньому походженню карбонові кислоти підлягають швидкому метаболізму в рослині та надають препарату біостимулюючу дію. Це призводить до інтенсивного проростання насіння й активізації зростання органів рослин, а також покращення засвоєння макро- та мікроелементів з ґрунту.

Гумінові кислоти проявляють фізіологічну активність; у невеликій кількості вони є стимуляторами росту і розвитку рослин, а у підвищених концентраціях інгібіторами. Під впливом цих речовин підвищується проникність мікроелементів крізь клітинні мембрани що забезпечує покращення засвоєння їх рослиною з подальшим збільшенням активності багатьох ферментів. Що в свою

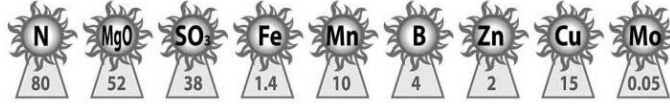
чергу збільшує синтез білків і вуглеводів. Завдяки таким властивостям гумінових кислот підвищується засвоєння основних елементів живлення (N, P, K), збільшується вміст хлорофілу, покращується продуктивність фотосинтезу і транспірації.

Характеристика мікродобрих ТМ «ЯРИЛО»

Переважає більшість мікродобрих, що використовуються в Україні близькі за технологією виготовлення і властивостями. Різниця полягає у допоміжних компонентах, які підсилюють дію мікродобрих, наприклад, амінокислоти, ферменти, гумінові кислоти, ПАР та ін.. Надамо детальну характеристику лінійки мікродобрих ТМ «Ярило».

Ярило Зерновий

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбонів кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Зерновий – концентроване комплексне добриво, призначене для всіх видів і сортів зернових культур. Містить збалансований набір макро- та мікроелементів які знаходяться в легкодоступній для рослин формі, що гарантує їх повне засвоєння рослинами. Рекомендується застосовувати на зернових культурах у фазах: кінець кушення та кінець виходу у трубку – початок колосіння дозами

по 2 л/га. За низького забезпечення рослин азотом, рекомендується комбінувати з карбамідом. На озимих зернових вносять восени у фазу 4-6 листків у дозі 2 л/га, не пізніше 15-20 днів до настання морозів. Не рекомендується застосовувати Ярило Зерновий у фазу цвітіння зернових колосових культур.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові культури (пшениця, жито, ячмінь, овес, тритикале та ін.)	1-4	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

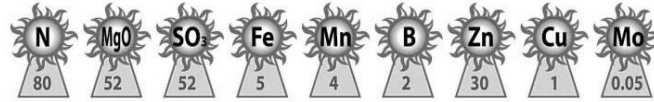
Ярило Зерновий – використовується при вирощуванні зернових культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення протягом вегетаційного

періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію.



Ярило Кукурудза

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбонів кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Кукурудза – концентроване комплексне добриво, склад якого збалансований відповідно до поживних потреб всіх гібридів кукурудзи (на зерно та на силос). Елементи живлення, що входять до складу добрива, знаходяться в легкодоступній для рослин формі. Під час вегетації кукурудза поглинає значні кількості макро- та мікроелементів. По цинку

кукурудза є рослиною індикатором. Кукурудза також досить вимоглива до бору, магнію, марганцю та заліза. Критичними періодами у кукурудзі є фази 3-5 та 6-8 листків - і до моменту викидання волоті. Проводити позакореневе підживлення в цей період – ефективний та життєво важливий для кукурудзи технологічний прийом.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Кукурудза	1-4	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

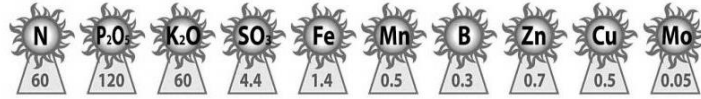
Ярило Кукурудза – використовується при вирощуванні кукурудзи шляхом кореневого та позакореневого підживлення протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом про-

водять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію.



Ярило Активний старт

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



амінокислоти, гумати, ПАР, фітогормони

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Активний старт – біостимулятор, в складі якого поряд з основними макро- та мікроелементами є амінокислоти та фітогормони. В результаті застосування амінокислот скорочуються енергетичні витрати, які рослина витрачає на виробництво білків, фітогормони що є в складі препарату стимулюють проростання

насіння, прискорюють ріст пагонів та формування кореневої системи, сприяють швидкому поділу клітин.

Рекомендується застосовувати продукт для активування клітинного поділу в кореневій системі та бруньках, а також разом з гербіцидами для уникнення фітотоксичності.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодові культури, виноградники	0,5 - 8	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	3	Не передбачено	Не передбачено

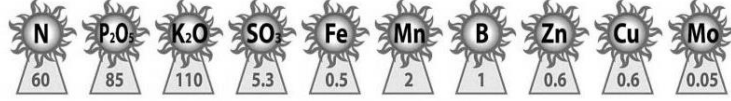
Ярило Активний старт – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодових та декоративних культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення так і в гідропо-

ніці протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Продуктивний ріст

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



амінокислоти, фітогормони, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Продуктивний ріст – комплекс макро- та мікроелементів, гуматів і фітогормонів. Цей продукт пришвидшує поділ та диференціацію клітин, спонукає рослину до активного цвітіння та накопичення цукрів і поживних речовин. Затримує процес старіння листків і покращує ріст молодих листків шляхом активації формування хлоропластів та поси-

лення газообміну рослин за рахунок відкриття продихів. Препарат містить всі необхідні для рослини регулятори росту та елементи живлення, що суттєво збільшує урожайність та підвищує якість продукції; знімає стрес, активує захисні властивості рослини, покращує ефективність застосування мінеральних добрив та пестицидів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодіві культури, виноградники	0,5-8	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	3	Не передбачено	Не передбачено

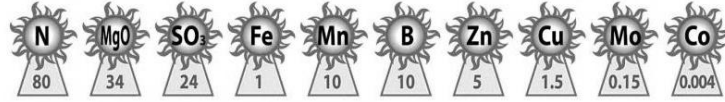
Ярило Продуктивний ріст – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодівих та декоративних культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення так і в

гідропоніці протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Олійний

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбоніві кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Олійний – комплексне добриво яке містить збалансований набір макро- та мікроелементів, що відповідають поживним потребам рослин даної групи. Елементи живлення знаходяться в легкодоступній для рослин формі. Олійні культури вимогливі до збалансованого мінерального живлення та характеризуються високими виносомі елементів мінерального живлення. Ріпаки дуже

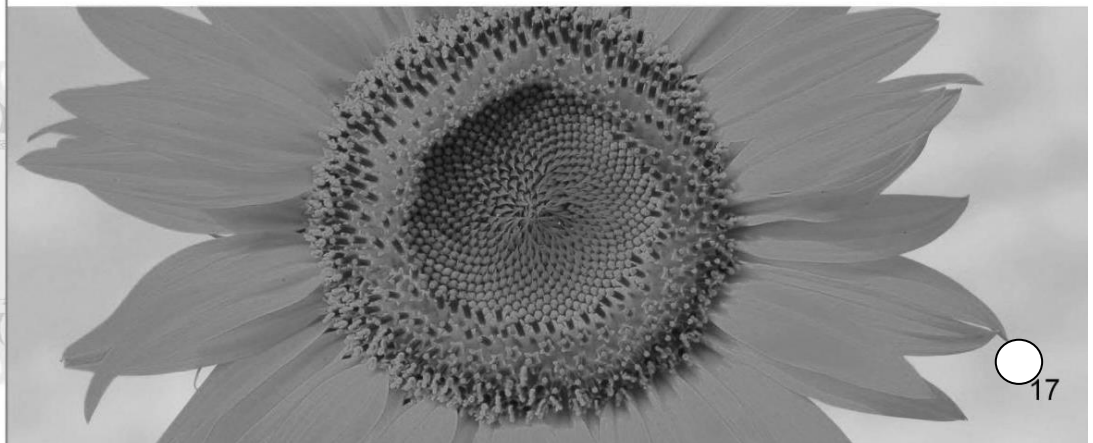
чутливі до дефіциту сірки, марганцю, бору та молібдену. Максимальна потреба озимого ріпаку в поживних речовинах співпадає з початком вегетації навесні і триває до закінчення цвітіння. Соняшник чутливий насамперед до бору, а також марганцю, цинку та магнію що є в складі препарату.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Соняшник, ріпак, соя, льон, гірчиця та ін.	1-4	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

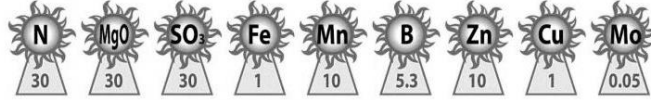
Ярило Олійний – використовується при вирощуванні олійних культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення протягом вегетаційного

періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію.



Ярило Картопля

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбоніві кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Картопля – комплексне збалансоване добриво, склад якого відповідає фізіологічним потребам картоплі. Елементи живлення, що входять в склад препарату, знаходяться в легкодоступній для рослин формі. Для нормального росту, розвитку і одержання високих урожаїв бульб рослини картоплі мають бути

забезпечені в достатній мірі магнієм, сіркою, бором, марганцем, і цинком.

Позакореневе підживлення прискорює дозрівання бульб, стимулює відтік накопичених речовин з бадилля в бульби, що не лише прискорює їх дозрівання, але і підвищує вміст крохмалю та урожайність.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Картопля	1-4	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

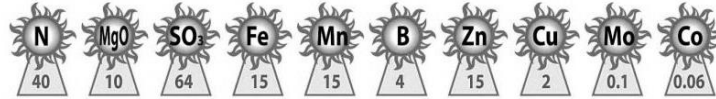
Ярило Картопля – використовується при вирощуванні картоплі шляхом кореневого і позакореневого підживлення протягом вегетаційного періо-

ду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію.



Ярило Овочевий

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбонові кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Овочевий – найсучасніше мікродобриво, вміст якого відповідає фізіологічним потребам овочевих культур. Овочі, окрім основних елементів живлення, є досить вибагливими до мікроелементного живлення. Позакореневе підживлення мікроелементами підвищує інтенсивність поглинання кореневою системою основних елементів живлення з ґрунту;

сприяє підвищенню імунітету рослин та стійкості до негативних факторів середовища. Наявність достатньої кількості мікроелементів (заліза, марганцю, цинку, міді, бору, молібдену) впливає не тільки на урожайність, а і на якість плодів, та смакові якості, терміни зберігання та вміст корисних речовин (вітамінів, цукрів).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Овочеві культури	0,5-4	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

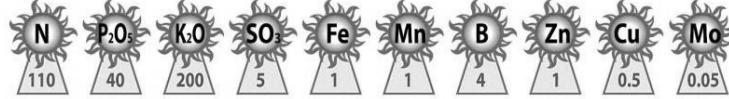
Ярило Овочевий – використовується при вирощуванні овочевих культур як шляхом кореневого і позакореневого підживлення, так і в гідропоніці

протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію.



Ярило Плодовий

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбонів кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Плодовий – комплексне мікродобриво, що містить поряд з макроелементами, бор, марганець, залізо, цинк. Цей продукт використовується для коректування нестачі цих елементів в рослинах. Добре засвоюється та розподіляється по рослині. Підвищує врожайність та якість плодів та ягід, їх смакові якості, терміни зберігання та вміст корисних речо-

вин (вітамінів, амінокислот, цукрів). Запобігає хлорозу листя та підвищує імунітет рослин. При вирощуванні плодкових культур за інтенсивними технологіями, застосування позакореневих підживлень добривами, що містять оптимальне співвідношення макро- та мікроелементів для цих культур є обов'язковим.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Плодові культури, виноград	0,5-8	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

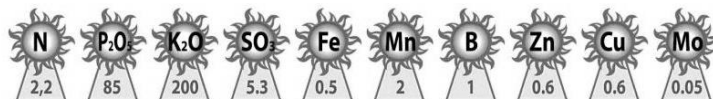
Ярило Плодовий – використовується при вирощуванні виноградників та плодкових культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення так і в гідропоніці протягом вегетаційного

періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Ефективний налив

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



карбоніві кислоти, гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Ефективний налив – стимулятор, в складі якого поряд з основними макро- та мікроелементами є карбоніві кислоти, що мають антистресовий ефект в умовах високих температур.

Ярило Ефективний налив – сприяє синтезу цукрів, крохмалю та білків, що суттєво покращує поживні

та смакові властивості продукції; покращує циркуляцію і транспорт речовин між ксилемою і флоемою, цим самим зміцнюючи рослину. Калій, що міститься в препараті, утримує воду в клітині, що сприяє посухостійкості а також ефективному виповненню зерна та наливу плодів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодів культури, виноградники	1-8	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	3	Не передбачено	Не передбачено

Ярило Ефективний налив – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодівих та декоративних культур шляхом кореневого і позакореневого підживлення так і в

гідропоніці протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Цинк

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Цинк – добриво для цинк вимогливих культур: кукурудза, бобові, овочі, яблуна, груша. Цинк є важливим біогенним елементом, присутнім в живих організмах. Дефіцит цинку знижує поглинання амонійного азоту. При нестачі цинку в рослинах знижується накопичення цукрів, збільшується кількість органічних кислот, порушується синтез білка.

Інтенсивність поглинання цинку рослинами з ґрунту залежить від її кислотності: на нейтральних і лужних ґрунтах вона незначна. На таких ґрунтах, а також при значному удобренні

фосфором, цинк сильно зв'язується у верхніх горизонтах, в результаті чого може відбуватися цинкове голодування, особливо у культур з глибоким розташуванням коренів, куди цинк не потрапляє.

Ознаки дефіциту цинку: дрібнолистість (ланцетоподібність) і розетковість. У овочевих культур з'являється плямистість верхніх листків, які стають жовтуватими, з бронзовим відтінком. У томатів утворюються ненормально дрібні хлоротичні листя, що нагадують дрібнолистість плодівих дерев.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодіві культури, виноградники	0,5-3,0	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

Ярило Цинк – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодівих та декоративних культур шляхом як кореневого і позакореневого підживлення, так і в гідропоніці

протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Бор

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Бор – добриво для бор-вимогливих культур: ріпак, цукровий буряк, соняшник, картопля, виноград, овочі. Бор бере участь в транспортуванні цукрів, він необхідний для нормального утворення пилку та фор-

мування зав'язей. При дефіциті бору порушується формування клітинних стінок, що призводить до погіршення товарного виду продукції, зниження загальної врожайності, якості та лежкості продукції.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодові культури, виноградники	0,5-4,0	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

Ярило Бор – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодових та декоративних культур шляхом як кореневого і позакореневого підживлення, так і в гідропоніці

протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



Ярило Залізо

ДІЮЧА РЕЧОВИНА, г/л:



гумати, ПАР

ПРИЗНАЧЕННЯ ПРЕПАРАТУ:

Ярило Залізо – добриво спеціально розроблено для застосування на культурах чутливих до заліза а також для корегування нестачі цього елемента. Залізо активно приймає участь в процесах обміну речовин, активізує дихання рослин, впливає на

утворення хлорофілу. Залізо входить в склад ферментів, що приймають участь в окисно-відновних реакціях.

Із старих листків в молоді залізо не переноситься. Із-за недостачі заліза часто страждають плодові дерева, особливо на карбонатних ґрунтах.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ:

Культура	Норма витрати препарату, л/га	Спосіб, час обробок	Максимальна кількість обробок	Строк останньої обробки (в днях до збирання урожаю)	Строк виходу людей на оброблені площі, (доба) мех./ручні роботи
Зернові, технічні, овочеві, декоративні, плодові культури, виноградники	0,5-3,0	Кореневе та позакореневе підживлення протягом вегетації	5	Не передбачено	Не передбачено

Ярило Залізо – використовується при вирощуванні зернових, технічних, овочевих культур, виноградників, плодових та декоративних культур шляхом як кореневого і позакореневого підживлення, так і в гідро-

поніці протягом вегетаційного періоду. Обробку добривом проводять на різних стадіях розвитку культури – 1-5 разів за вегетацію; на декоративних культурах – кожні 7-14 днів.



14. НАНОДОБРИВА

Нанотехнології і нанопродукція сьогодні використовуються майже у всіх галузях народного господарства у тому числі й виробництві добрив. Разом із тим приставка «нано» все ще викликає сумнів і недовіру аграрієв. Своє походження вона бере від назви часточок, що мають розмір 10^{-9} метра (нанометр). Для оцінки таких розмірів зазначимо, що відстань між атомами кисню і водню у молекулі води дорівнює 0,1 нм, діаметр атому золота становить 0,3 нм, розмір вірусу грипа – 70 - 100 нм. Виходячи з наведеного, хелати металів теж можуть бути віднесеними до нанопрепаратів. До вказаної групи препаратів можуть бути віднесені також фізіологічно-активні домішки до мікродобрив. Проте власне нанопрепаратами є наноспівмірні часточки металів (мікроелементів). Взагалі це можуть бути і неметали, скажімо люмінесцентний барвник для спостереження за проникненням мікродобрив через кутикулу листка. Такі часточки металів мають характерну для останніх структуру, однак внаслідок малих розмірів набувають ряд нових властивостей (реакційна здатність, фізична стійкість, проникнення крізь біологічні мембрани). Як стверджують виробники нанодобрив вони швидко проникають у клітини рослин, добре засвоюються, суттєво підвищують урожайність культур. До числа таких добрив відносять: Аватар 1, Наномікс, Наногрин, NANO GRO, Нано-Мінераліс та ін.. Виробником мікродобрива Наногрин є ООО «НаноСоюз» (Україна, м. Київ). За даними виробника добриво являє собою наномодифіковані комплекси металів з природними кислотами,

тобто нанокарбоксилати металів. На рис.23 представлена схематична будова карбоксилата срібла.

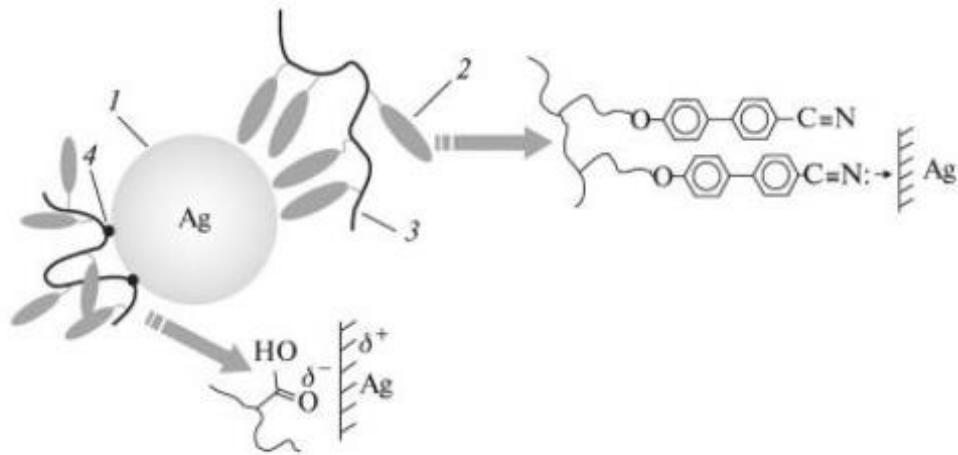


Рис.23 Схеми взаємодії карбонових кислот з наночасточкою срібла:

1 – наночастка срібла; 2 - мезогенні групи; 3 – полімерний ланцюжок; 4 – карбоксильні групи

До карбоксилатів металів відносять і мікродобриво Аватар19 (табл.12.).

12. Хімічний склад добрива

Діюча речовина	Концентрація, %
Co	0,0001 – 0,0025
Cu	0,1– 0,08
Fe	0,0015 – 0,008
Mg	0,01– 0,8
Mn	0,0005 – 0,005
Mo	0,00001 – 0,0025
Zn	0,001 – 0,002
Карбонові кислоти	0,5 – 10%

ООО «Мінераліс Україна» у 2012 році впровадила плазмово-імпульсну технологію отримання карбоксилатів біогенних металів: цинка, магнія, мангана, заліза, кобальта, молібдена. До нанодобрих цієї компанії можна віднести Нано-Мінераліс (табл.13).

13. Хімічний склад добрива

Діюча речовина	Концентрація, мг/л
Mo	50
Mg	1600
Mn	120
Cu	120
Co	100
Fe	160
Zn	220
Ge	50
Se	40

Мікродобрива «Наномікс» отримують шляхом використання ефекту кавітації. Вірогідно, що воно містить як хелати, так і наночасточки металів із карбоновими кислотами. Отже, поява на ринку навіть обмеженого асортименту нанодобрих є об'єктивною реальністю. Простота технології їх виробництва і відносно низька вартість можуть стати вагомим важелем просування їх на ринку мікродобрих.

14 ТЕХНІКА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІКРОДОБРИВ

Практика використання машин для внесення рідких добрив вказує на те, що всі вони характеризуються меншими втратами діючої речовини, є зручними у використанні та управлінні. Зазначимо, що більшість існуючих обприскувачів може бути обладнана для внесення рідких добрив. У першу чергу це стосується встановлення відповідних форсунок. Деталі обприскувачів із кольорових металів при цьому треба замінити на пластикові або керамічні, щілинні форсунки - на дефлекторні або багатоструйні. У виробничих умовах внесення мікродобрив поєднують з внесенням засобів захисту рослин, КАС та РКД. Хелатні форми мікродобрив (при дотриманні всіх вимог) не приводять до опіків листя, а тому вносити їх можна із засобами захисту рослин. У зв'язку з цим розглянемо загальні правила щодо використання обприскувачів.

При внесенні гербіцидів і фунгіцидів розмір крапель повинен становити близько 0,3 мм. При такому розмірі вони залишаються на об'єкті.

При використанні КАС краплі повинні бути крупні і стікати з рослин при цьому менше змочуючи листя. При затриманні їх на листовій поверхні виникають опіки та некротичні плями. Отже при використанні щілинних обприскувачів КАС слід розводити водою.

Сучасна промисловість випускає як самохідні так і причіпні обприскувачі. На рис. 35 – 37 показані самохідні (Arache, John

Deere), і причіпні обприскувачі (Amazone, John Deere та ін.). Коротко наведемо їх технічні характеристики .

Самохідний обприскувач Apache AS1010 має потужність двигуна 205к.с. Об'єм резервуара для робочої рідини - 3800, напрацювання - 7757 мотогодин, кліренс -1,2 м, ширину захвату штанги - 27,5 м.



Рис.35 Самохідний обприскувач Apache AS1010

Самохідний обприскувач John Deere 4730 має резервуар об'ємом 3000 л , ширину захвату штанги - 30м , кліренс – 152см.

Вказаний обприскувач обладнаний незалежною підвіскою коліс з автоматичною пневматичною системою вирівнювання.



Рис.36 Самохідний обприскувач John Deere 4730

Причіпний польовий обприскувач Amazone UG3000 виготовлено із найміцніших матеріалів, має резервуар об'ємом 3000 л, ширину штанги - 24м.



Рис. 37 Причіпний польовий обприскувач Amazone 3000

В останні роки обприскувачі комплектують бортовими компютерами і пристроями автоматичного вирівнювання штанги. Одним із них є обприскувач Stara (рис. 38).



Рис. 38 Самохідний обприскувач Stara (Бразилія)

Такі обприскувачі можуть бути використаними у системі точного землеробства. Перед виходом у поле проводять калібрування обприскувачів. Як правило силами господарства проводиться калібрування обприскувачів старого типу . Підготовку до польових робіт нової техніки здійснюють відповідні компанії. Разом з тим кожен агроном повинен знати основні операції налаштування обприскувачів до роботи, і що не менш важливо – це які обприскувачі використовувати на тій чи іншій культурі, як часто змінювати форсунки, яка оптимальна висота штанги обприскувача,

швидкість руху агрегату, оптимальні витрати робочого розчину, що буде при зменшенні або збільшенні робочого тиску.

Головними деталями обприскувача є резервуар, штанга, фільтри трубопроводи, колектори, клапани, форсунки. Останні як відомо відіграють головну роль при обприскуванні посівів .

Провідними компаніями, що виробляють і поставляють на ринок форсунки є TeeJet (США) і Lechler (Германія). Як правило, це керамічні і пластикові форсунки (рис. 39). Зустрічаються також латунні форсунки.

Колір форсунки вказує на калібр, а точніше на витрати робочого розчину у літрах за хвилину при тиску 3 ат.

Так, згідно ISO калібр 05 (коричневий колір) означає, що при тиску 40 PSY (2,8 атм) витрати складають 05 американських галонів за хвилину (1,89 л/хв).

При переводі на європейські одиниці виміру витрати робочої рідини становлять 1,94 л/хв при тиску 3 атм. Для агронома важливо знати, що чим більший калібр форсунки, тим більші за розміром краплі і більші витрати робочого розчину (додат.).

Ротенберг .Ю.Ю («Lechler ,Gmbh, Германія»), Раскатова Т.В , Редкозубов І.А. (Du Pont Science and technologies LLC, Росія) рекомендують обирати для роботи в оптимальних погодних умовах форсунки синього кольору (03) з діапазоном витрат робочого розчину 120-240 л/га . При роботі у вітряну або жарку погоду рекомендують вибирати червоні форсунки. Коричневі форсунки

слід обирати при внесенні фунгіцидів, та інсектицидів на овочевих культурах. Ресурсна тривалість роботи керамічних форсунок становить близько 100 тис.га, полімерних - 10 тис .га.

 <p>SPRAYFORCE.com.ua</p> <p>FD-08 - дефлекторний розпилювач для рідких мінеральних добрив</p>	 <p>П'ятиструменевий розпилювач для внесення рідких мінеральних добрив</p>
 <p>Стандартний розпилювач Lechler ST 110-03</p> <p>щільовий</p>	 <p>Розпилювач інжекторний пластиковий Lechler IDK 120-03</p>

 <p>Розпилювач інжекторний пластиковий Lechler IDK 120-04</p>	 <p>Універсальний щільовий розпилювач Lechler LU 120-04</p>
 <p>Розпилювач інжекторний пластиковий Lechler IDKT 120-04</p>	 <p>Розпилювач TeeJet XR 110-03 двофакельний</p>

Рис.39 Види форсунок

При цьому необхідна щоденна їх промивка лужним розчином, оскільки форсунки виходять із ладу внаслідок утворення осаду на робочих поверхнях. Видалити останній без пошкодження форсунки не вдається.

У зв'язку з цим краще використовувати більш дешеві полімерні форсунки і замінювати їх кожні 7-10 діб.

Широкий асортимент форсунок обумовлений помітним їх удосконаленням. До простих форсунок відносять щільові (AD, LU, ST, DF). Найбільш високотехнологічними вважаються інжекторні форсунки (ID, IDK, IDKT). У розвинених країнах (Германія) на долю інжекторних приходиться 90% розпилювачів. Інжекторні форсунки мають відносно велику камеру змішування. Це дозволяє отримати вирівняний спектр крупних крапель. Для нормальної роботи інжекторних форсунок потрібно забезпечити тиск 5-7атм. У випадках коли потрібно змочувати всю рослину і зменшити витрати робочого розчину за рахунок зносу вітром інжекторні форсунки є кращим варіантом.

Форсунки IDK (IDKN) є інжекторними розпилювачами нового покоління, мають менші розміри і працюють при менших значеннях робочого тиску. Разом з тим зменшується швидкість руху крапель і здатність проникнення в середину стеблостою. Такі форсунки входять в стандартну комплектацію обприскувачів. Їх краще використовувати при робочому тиску 2,5-3атм.

Інжекторні двофакельні форсунки IDKT (Injektor Dusse Kompakt Twinspray) можуть бути використанні, для внесення будь-якого

препарату крім добрив. Вказана форсунка дає краплі меншого розміру. Її рекомендують використовувати для внесення препаратів контактного типу (фунгіциди, інсектициди, десиканти). Як правило двофакельні форсунки використовують при обприскуванні культур з високою листовою поверхнею. Вони дозволяють обробляти рослини як з верхньої, так і з нижньої сторони. Оптимальна швидкість руху при використанні такої форсунки 8км/год.

Щілинні плоскоструйні однофакельні форсунки (LU, ST) дозволяють працювати при швидкості вітру до 4-5м/с. Їх краще використовувати при температурі $t=25^{\circ}\text{C}$ і вологості більше 60%.

Для зменшення зносу вітром використовують щільові форсунки (AD). Вони дають однорідні крупні краплі.

Двофакельні щільові розпилювачі DF характеризуються малим розміром крапель. Дефлекторні форсунки FD використовують переважно для внесення ґрунтових гербіцидів.

Після вибору та установки форсунок проводять калібрування обприскувача.

Спочатку слід познайомитися з основними параметрами та умовами обприскування. Так, витрати робочої рідини при внесенні гербіцидів повинні становити 200 л/га, фунгіцидів та інсектицидів – 300-400 л/га. Відхилення від фактичної норми витрат робочої рідини не повинно перевищувати 5% від заданої. Швидкість руху для обприскувачів із форсунками щілинного типу повинна становити 3-5 км/год, для таких із інжекторними форсунками –

7- 8 км/год. Підвищення швидкості руху обприскувача підсилює турбулентність потоків рідини, що знижує керованість факелом розпилу. Оптимальними метеорологічними умовами для обприскування вважається: температура від 10 до 20°C, вологість повітря понад 60%, швидкість вітру 1,5-2 м/с.

При температурі вище 20°C, швидкості вітру понад 5 м/с і вологості менше 40% - метеорологічні умови для проведення обприскування вважається несприятливими.

Перевірку працездатності обладнання проводять у наступному порядку:

- заповнюють бак обприскувача водою на 50%;
- обирають потрібну швидкість обертів двигуна (по тахометру);
- вмикають насос і встановлюють відповідний тиск (3-5 бар);
- перевіряють роботу форсунок, клапанів, трубопроводів, мішалки;
- перевіряють рівномірність подачі роботи рідини за допомогою мірного посуду (при відхиленні $\pm 5\%$ форсунку слід замінити).

Швидкість руху агрегату визначається на тому полі де будуть проводити обприскування. У полі відміряють ділянку довжиною 100 м. За 20 м до ділянки включити насос, встановити робочий тиск 3 атм і з увімкненим насосом заміряти швидкість проходження цієї ділянки. Для розрахунку швидкості можна скористатися формулою:

$$V = \frac{I}{t} 3.6,$$

де V – швидкість руху, км/год;

I – відстань у м;

t – час проходження ділянки у сек.;

3,6 – коефіцієнт переводу із м/с у км/год.

Визначення необхідного виливу через одну форсунку у залежності від необхідного виливу на га:

$$q = \frac{Q \cdot V \cdot N}{600 \cdot n},$$

де q – вилив через одну форсунку, л/хв;

Q – необхідний вилив робочої рідини, л/га;

V – швидкість руху обприскувача, км/год;

N – ширина захвату штанги, м;

600 - постійний коефіцієнт;

n – кількість форсунок на штанзі.

При розрахунку фактичної норми виливу необхідно враховувати щільність робочої рідини (бакової суміші). Для цього використовують коригуючий коефіцієнт k .

$$k = \frac{1}{d}, \text{ де}$$

d – щільність робочого розчину.

15. ТЕХНІКА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІКРОДОБРИВ

15.1 Приготування бакових сумішей

Термін «бакові суміші» бере своє походження від баків, у яких готували розчини пестицидів для обробки посівів. Економія коштів, забезпечення своєчасного проведення технологічних операцій і досягнення ефекту обприскувань від синергізму препаратів забезпечили широке використання «бакових сумішей» на виробництві. Практична сторона цього питання полягає у наступному. Перед обробкою посівів необхідно скласти чіткий план робіт, ретельно продумати строки і обсяги їх проведення. Складанню такого плану передують оцінка фітосанітарного стану посівів, ґрунтова та функціональна діагностики. Чисельні дослідження показують, що обприскування посівів є ефективним агроприйомом впродовж всієї вегетації.

У якості компонентів бакових сумішей застосовують засоби захисту рослин, мінеральні добрива, у тому числі мікродобрива, регулятори росту, антидепресанти, деструктори стерні. Звичайно, що складові бакових сумішей повинні бути сумісними між собою. Раніше це питання вирішувалося просто, оскільки асортимент добрив був достатньо обмеженим. Виробники пестицидів вказували до якої групи належить препарат і його сумісність з іншими агрохімікатами.

Вже тоді агрономів застерігали проти змішування агрохімікатів (гербіцидів, інсектицидів, фунгіцидів) з біопрепаратами (Байкал – ЕМ, бактеріальними добривами).

Ще простішою була справа із звичайними туками. Асортимент азотних добрив нараховував 7 форм, фосфорних – 5, калійних – 8, комплексних – 7. Звичайно, що не усі мінеральні добрива можна змішувати між собою. При змішуванні одних форм поживний елемент може переходити у нерозчинний стан ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). При змішуванні інших поживний елемент може втрачатися із добрив у газоподібній формі ($\text{NH}_3\uparrow$). Змішування деяких простих форм добрив призводить до їх спікання і втрати фізичних властивостей. Для усунення вказаних явищ слід користуватися правилами змішування, які у спрощеному варіанті представлені у вигляді таблиці. Оскільки у ряді випадків мікродобрива можуть бути внесеними як домішки до основних добрив, звичайно, що у першу чергу слід дотримуватися правил і технологій змішування простих туків, яким передують збагачення останніх мікроелементами.

Повертаючись до бакових сумішей, зазначимо, що накопичений виробниками досвід показує, що для отримання бажаного ефекту від їх використання необхідно дотримуватися правил приготування та технологій внесення.

Правила приготування бакових сумішей:

1. Не змішувати концентровані розчини, суспензії, емульсії. Спочатку готують робочі розчини, які потім змішують.
2. Дотримуватись температури води для змішування 19-25⁰С.
3. Вода для бакової суміші повинна бути чистою, не жорсткою.

4. Спочатку приготувати бакову суміш у невеликому об'ємі та переконатися у відсутності осаду чи помутніння.
5. Змішування робочих розчинів проводити при увімкненій мішалці.
6. Не рекомендується змішувати борвмісні добрива з олійними препаратами, а мікродобрива, що містять залізо, цинк, манган з препаратами, що містять кальцій.
7. Окремі бакові суміші не варто використовувати повторно.
8. Не варто змішувати пестициди із препаратами для позакоренових підживлень.
9. Позитивний ефект спостерігається при поєднанні препаратів на основі живих мікроорганізмів і стимуляторів росту.

Враховуючи, що при змішуванні агрохімікатів може виникнути синергетичний ефект, дози препаратів зменшують і випробують композиції на невеликій ділянці. Краще всього обприскування провести на одній із крайових смуг поля. Інколи агрономи використовують із цією метою ранцеві обприскувачі.

Приготування бакової суміші повинно відбуватися безпосередньо в день внесення. Збереження суміші не допускається. Якщо для приготування бакової суміші використовують агрохімікати, що мають препаративну форму ЗП (порошок, що змочується), ВГ (водорозчинні гранули), то спочатку готують маточний розчин об'ємом 10-15 л. Наливають у ємність на 1/3 частину об'єму води, додають препарат і перемішують до повного розчинення. Вимитий бак обприскувача наповнюють на 1/2 об'єму водою, потім додають маточний розчин, розмішують та

доводять бак до заповнення. При цьому мішалка повинна працювати як під час приготування бакової суміші, так і під час обприскування.

При використанні концентрату суспензії (КС), концентратів емульсії (КЕ), водних розчинів (ВР) процес приготування бакової суміші спрощується, проте ще раз нагадаємо, що у ємності обприскувача розчиняють не препаративну форму агрохімікатів, а попередньо приготовані маточні розчини. Не завадить перевірка суміші на однорідність шляхом збовтування та відстоювання впродовж 30 хв.

Правила, яких слід дотримуватися при обприскуванні посівів:

1. Враховувати фазу розвитку культури, бур'янів, шкідників, тощо.
2. Передбачити необхідну тривалість бездощового періоду.
3. Дотримуватися рекомендованої температури повітря.
4. Обирати потрібні типи форсунок: крупно крапельні, високого ступеню розпилу і т.д.
5. Чітко дотримуватися рівномірної роботи розпилюючої системи, не допускати зміни висоти розпилу та тиску в системі.
6. Не допускати пропусків і перекриття смуг обробки.
7. Обприскування проводити на підставі оцінки фітосанітарного стану і діагностики живлення росли, а не тоді коли посіви зазнали великих пошкоджень.

Що стосується внесення мікродобрив, то з економічної точки зору його поєднують з іншими агрозаходами. Потреба, скажімо, в обприскуванні озимих зернових культур існує майже протягом всього вегетаційного періоду. Після відновлення вегетації (III-IV етап органогенезу) може виникнути потреба у внесенні азоту і гербіцидів. Якщо навесні стоїть волога та прохолодна погода бажано внести ретарданти для покращення диференціації колоса і затримці росту базальних міжвузлів. На VI-VII етапах органогенезу в посівах спостерігається поява злакових мух, клопа - черепашки. Під час колосіння й наливу зерна зберігається можливість впливу на якість зерна шляхом обприскування сечовиною та мікроелементами.

Приготування бакових сумішей є творчим процесом. Нерідко одна й та сама суміш може дати різні результати у т.ч. й негативні. Агрономи накопили чималий досвід приготування бакових сумішей, який викладено на ряді сайтів. Слід, відзначити й те, що на сьогодні хімічна промисловість поставляє готові до використання суміші пестицидів. Незважаючи на це дещо детальніше зупинимось на правилах приготування бакових сумішей, про які йшла мова раніше.

Слід пам'ятати, що внаслідок приготування бакової суміші можуть змінюватися фізико-хімічні властивості препаратів. Не обов'язково може бути випадіння в осад. Достатньо того, що при цьому може змінитися фітотоксичність. На ефективність застосування бакових сумішей впливає ціла низка факторів: погода, температура і жорсткість води, порушення правил змішування і т.

ін. Досить важливим фактором ефективності засобів захисту є правильний вибір строків проведення обприскування.

У випадках коли поєднуються заходи по захисту і догляду за посівами (наприклад внесення мікроелементів) треба вибирати «золоту середину» між оптимальними строками обробітку і фазою розвитку рослин.

Важливо не тільки покладатися на власний досвід приготування бакових сумішей, а кожного разу приготувати невеликий об'єм суміші для пробного обприскування посівів. Справа в тому, що виробники ЗЗР і мікродобрив постійно удосконалюють різного роду компоненти такі як розчинники, консерванти, антиокислювачі, стабілізатори, інгібітори корозії, піногасники, антифризи, згущувачі, диспергатори, емульгатори, ПАР, барвники та інші.

Слід пам'ятати, що не всі добрива змішуються з ЗЗР. Так, неможна змішувати масляні препарати з добривами, які містять бор, кальцієві добрива з такими, що містять багато фосфору і сірки. Препарати, що містять кальцій не рекомендується змішувати з такими мікроелементами як залізо, цинк, манган.

Перед додаванням у бакову суміш мікродобрив треба переконатися у тому, що усі попередні компоненти розчинилися. Не бажано змішувати декілька регуляторів росту оскільки це може призвести до негативних результатів.

Безумовно, що якість води відіграє дуже важливу роль у приготуванні та використанні бакової суміші. До головних параметрів води слід відносити рН, жорсткість і температуру.

Кислотність води впливає на період полурозпаду пестицидів і халатів мікродобрих (табл.14 - 16). Контроль за рівнем рН може здійснюватися допомогою рН-метра, або тест-смужок. Не менш важливим показником є жорсткість, або вміст у ній солей (табл.17).

14. Період напіврозпаду деяких діючих речовин при різному рівні рН (Deer & Beard 2001; Mckie et al. 2002) (Deer & Beard 2001; Mckie et al. 2002)

с — стабільний, н — нестабільний

15. рН та ефективність інсектицидів

Діюча речовина	Оптимальний рН	Період напіврозпаду
Імідаклоприд	7,5	Стабільний 21 день в діапазоні рН 5-9
клофентезин	5,5-6,5	рН 7 = 34 год; рН 9.2 = 4.8 год
ацетаміприд	5,0-6,0	Нестабільний при рН нижче 4, та вище 7
диметоат	5,0	рН 4 = 20 год; рН 6 = 12 год; рН 9 = 48 хв
хлорпірифос	5,0	рН 5 = 63 дні; рН 7 = 35 днів; рН 8 = 1.5 дні
лямбда -цигалотрин	6,0- 6,5	рН 9 = 9 днів
тау-флувалінат	5,0-7,0	рН 6 = 30 днів; рН 9 = 1 - 2 дні
пропаргід	6,0	Ефективність знижується при рН вище 7
новалурон	6,0-8,0	
біфентрин	4,0-6,0	

15.2 Внесення мікродобрих із КАС і РКД

У практиці агрохімічного обслуговування господарств мікродобрива нерідко застосовують із КАС (карбамідно-аміачна суміш) і РКД (рідкі комплексні добрива). У зв'язку з цим коротко зупинимося на технології застосування саме цих добрив. З агрохімічної точки зору рідкі комплексні добрива мають ряд переваг перед простими туками [7]. Вперше рідкі комплексні добрива (РКД) було використано у США (1950 р.), згодом (1957 р.) у Англії, дещо пізніше (1960 р.) у Франції. Базові розчини РКД містять два поживних елемента – азот і фосфор (10-34-0; 8-24-0; 4-37-0). Проте у більшості випадків потрібно вносити як мінімум три поживних елемента. У зв'язку з цим постає питання про приготування бакових сумішей. Як правило, базові розчини РКД зберігаються у межах господарства протягом осінньо-зимового і літнього періодів. При перезволоженні до мінус 18-20⁰С вони можуть кристалізуватися. При зберіганні РКД у літній період ($t > 20^{\circ}\text{C}$) спостерігається їх гідроліз, що призводить до погіршення агрохімічних властивостей вказаних добрив.

Безпосередньо перед внесенням до базових розчинів додають азотні та калійні добрива. У разі необхідності додають до робочого розчину кальцій, сірку та мікроелементи. У якості азотно-калійних компонентів застосовують сечовину, аміачну селітру, хлористий калій.

Розглянемо один із найпоширеніших прикладів приготування робочого розчину РКД для основного внесення добрив

$N_{120} P_{120} K_{120}$. Для приготування робочого розчину використаємо РКД (10-34-0), сечовину і хлористий калій.

Розрахунок починаємо із того елемента, вміст якого у комплексному добриві найвищий, тобто з фосфору. Для цього гектарну дозу добрив треба поділити на вміст у ньому фосфору та перемножити на 100.

$$X = (120 \div 34) * 100 = 353 \text{ кг, де}$$

120 – доза фосфору на 1 га;

34 – вміст P_2O_5 у РКД.

Оскільки доза РКД розрахована на кг переведемо її у літри. Об'єм РКД знаходять за формулою:

$$V = \frac{P}{d}, \text{ де}$$

P – знайдена вага добрива;

d – питома маса РКД (1,4 кг/дм³)

$$V = \frac{353}{1,4} = 252,1 \text{ л}$$

Із вказаною кількістю РКД (353 кг або 252,1 л) ми внесемо й деяку частку азоту. Її знаходять за пропорцією.

У 100 кг РКД міститься 10 кг N

У 353 кг – х

$$X = \frac{353 * 10}{100} = 35,3 \text{ кг N}$$

Для внесення запланованої дози добрив (120 кг N) треба додати сечовини.

Розрахуємо яку кількість сечовини для цього слід взяти.

У 100 кг $CO(NH_2)_2$ міститься – 46 кг N

У x кг сечовини – 84,7 кг N

$$X = \frac{100 \cdot 84,7}{46} = 184,3 \text{ кг CO(NH}_2)_2$$

Розрахуємо яку кількість необхідно взяти хлористого калію, щоб забезпечити внесення дози K120.

У 100 кг KCl міститься 60 кг K₂O

У x кг KCl – 120 кг K₂O

$$X = \frac{100 \cdot 120}{60} = 200 \text{ кг}$$

Далі необхідно розрахувати кількість води, яка необхідна для розчинення сечовини і хлористого калію. Для цього скористуємося таблицею «Розчинність хімічно чистих солей у воді» (табл.18).

Як видно із даних таблиці розчинність солей у значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Так, при температурі 20°C у 1000 літрах води розчиняється 108,3 кг сечовини. Для розчинення 184,3 кг сечовини необхідно взяти:

У 100 л H₂O розчиняється 108,3 кг CO(NH₂)₂

У x л H₂O розчиняється 184,3 кг CO(NH₂)₂

$$X = \frac{184,3 \cdot 100}{108,3} = 170 \text{ л}$$

Аналогічно підраховують кількість води, що необхідна для 200 кг KCl.

$$X = \frac{200 \cdot 100}{34} = 588,2 \text{ л}$$

де 200 – кількість KCl

34 – кількість KCl, що може розчинитися у 100 л води при t=20°C.

18. Розчинність солей (добрив), г у 100 г води

Температура, °C	KCl	CO(NH ₂) ₂	NH ₄ NO ₃
10	31	85,2	
20	34	108,3	
30	37	135,3	
40	40	166,7	
50	42,6	203	
60	45,5	250,9	
70	48,1	-	
80	51,1	400	
90	54,0	-	
100	56,7	733	

Загальна потреба води для розчинення твердих добрив становитиме:

$$170 \text{ л} + 588,2 \text{ л} = 758,2 \text{ л}$$

Отже, для робочого розчину на 1 га площі необхідно взяти: 252 л РКД; 184,3 кг CO(NH₂)₂; 200 кг KCl; 758,2 л H₂O.

Для прискорення розчинення добрив розчин підігрівають до 450С, або додають кальциновану соду (остання підвищує розчинність добрив).

На основі РКД можна приготувати робочі розчини із різним співвідношенням N:P:K. Для усунення такої операції як розрахунок,

необхідної кількості добрив і води, на виробництві користуються табличними даними (табл.19)

19. Кількість добрив і води для приготування 1 т добрив, кг

Співвідношення N:P:K	Марка	РКД 10-34-0	Сечовина CO(NH ₂) ₂	KCl	Вода
1:1:0	18-18-0	530	274	-	196
2:1:0	19-9-0	265	331	-	404
1:1:1	9-9-9	265	137	157	441
2:1:1	14-7-7	206	259	116	419
1:2:1	8,5-17- 8,5	500	76	142	282
1:2:2	4,5-9-9	265	46	157	637
1:3:2	5-15-10	441	13	167	379
2:2:1	12-12-6	353	186	100	362

Як видно із даних таблиці приготування робочих розчинів із різним співвідношенням поживних елементів призводить до падіння загального вмісту речовини у розчині за рахунок розбавлення.

Як вихід із такого становища запропоновано готувати замість розчинів суспензію добрив. Концентрацію поживних елементів у останніх можна довести до 50 % у порівнянні із 20-30 % у трьохкомпонентних розчинах добрив.

Раніше для стабілізації суспензій додавали бентонітову глину, кальциновану соду, мелений гіпс, подвійний суперфосфат і вапно.

Технологія приготування суспензії наступна. У ємність наливають певну кількість РКД. Окремо готують розчин карбаміду. Вмикають мішалку і додають до РКД розчин сечовини. Потім додають при перемішуванні хлористий калій і попередньо розведену у воді глину. Від порядку змішування компонентів залежить стійкість суспензій. Кращий результат досягається тоді, коли до глиняної пульпи додають базовий розчин, потім розчин сечовини і нарешті калійний компонент. У табл.20 наведена кількість добрив, води і глини для приготування 1 т суспензії, кг.

Взагалі співвідношення поживних елементів є добре обґрунтованим, про що наголошувалося у основних підручниках з агрохімії [7]. До речі такі співвідношення взяті до основи і нових рідких форм добрив.

Співвідношення 1:1:1 найбільше підходять для удобрення зернових культур. На ґрунтах, що добре забезпечені рухомим калієм доцільно вносити під зернові добрива із співвідношенням поживних елементів 1:1:0. Таке співвідношення (1:1:1) використовували і у тих випадках, коли хлористий калій вносили восени (для вимивання аніону Cl^-).

20. Кількість добрив, води і глини для приготування 1 т суспензій,
кг

Співвідношення N:P:K	Марка	РКД 10-34-0	Сечовина CO(NH ₂) ₂	KCl	Вода
1:1:0	19,5- 19,5-0	574	300	-	19
2:1:0	27-13,5- 0	397	503	-	19
2:1:1	21,5- 10,7-10,7	316	399	179	19
1:2:1	10,5- 21,4-10,5	630	94	176	19
1:2:2	8,6-17,5- 17,5	516	78	293	19
1:3:2	7,3-21,9- 14,3	644	17	239	19
2:2:1	16,6- 16,6-8,3	488	255	138	19

Для кормових культур кращими є добрива із співвідношенням 1,5:1:1. На полях з високим вмістом калію доцільно застосовувати добрива із співвідношенням 1:1,5:1,5. Аналогічне співвідношення поживних елементів застосовують і тоді, коли планується весняне підживлення азотом. До РКД можна додавати мікроелементи: бор, цинк, марганець, мідь, молібден, кобальт. Концентрація

мікроелементів повинна становити 0.2-0,5 %. Мікродобрива додають у вигляді сульфату цинку, бури, борної кислоти, сульфату міді, молібденового амонію, нітрату кобальту. Зазначимо, що незважаючи на широкий асортимент хелатних форм мікродобрив, внесення їх у вигляді солей мінеральних кислот має місце. Гарні результати показало застосування таких форм мікроелементів із суспензіями добрив приготованих на основі РКД. У табл.21 наведена кількість мікродобрив для спільного використання із суспензією 13:13:13.

21. Вміст мікроелементів у суспензії 13:13:13 [7]

Соли мікроелементів	Доза мікроелементів, кг/ 60 кг P ₂ O ₅	Концентрація мікроелементів у добриві, %	Стабільність суспензії, дні
Сульфат марганцю	5,0	0,975 – Mn	20
Сульфат цинку	0,5	0,108 – Zn	30
Сульфат міді	0,8	0,172 – Cu	30
Нітрат кобальту	-	0,200 – Co	30
Молібдат амонію	0,2	0,0432 – Mo	30
Кислота борна	0,4	0,0863 – B	30
Усього	-	1,585	20

15.3 Внесення добрив у режимі on-line і off-line

В основу попередніх технологій внесення добрив були покладені оптимальні дози, які визначалися шляхом проведення польових дослідів. Ці дози диференціювали у залежності від вмісту поживних елементів у ґрунтах і таким чином отримували одну усереднену дозу добрив на все поле. Просторова варіабельність вмісту поживних речовин у ґрунтах обумовлює різну потребу у добривах на різних ділянках поля. Внаслідок цього на ділянках з високим вмістом поживних елементів вносили надлишок добрив, а на ділянках із низьким вмістом – недостатню їх кількість. Передозування добрив, призводило до погіршення якості продукції, ускладнення екологічної ситуації на полі і необґрунтованих витрат коштів. Поряд з тим недостатнє внесення добрив на окремих ділянках поля обумовлювало недобір урожаю і зниження чистого прибутку. Така технологія внесення добрив вважається застарілою і поступово уходить у минуле. Внесення добрив за технологіями точного землеробства вирішує вказані проблеми. Такі технології передбачають два режими внесення добрив – off-line і on-line. Режим off-line включає підготовку на стаціонарному комп'ютері карти-завдання, у якій містяться просторово прив'язані за допомогою GPS дози добрив для кожної ділянки поля з урахуванням вмісту у ґрунті поживних елементів. Карта-завдання за допомогою чіп-карти переноситься на бортовий комп'ютер, що знаходиться у кабіні трактора (рис. 41) Трактор, що рухається по полю за допомогою GPS-навігатора визначає своє місцезнаходження. Бортовий комп'ютер при цьому зчитує дозу

добрив, яка відповідає даній ділянці і передає сигнал на контролер туковисіваючого агрегату. Контролер за допомогою звичайних заслінок виставляє потрібну дозу. У режимі реального часу (on-line) відповідна доза добрив визначається під час руху агрегату. Встановлений над кабіною трактора N-sensor сканує посіви і передає інформацію про їх стан на бортовий комп'ютер. За інтенсивністю зеленого забарвлення, яке залежить від забезпеченості рослин азотом, комп'ютер визначає дозу добрив для підживлення і передає відповідний сигнал на контролер туковисіваючого агрегату (рис.42). Контролер миттєво виставляє потрібну дозу.



Рис.41 Бортові комп'ютери Amatron і Hydro, а також контролер курсу в кабіні трактора

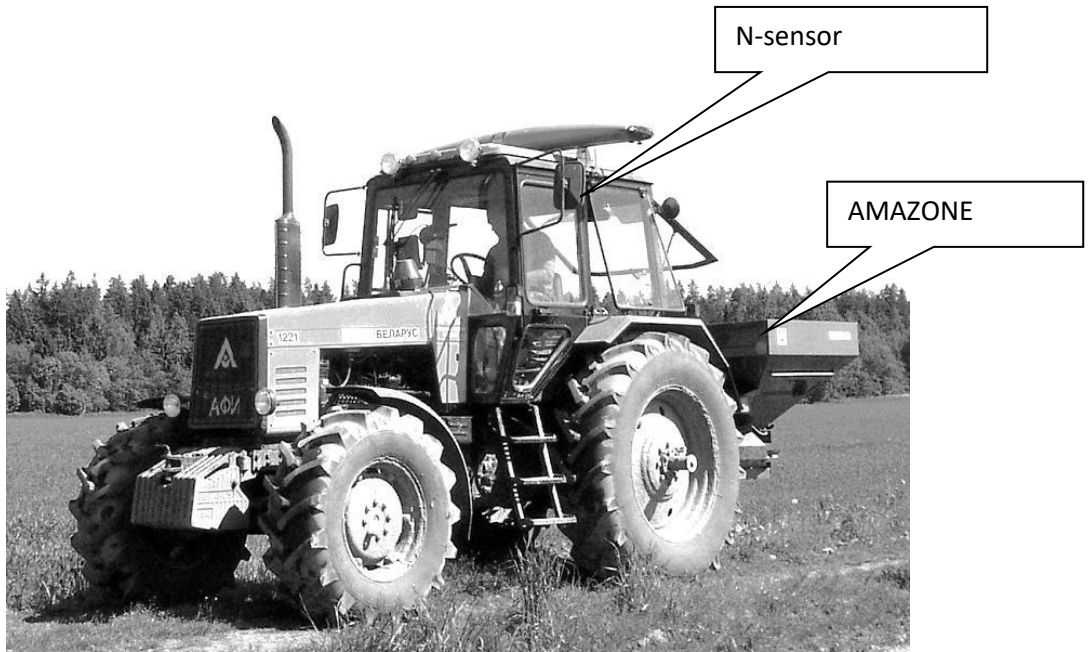


Рис. 42 Агрегат для внесення добрив у режимі on-line

Режим off-line використовують при основному внесенні добрив, режим on-line – при проведенні підживлення.

Найбільш складним є режим off- line . Він здійснюється у декілька етапів. Спочатку проводиться агрохімічне обстеження поля, на якому планується внесення добрив. Польові роботи проводять за допомогою мобільного автоматизованого комплексу по відбиранню ґрунтових проб і створенню електронних карт поля (рис. 43).

Такий комплекс включає: автомобіль; автоматизований пристрій для відбирання ґрунтових проб; супутникову систему позиціонування; бортовий комп'ютер; програмне забезпечення. Бортовий комп'ютер автоматизованого комплексу дозволяє у

польових умовах створювати електронний контур поля, визначати точки відбирання ґрунтових проб і навігацію по цим точкам.



Рис. 43 Автомобільний автоматизований комплекс для відбору ґрунтових проб і побудови електронних карт полів

Крім того програмне забезпечення бортового комп'ютера підтримує функцію збільшення / зменшення розмірів карти, відображає координати, довжини, відстані і площі геодезичних об'єктів, дозволяє наносити сітку розбивки поля на ділянки. Розміри і форму ділянки визначає оператор на підставі просторово-орієнтованих карт урожайності. Останні являють собою карту поля із нанесеними рівнями урожайності по кожній елементарній ділянці (рис. 44). Рівні урожайності культури найбільш точно свідчать про забезпеченість рослин поживними елементами на кожній ділянці поля. Карти урожайності отримують за допомогою

датчиків намоту зерна і бортового комп'ютера встановленого на комбайні Class Dominator. Такі карти дозволяють оператору визначити на полі "проблемні" ділянки (із низькою урожайністю).

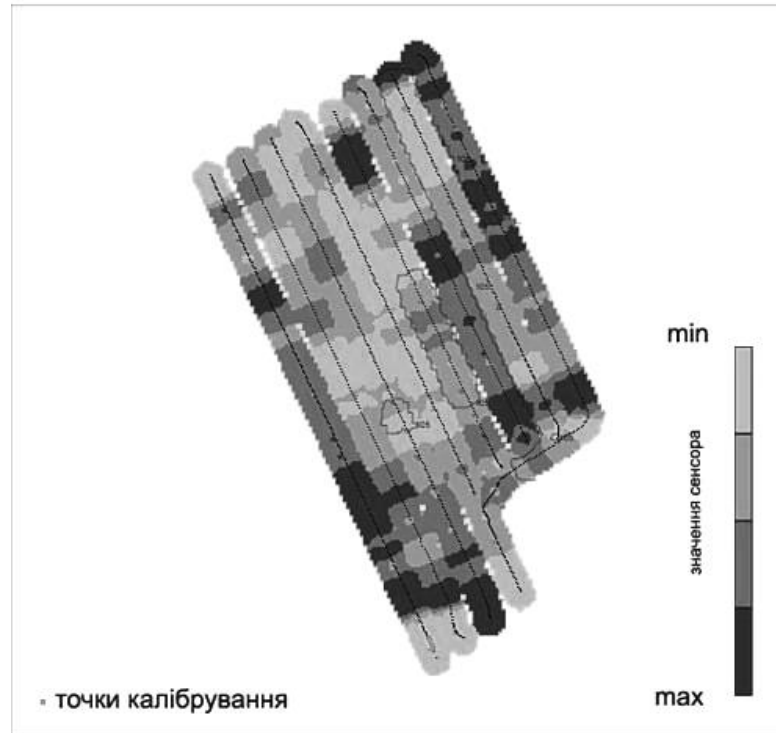


Рис 44 Карта урожайності

Цим ділянкам приділяється особлива увага при відбиранні ґрунтових проб. Від коливань урожайності в межах поля залежить форма і розмір ділянки, кількість проб-уколів, що потрібно здійснити. Відбирання ґрунтових проб на полі здійснюють у відповідності із заданим маршрутом. Відібрані ґрунтові проби поміщають у спеціальні контейнери і відправляють у агрохімічну лабораторію для визначення у них вмісту доступних форм поживних елементів. Результати аналітичних аналізів заносять у

базу даних стаціонарного комп'ютера, який і визначає дози добрив для кожної окремої просторово прив'язаної ділянки поля (рис. 45)

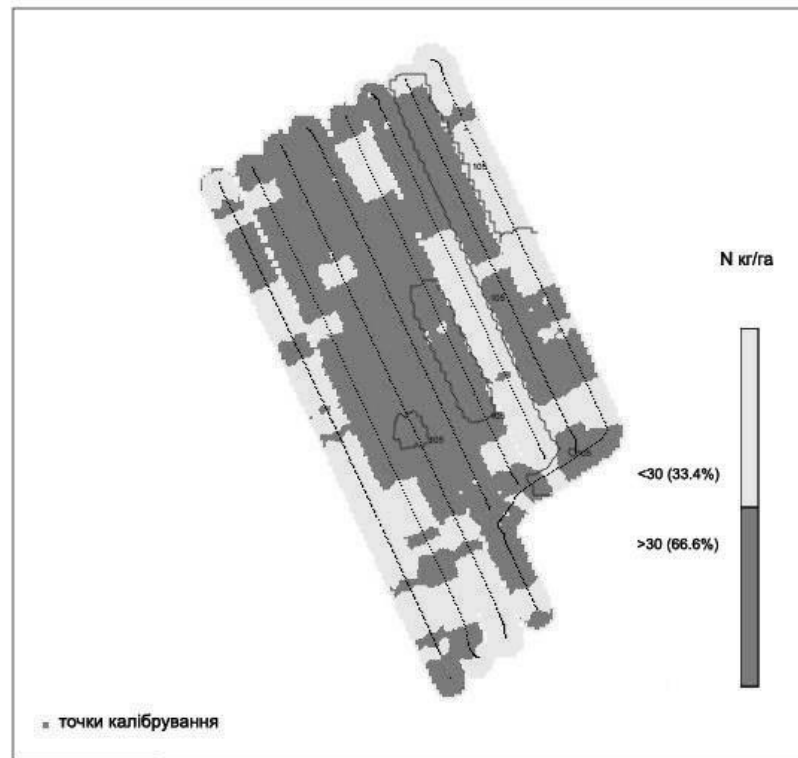
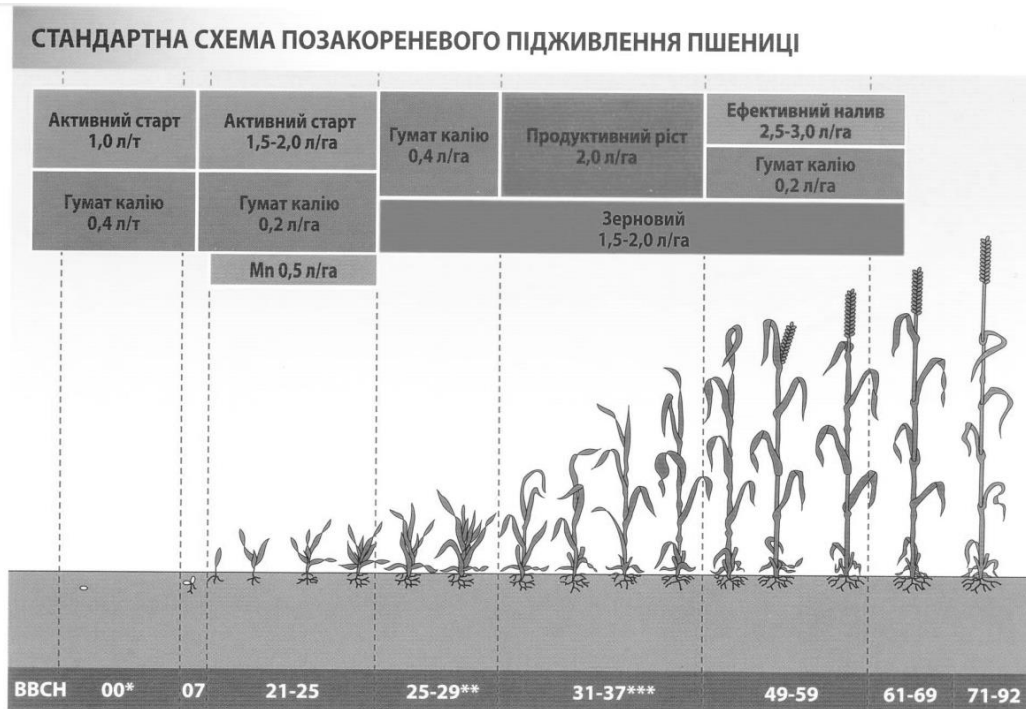


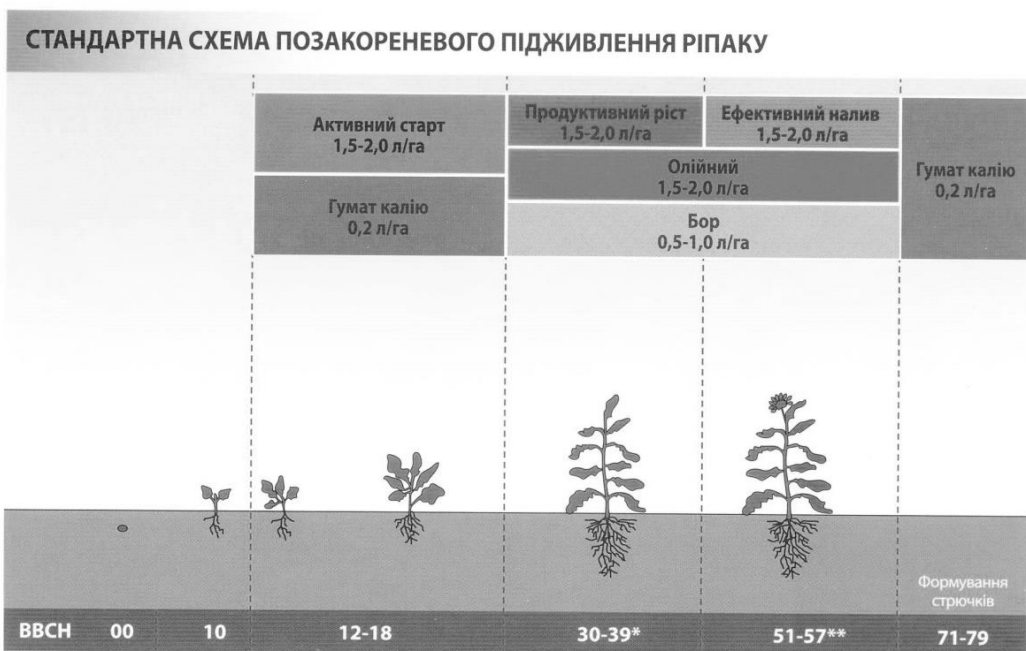
Рис. 45 Карта внесення добрив

Ця інформація за допомогою чіп-карти переноситься на бортовий комп'ютер, який через контролер управляє безпосереднім внесенням добрив. Останнє здійснюють за допомогою центробіжного розкидувача добрив Amasonen-Werke (рис. 46). Така технологія забезпечує мінімальні витрати коштів на прецизійне екологічнобезпечне внесення добрив.

15.4 Технологічні схеми використання мікродобрив ТМ «Ярило»



Примітка: *) – за передпосівної обробки насіння, слід чітко дотримуватися рекомендованої норми препарату.
 ** *** – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Бор, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

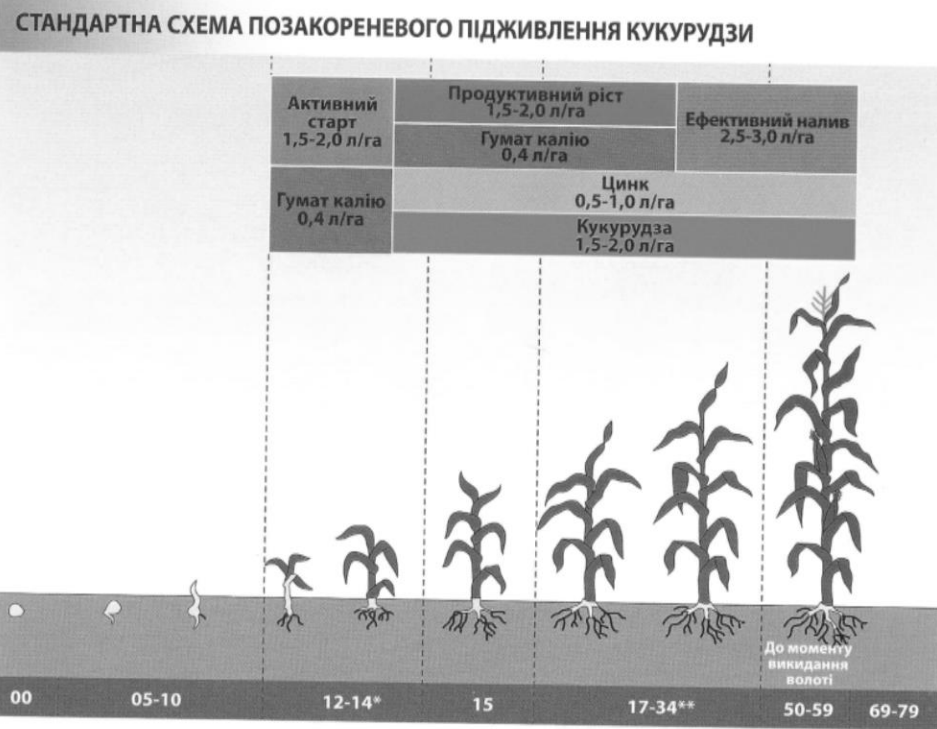


Примітка: * ** – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 46 Схеми підживлення пшениці і ріпаку

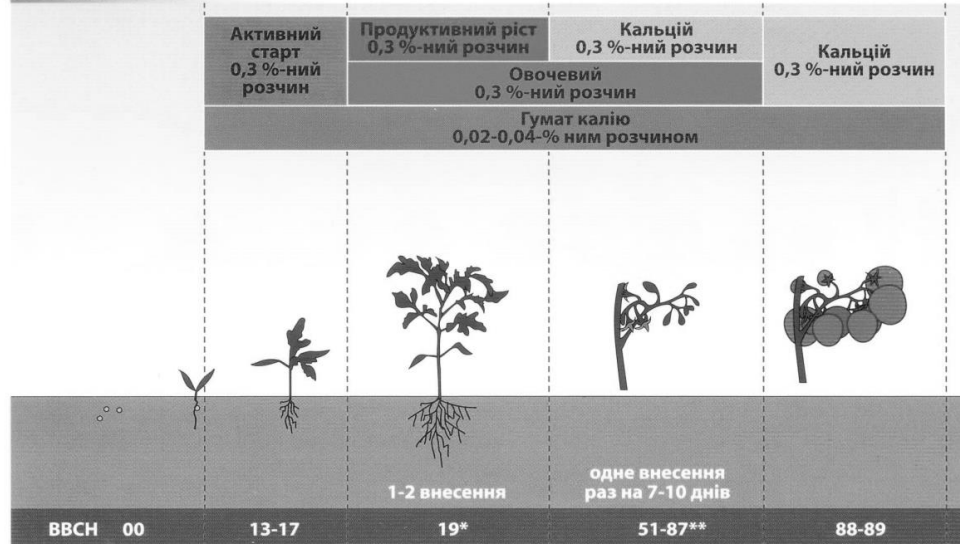


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

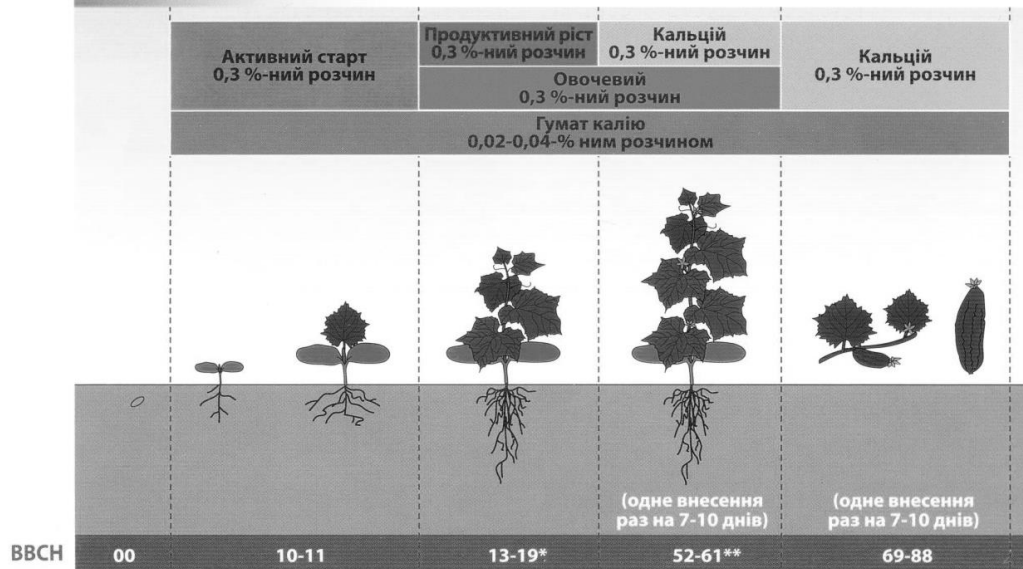


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 47 Схеми підживлення соняшнику і кукурудзи

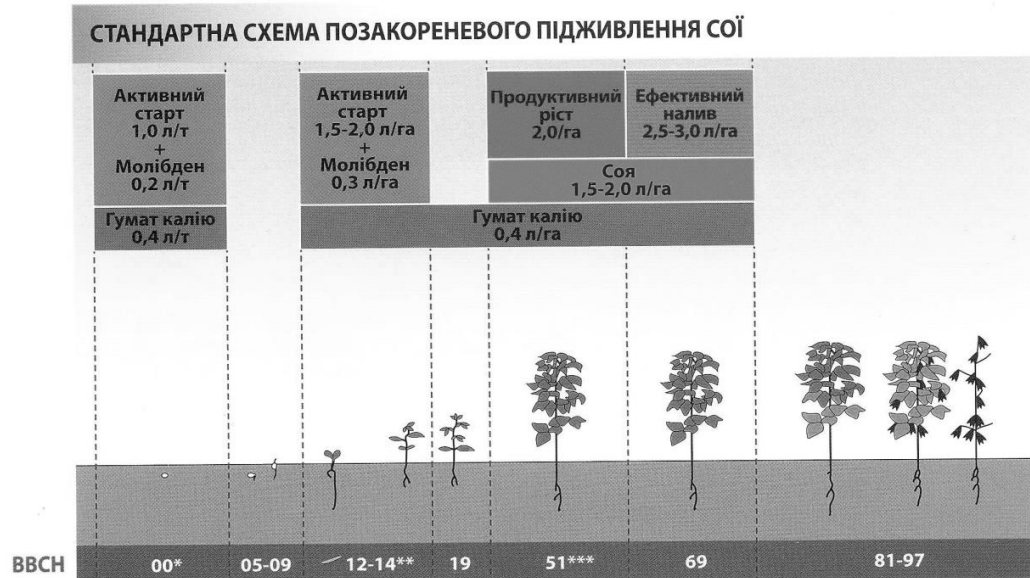
СТАНДАРТНА СХЕМА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ТОМАТІВ


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

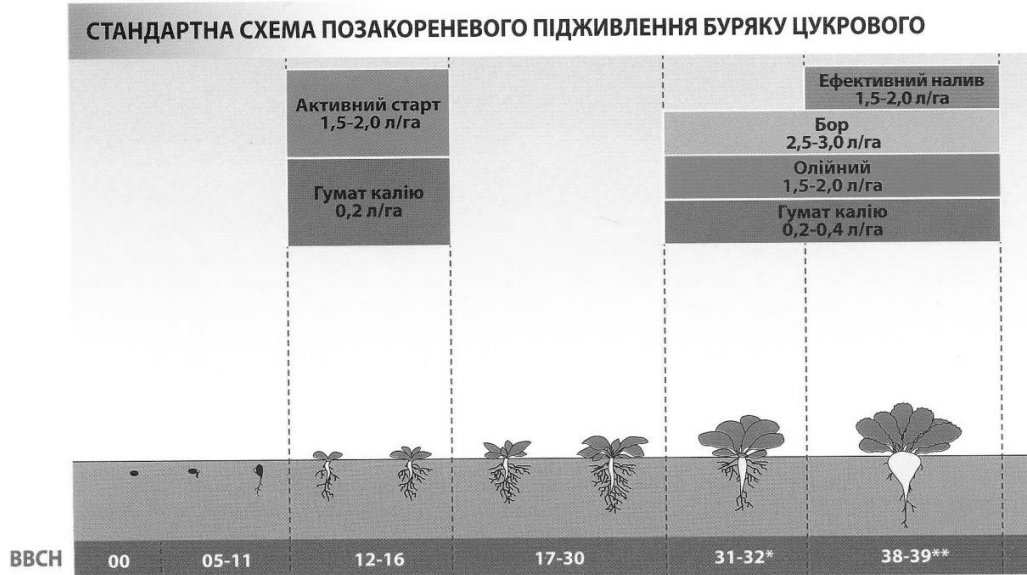
СТАНДАРТНА СХЕМА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ОГІРКІВ


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 48 Схеми підживлення томатів і огірків



Примітка: *) – рекомендуємо додатково проводити обробку насіння інокулянтами на основі бактерій *Bradyrhizobium japonicum*;
 ** ***) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.



Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 49 Схема підживлення сої і буряку цукрового

Підводячи підсумки викладеному матеріалу зазначимо, що теоретичні розробки з питань ефективного застосування мікродобрив відстають від практики використання їх у передових господарствах. У більшості здавалося б сучасних видань використана література 70 – 80-х років [40] Провідником нових поглядів та інноваційних рішень є сайти компаній – виробників добрив, агрохімічного обладнання, міжнародні аграрні виставки, семінари, наради, конференції.

16. ФІЗІОЛОГІЯ СТРЕСУ РОСЛИН. АНТИСТРЕСАНТИ

Глобальні зміни кліматичних умов і масове використання агрохімікатів потребують від агрономів елементарних знань щодо стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища та ефективного застосування антистресантів. Під стресом розуміють сукупність неспецифічних змін, що виникають у рослинах під впливом несприятливих факторів (стресорів). Розрізняють абіотичні (високі і низькі температури, посуха, перезволоження, механічні пошкодження, гербіциди, засолення, інтенсивне освітлення, важкі метали) і біотичні стресори (патогенна мікрофлора, шкідники). Сукупність морфологічних, фізіологічних і хімічних пристосувальних реакцій отримали загальну назву адаптація рослин. До відомих на сьогодні загальних механізмів захисту рослин від впливу стресорів можна віднести: активацію іонних транспортерів і антиоксидантних систем, синтез осмопротекторів, перебудову факторів сигнальної трансдукції і систем репарації білків, адаптацію на рівні генетичних програм.

Згідно уніфікованої концепції стресу Г. Сельє у відповідях рослин на стрес виділяють чотири фази. *Фаза тривоги* (початок стресу). Вона проявляється у відхиленні від функціональної норми. *Фаза відновлення* включає в себе процеси адаптації, репарації і досягнення підвищеної стійкості. *Фаза виснаження* настає тоді, коли вплив стресора перевищує адаптаційні можливості. *Фаза регенерації* розглядається як часткове або повне відновлення після припинення дії стресора.

Стресові реакції передують змінам експресії генів, що забезпечує пристосування рослин до дії стресора. Сукупність пристосувальних реакцій отримала назву аклімація. Остання відбувається за життя організму і не успадковується. Типовим прикладом аклімації є загартування рослин до низьких температур. Не слід ототожнювати термін аклімація і адаптація. Під останньою розуміють спадково закріплену ознаку. Перехід від стресу до пристосувальних реакцій проявляється в експресії генів. Як правило відбувається пригнічення активних генів, які контролюють нормальний ріст і розвиток рослин, активізуються гени стресових білків, які контролюють синтез адаптогенів і протекторів. Адаптивні зміни формують стійкість рослин до дії стрес-факторів. Незважаючи на те, що стійкість рослин є успадкованою ознакою, вона безумовно змінюється у процесі розвитку рослини під дією зовнішніх факторів. Прикладом може бути стан посівів однієї і тієї ж культури на різних мінеральних фонах. Рослин, які у достатній мірі забезпечені поживними елементами краще переносять високі температури і посуху. Це видно навіть неозброєним оком. Стійкість рослин до ряду природних чинників таких як високі і низькі температури, підвищена концентрація ґрунтового розчину, посуха тощо безпосередньо залежить від захисних систем. Розрізняють дві групи таких систем: конститутивні та індуковані. Конститутивні постійно перебувають у активному стані, а індуковані розпочинають свою роботу тільки при дії стрес-фактора. У процесі еволюції рослини набули механізмів котрі значно посилюють зовнішні сигнали фізичної і хімічної природи. Це призводить до

зміни природнього обміну речовин і появи нових сигнальних молекул, які можуть «запускати» нові механізми адаптації. У спрощеному варіанті реакція рослини на дію стресора виглядає так: сигнал від фізичного чи хімічного чинника реєструється рецептором і за допомогою сигнальних систем передається в геном. Внаслідок перепрограмування останнього відбуваються біохімічні зміни (реакції), які обумовлюють адаптацію рослин до нових умов зовнішнього середовища. Стійкість рослин до критичних коливань зовнішніх чинників може змінюватись як під впливом загартування, так і в процесі онтогенезу. Як правило під час проростання насіння стійкість є низькою, при закладанні вегетативних органів вона зростає, а при формуванні генеративних органів знову падає. Найвищою стійкістю до дії зовнішніх чинників рослини володіють під час анабіозу. Про це свідчить висока стійкість насіння до дії різних чинників і навіть високих доз радіації. Звичайно, що стійкість рослин до впливу стрес-факторів обумовлена проявом специфічних і неспецифічних адаптивних реакцій. Специфічні реакції відбуваються у відповідь тільки на дію певного чинника. Неспецифічні адаптивні реакції виникають незалежно від природи чинника. Більшість авторів вважають, що основними механізмами стійкості рослин є неспецифічні реакції. Підтвердженням цьому є перехресне загартування. Наприклад, якщо рослину попередньо нагрівали, то у неї підвищується стійкість до сольового стресу. На користь вказаної гіпотези (про пріоритетну роль у адаптації неспецифічних реакцій) є й те, що рослини проявляють стійкість й до тих стрес-факторів з якими вони

ще не зустрічалися (ксенобіотиків). Існує й протилежна точка зору. Так Генкель (1982) наголошує на те, що реакція відповіді рослин залежить від природи стрес-фактора. Скоріше за все рослини поєднують у своїй відповіді на дію стресорів специфічні та неспецифічні реакції.

Однією з причин неспецифічного реагування клітини на дію стресорів є той факт, що кожен елемент її діє не автономно, а інтегровано до системи у цілому. Інтеграція життєдіяльності обумовлена обмеженою наявністю поліфункціональних ферментів, єдиних проміжних метаболітів, що беруть участь у різних реакціях обміну речовин. Сприятливі умови для координованої взаємодії відповіді на дію стресорів є невелика кількість типів і механізмів реакцій, що відбуваються у рослинах. Велику роль в інтеграції метаболізму відіграє наявність мембран. Більшість ферментів «вмонтовані» в мембрани. У мембранах протікають головні реакції клітинного обміну. На долю мембран приходить близько половини маси сухих речовин. Мембрани розділяють об'єм клітини на компартменти. Інтеграція останніх здійснюється за допомогою мембран. Не менш важливу роль в інтеграції відіграє цитокелет. Його утворюють мікротрубочки діаметром 20-30 нм, актинові і проміжні філаменти.

Мембрани і цитокелет виконують не тільки структурно-опорну функцію. Не менш важливою є і часова організація метаболізму. Сигнали, що надходять із навколишнього середовища вловлюються клітиною за допомогою білкових молекул, які вмонтовані в мембрану і безпосередньо контактують як із зовнішнім

середовищем, так і з внутрішньою частиною клітини. Вони здатні змінювати свою конформацію і контактувати із G-білками. Останні виступають перетворювачами сигналу і передають його на ферменти сигнальних систем. Під впливом таких ферментів з'являються сигнальні метаболіти, які змінюють активність протеїнкіназ. Протеїнкінази переносять залишок фосфорної кислоти з АТФ на ті чи інші білки. Фосфорилування білків призводить до їх конформації, активації та взаємодії з промоторною ділянкою певного гену. У кінцевому рахунку це призводить до зміни інтенсивності його експресії, а у деяких випадках і до активації непрацюючих генів, або зниження активності працюючих.

Неспецифічність сигнальних систем на першому етапі взаємодії стресора з клітиною може проявлятися специфічно. Наприклад спочатку висока температура, безпосередньо діє на термофільний блок. Порушення у клітинному метаболізмі призводить до появи комплексу неспецифічних змін.

У відповідь на дію абіотичних і біотичних стресорів виникають реакції, які на сьогодні є достатньо відомими. Зокрема, збільшення вмісту у клітинах активних форм кисню, підвищення вмісту іонів кальцію у цитоплазмі, підкислення цитозолу з активацією протонних pomp, вихід із нього іонів калію, падіння мембранного потенціалу, посилення катаболізму (руйнування) ліпідів, накопичення низькомолекулярних сполук, посилення синтезу стресових білків, фітогормонів та гармоноподібних сполук (абсцизової, жасмонової, саліцилової кислоти, етилену),

гальмування фотосинтезу і росту. Більшість з вказаних реакцій є доцільними. Вони являють собою первинну ланку захисних реакцій, що забезпечують виживання клітин до того часу, коли спрацюють адаптивні механізми, пов'язані з перепрограмуванням геному.

Із ряду вказаних сигнальних реакцій для експрес-діагностики впливу стресорів і антистресантів мають практичне значення лише окремі. Це пов'язано із наявністю відповідних приладів, які можна було б використовувати агрономам.

Цікавим із цієї точки зору є вихід іонів кальцію у цитозоль. Кількісну реєстрацію вказаного явища можна здійснювати за допомогою портативного іонометра компанії HORIBA.

Раніше Х. Расмуссеном кальцію приписувалася роль вторинного месенджера при проведенні сигналів зовнішнього і внутрішнього середовища. Сучасні дослідження вказують на те, що кальцій виконує роль універсального менеджера клітинних реакцій.

Підвищення концентрації іонів кальцію у цитозолі пов'язано із відкриттям кальцієвих каналів і є однією із ранніх реакцій клітини на вплив стресорів.

До числа реакції клітини на дію стресорів, що легко діагностується є підвищення кислотності цитоплазми. Таку реакцію рослин теж можна безпосередньо реєструвати у виробничих умовах за допомогою приладу EZODO-7200 і спеціального картриджа з «плоским» електродом для визначення рН.

Коротко нагадаємо, що підвищення кислотності, цитоплазми сприяє конформації білків, активізує ряд гідролітичних ферментів.

До числа стресових реакцій, що легко діагностуються є накопичення розчинних вуглеводів. Останні (сахароза, фруктоза) захищають білки від денатурації і підтримують цілісність мембранних структур.

Сприйняття сигналів, що йдуть від стресорів здійснюється шляхом впливу на рецептори плазматичної мембрани. Рецептори запускають внутрішньоклітинні шляхи трансдукції інформації до ядра та інших органел. У кінцевому рахунку це призводить до фізіологічної відповіді клітини. Розрізняють три основних механізми трансмембранної передачі сигналу. Це ліганд-регульований транспорт іонів, лігандрегульовані рецептори і лігандрегульована активація ланцюжка рецептор – G-білок. При цьому прямій активації підлягають стартові ферменти сигнальних систем. Сенсорами сигналу вірогідно виступають протеїнкінази, які фосфорилують – дефосфорилують білки. Такі білки змінюють експресію генів, що призводить до фізіологічної відповіді клітини. Вважається, що у рослинних клітинах існує сім сигнальних систем: аденілатциклазна, MAP – кіназна, кальцієва, фосфатидокислотна, ліпоксигеназна, супероксидсинтазна, NO – синтазна.

Що стосується певних сенсорів, які сприймають вплив абіотичних стресорів, то дані про них у сучасній літературі відсутні. Претендентами на роль сенсорів розглядаються кінази, іонні (кальцієві) канали і окиснювальні комплекси. Існує гіпотеза (Niklas, 2008), яка базується на визначенні основної ролі кальцієвих каналів у сприйнятті впливу стресорів. Зовнішні фактори можуть безпосередньо впливати на плазматичні мембрани, а це тягне за

собою зміни у стані кальцієвих каналів. Вибіркове сприйняття сигналу може здійснюватися шляхом залучення різних типів іонних каналів.

Сприйняття сигналу від абіотичних стресорів можуть здійснювати системи, що беруть участь у генерації активних форм кисню. Існують й інші претенденти на роль сенсорів, проте специфічних сенсорів на сигнал абіотичних стресорів не виявлено. Що стосується біотичних стресорів то сигнал від них сприймається за рахунок специфічних рецепторів білкової природи.

Еліситори (речовини, що виділяють патогени) мають вуглеводну, пептидну або ліпідну природу. У зв'язку з цим механізм сприйняття і передачі у геном сигналу від них вивчений більш детально.

Більш змістовний огляд сигнальних систем рослинних клітин наведено у монографічних виданнях (Ю.Є. Колупаєв, 2010, Ю.Є. Колупаєв, Ю.В. Какрпець, 2010).

У задачу фахівців з агрохімсервісу входить розгляд механізмів пошкоджень рослин зовнішніми факторами і пошук ефективних засобів захисту. Коротко розглянемо вплив абіотичних стресорів таких як високі і низькі температури, посуха зневоднення, сольовий стрес, важкі метали тощо.

Низькі температури обумовлюють пошкодження рослин на всіх рівнях організації. Зовнішні ознаки пошкодження – в'янення листків, пагонів, зміна забарвлення листків, підсихання кінчиків листових пластинок, прискорене старіння рослин, нерівномірне визрівання плодів. При летальному охолодженні спостерігається

некроз листкових пластин і відмирання рослин. Низькі температури порушують ультраструктуру клітинних мембран, зменшується оптична щільність цитоплазми, спостерігається конденсація хроматину у ядрі і структурні зміни хлоропластів. Внаслідок низьких температур відбувається підкислення цитоплазми, погіршується робота pomp, нагромаджуються активні форми кисню. Пероксидне окиснення ліпідів веде до порушення проникності мембран. Вважається, що низькі температури призводять до активації кальцієвих каналів і протеїнкіназ. Під дією вказаного стресору спостерігається порушення гормонального статусу рослин. У листках накопичується абсцизова кислота підвищується вміст етилену, зменшується вміст рістактивуючих гормонів (цитокінінів і гіберелінів). На цих основах побудована для фітогормональних антистресантів компанії Stoller. Підвищення холодостійкості рослин можна досягти обробкою екзогенними сполуками (синтетичні аналоги фітогормонів). Перспективним антистресантом вважається використання саліцилової кислоти.

За дії низьких температур пошкодження клітин може наступати внаслідок внутрішньоклітинного льодоутворення. Останнє призводить до летального ушкодження клітинних мембран. При поступовому зниженні температури відбувається позаклітинне утворення льоду. Це один із захисних механізмів виживання рослин взимку. Велике значення в адаптації до низьких температур є накопичення розчинних вуглеводів. Накопичення останніх відбувається внаслідок гідролізу крохмалю. Другий механізм підвищення концентрації цукрів це активація інвертази і гідроліз

сахарози. Існують дані, які засвідчують адаптацію до низьких температур за рахунок ненасичених жирних кислот, зокрема, ліноленової. Серед ліпідних форм, що сприяють стабілізації мембран при низьких температурах мають фосфатидилхолін і дигалатозилдіацилгліцерол. У морозостійких рослин при низьких температурах синтезуються антифризні білки, які запобігають розростанню кристалів льоду до розмірів, при яких відбуваються летальні пошкодження мембран.

Високі температури сьогодні стали звичайним явищем. Зовнішні ефекти, що при цьому проявляються це запал листків (опіки), прискорене старіння, опадання листків, гальмування росту, зниження урожайності. Різні органели і різні процеси, що протікають у клітині мають різну чутливість до високих температур. Досить чутливими до гіпертермії є хлоропласти. Головними причинами ушкоджень при високих температурах є інактивація і денатурація білків. Високі температури негативно впливають і на ліпіди. При цьому змінюється їх в'язкість, а у кінцевому рахунку – функція мембран. У літературі є посилки на вплив високих температур на нуклеїнові кислоти.

Значних змін при високих температурах зазнають фотосинтетичні реакції. Зменшення споживання відновника НАДФН призводить до генерації активних форм кисню і до окиснювальних пошкоджень. Високі температури призводять до зростання аміаку в клітинах, що викликає токсикоз. Гіпертермія призводить також до інактивації синтезу білку.

У ході еволюції у рослин сформувалися різноманітні механізми захисту від високих температур.

Природа рецептора, за допомогою якого клітина реагує на високі температури поки невідома. Можливо, що гіпертермія впливає на стан мембранних ліпідів і як наслідок на стан мембраннозв'язаних білків. Є думки, що високі температури приводять до зміни активності стартових ферментів сигнальних систем. Не можна виключити і факт безпосереднього впливу температури на стан кальцієвих каналів. Існують експериментальні дані, що вказують на швидке зростання концентрації іонів кальцію у цитоплазмі при підвищенні температури. Посередниками між впливом високих температур і фізіологічною реакцією клітини можуть бути активні форми кисню. Отже, іони кальцію і активні форми кисню вірогідно приймають участь у передачі сигналу. До цього процесу можуть бути залучені фітогормони а також абсцизова і саліцилова кислота та етилен (Hu et al., 2007), головну роль у формуванні стресових і адаптивних реакцій відіграють фітогормони. Більшість із них локалізована у плазматичній мембрані. Під впливом зовнішніх несприятливих умов у рослинах зменшується вміст цитокинінів, гіберелінів і ауксинів. Вміст інгібіторів метаболізму, навпаки зростає. Під впливом високих температур суттєво зростає вміст абсцизової кислоти. Це призводить до інгібування звичайних і активації синтезу стресових білків. Гіпертермія призводить до підвищення вмісту індолілоцтової кислоти (ІОК). Під впливом останньої перебувають гени причетні до захисних реакцій. Підвищений вміст ІОК в період

впливу високих температур може посилювати експресію гена антиоксидантного захисту (Веселов, 2001).

Етилен є типовим гормоном стресу. Зростання концентрації етилену спостерігається при дії чинників різної природи (гербициди, посуха, механічні пошкодження, екстремальні температури тощо). У більшості випадків етилен причасний до запуску запрограмованої загибелі рослинних клітин. У зв'язку із практикою використання антистресантів відмітимо роль низькомолекулярних протекторів. До них належать вільні амінокислоти (пролін), бетаїни, поліаміни, розчинні вуглеводи. Ряд авторів (Ю.Е. Колупаєв, 2010) відмічають здатність цукрів підвищувати стабільність біомембран. Майже всі розчинні вуглеводи виявляють антиоксидантні властивості.

Вміст такої амінокислоти як пролін при дії стресорів збільшується у декілька разів. При цьому він виявляє властивості не тільки осмопротектора, але захищає білково-ліпідні комплекси за рахунок знешкодження гідроксильних радикалів та активних форм кисню. Звідси стає зрозумілою дія мікробіологічного препарату «Екорост», який містить ензими, розчинні вуглеводи та вільні амінокислоти.

Слід зазначити, що накопичення низькомолекулярних протекторів відбувається як за рахунок їх синтезу, так і в наслідок катаболізму. Останній відбувається внаслідок активації гідролітичних ферментів (інвертази, амілази, протеази).

В останні роки посуха стала звичайним явищем. Дослідження механізмів посухостійкості рослин має перш за все практичне

значення. Щороку ми недоотримуємо значну частину урожаю за рахунок саме посухи. Вода є унікальною сполукою. Достатньо нагадати, що вміст її у рослинах становить понад 90% сухої маси. Разом із водою до рослин надходять елементи живлення, вона є гарним розчинником (у ній розчиняються полярні органічні сполуки, які мають карбоксильні, гідроксильні і карбонільні групи). Вода входить до складу білкових молекул, бере участь у транспорті речовин, виступає у ролі донора електронів у процесі фотосинтезу, виконує функцію амортизатора при дії механічних чинників, стабілізує температуру рослин у процесі транспірації.

Водний дефіцит проявляється у втраті тургору. Зневоднення приводить до порушення структури біополімерів, передусім білково-ліпідних мембран.

У адаптації рослин до посухи важливу роль відіграє абсцизова кислота. Вона інгібує синтез білків, виконує функцію, пов'язану із закриванням продихів.

Захисними реакціями рослин на дію посухи є накопичення низькомолекулярних сполук: вуглеводів, вільних амінокислот, бетаїнів і поліамінів. Розчинні вуглеводи виступають осмопротекторами. Підвищення осмотичного тиску клітин покращує (підсилює) поглинання води коренями.

З метою підвищення посухостійкості використовують широкий спектр фізіологічно-активних сполук. Це картоліни (синтетичні препарати на зразок цитокінінів), полістимулін К, препарати івін, метіур. Гарний ефект показала передпосівна обробка насіння

саліциловою кислотою, яка є природним індуктором стійкості рослин до різних стресорів.

Одним із абіотичних факторів, що негативно впливають на розвиток рослин є засолення ґрунтів.

Негативний вплив сольового стресу обумовлений зростанням осмотичного тиску розчину і зниженням доступності води. Як правило у засолених ґрунтах міститься значна кількість натрію. Рослини не здатні витримувати концентрацію калію у цитоплазмі клітини вище 100 мМ. Іон натрію вступає антагоністом калію, який приймає участь у синтезі білка і необхідний для процесу фотосинтезу

Зовні сольовий стрес проявляється у вигляді некротичних плям. Далі наступають вторинні пошкодження пов'язані з утворенням активних форм кисню (порушення мембран, структури хлоропластів, руйнування хлорофілу).

Реакцією на дефіцит води є осморегуляція, тобто накопичення осмотично активних речовин у клітинах. Одним із протекторів при дії засолення є амінокислота пролін. Значення проліну для виживання рослин в умовах засолення підтверджено експериментально.

Одним із абіотичних стресорів є важкі метали. До важких металів, що проявляють токсичність відносять: Co, Ni, Cu, Zn, Se, Te, Rb, Ag, Cd, Au, Hg, Pb, Bi, Pt. Як видно у цей список потрапили такі важливі мікроелементи як мідь і цинк. Зрозуміло що токсичність вони проявляють лише при високих концентраціях.

Важкі метали в першу чергу впливають на проникність мембран, вони мають велику спорідненість до фосфатних груп і активних центрів в АТФ і АДФ, вступають в реакцію з сульфгідрильними групами білків, виступають конкурентами до активно важливих катіонів. Підвищена концентрація важких металів у ґрунті пригнічує фотосинтез, порушує водний режим. Як правило під впливом важких металів зменшується кількість і розмір листків, розміри продихів, прискорюється старіння та відмирання листків. Доказано, що важкі метали є інгібіторами росту рослин пов'язаного як із поділом, так і з розтягуванням клітин.

Бар'єром на шляху надходження важких металів є корінь і клітинна оболонка, яка переводить їх у адсорбований стан.

Зменшення негативного впливу зовнішніх факторів на рослини можливе за рахунок використання антистресантів. На українському ринку присутні антистресанти різні як за своєю природою, так і за характером впливу. У першу чергу до них відносяться мікродобрива, що містять манган, бор, мідь, цинк (табл.).

Раніше ми вказували, що під дією абіотичних стресорів порушується гормональний статус рослин: накопичується абсцизова кислота, підвищується вміст етилену, зменшується вміст рiстактивууючих ферментів. Американська компанія Stoller широко рекламує і продає в Україні фітогормональні антистресанти.

Участь мікроелементів у формуванні загальної стресостійкості рослин

Процес	Mn	Cu	Zn	B	Fe	Mo	Co	Ni
Біосинтез фітогормонів		+	+	+		+	+	
Кофактори антиокси-дантних ферментів	+	+	+		+	+	+	+
Регуляція продихів	+		+	+		+		
Біосинтез кутикуляр-них парафінів	+	+		+				
Метаболізм вуглеводів і азоту	+	+		+				
Транспорт цукрів	+			+				
Регуляція дихання	+			+				

Широковідома компанія «Ярило» поставляє на ринок антистресант побудований на дії амінокислот.

Непогані результати показує використання саліцилової кислоти.

Добре відомі в Україні такі антистресанти як Гумфілд Форте компанії HUMINTECH. Автори цього посібника є свідками зниження негативного впливу низьких температур і післядії гербіцидів під впливом гумінових і фульвокислот.

Інколи у ролі антистресанта використовують не призначені для цього препарати. Прикладом є використання біоприлипача Ліпосам (Джерело: журнал Зерно). Завдяки просторовій конфігурації макромолекул біополімерів цей препарат «утворює мікроскопічну

сітчасту плівку, яка в місцях контакту перешкоджає випаровуванню вологи, але не заважає основним процесам розвитку рослин: диханню і фотосинтезу. Тому він є зручним й ефективним антитранспірантом. Він як антидот і антидепресант допомагає пом'якшити стрес від різкого впливу пестицидів й отрутохімікатів завдяки хорошій абсорбуючій здатності полімерів».

Які б антистресанти ми не використовували зрозумілим стає одне: отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур у сучасних кліматичних умовах без залучення вказаних препаратів стає неможливим (рис.).

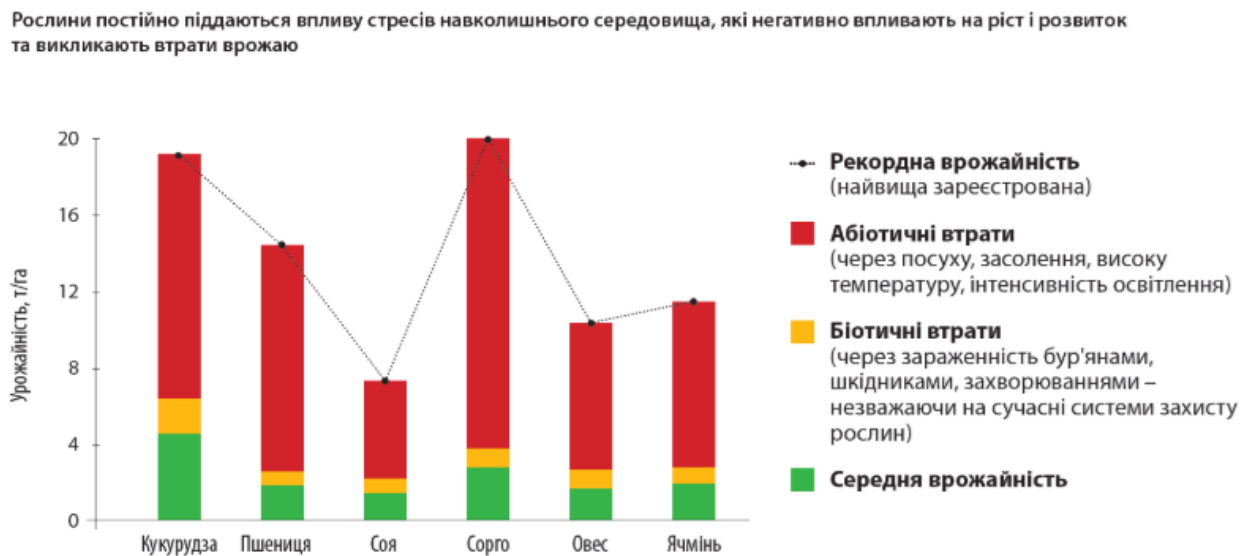


Рис. Зниження урожайності сільськогосподарських культур під дією абіотичних і біотичних стресів

(Buchanan Gruissem & Jones 2000)

Втрати урожаю від впливу абіотичних і біотичних стресорів є дійсно вражаючими і у ряді випадків можуть досягати 50 і більше відсотків.

ЛІТЕРАТУРА

- 29 Агрохимический анализ почвы. Задание и методические указания для студентов агрономических специальностей / Н.М. Кулешов, Н.М. Сырый, В.С. Зализовський, Н.В. Лисовой, С.Ф. Карабан – Харьков, 1986. – 57с.
- 30 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26204-91 – М.: Издательство стандартов, 1992. – 8с.
- 31 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26207-91 – М.: Издательство стандартов, 1992. – 7с.
- 32 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО; ГОСТ 26205-91 – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10с.
33. Якість ґрунту. Визначення амонійного азоту фотометрично з реактивом Несслера; ДСТУ 4115-2002 – К.: Держстандарт України, 2003 – 7с.
34. Медведев В.В. Неоднородность агрохимических показателей почвы в пространстве и во времени / В.В. Медведев, А.И. Мельник // Агрохимия. – 2010 – №1 – С.20 – 26.
35. Мірошніченко М.М. Антропогенна та природна неоднорідність агрохімічних властивостей ґрунту / М.М, Мірошніченко, О.В.

Панасенко, В.Б. Соловей, І.І. Білівець // Вісник ХНАУ. – 2010. – №4. – С102 – 106.

36. Мельник А.І. Мінливість агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту упродовж теплого періоду року / А.І. Мельник, Ю.Д. Матухно, О.І. Прощенко // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2001.

– №

37. Веригина К.В. Роль микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo) в жизни растений и их содержание в почвах и породах / К. В. Веригина// Микроэлементы в некоторых почвах СССР.- М.: Наука,1964. – С.5-26.

38. Важенин И.Г. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов / И.Г. Важенин.- М.: Изд-во ВАСХНИЛ,1976.

39. Кабата – Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/ А. Кабата- Пендиас, Х. Пендиас.-М.: Мир,1980 – 239 с.

40. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова.- Х,: Изд-во КП «Типография №13»,2005. – 134 с.

41. Козел А.И. Применение микроэлементов под рис на лугово-каштановых солонцеватых почвах юга Украины / А.И. Козел // Микроэлементы в окружающей среде. Сб. науч. трудов. – Киев: Наукова думка,-1980. – С.207-211.

42. Чумаков А.В. Визуальная диагностика недостатка питательных веществ в растениях / А.В. Чумаков // Биологическая роль микроэлементов.- М.: Наука,1983. – С.120-127.
43. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве/ С.Ю. Булыгин, Л.Ф. Демитев, А.И. Фатеев, М.М. Яковенко, А.И. Кордин. Под редакцией С.Ю. Булыгина.- Днепропетровск, – 2010. – 104 с.
44. Островская Л.К. Известковый хлороз растений / Л.К. Островская, П.А. Железнов, Л.А. Хилик, Д.А. Полищук, Г.М. Яковенко // Сб. научных трудов. Микроэлементы в с. х. и медицине – Киев. – 1963.-С.93 – 104.
45. Князева М.А. Действие борных удобрений на урожай плодово-ягодных культур / М.А. Князева // Сб. научных трудов «Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине». – Киев,1963. – С.310-313.

Література

1. Закон України «Про охорону земель» – Верховна Рада України від 19.06.2003 № 39, ст. 349. [Електронний ресурс] // Офіц. сайт ВР України. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/main/962-15>.
2. Закон України «Про збереження ґрунтів та охорону їх родючості» – Верховна Рада України від 23.01. 2015. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.lesovod.org.ua/node/23459>.
3. Ясиновський В. Землеробство, що не виснажує, а збагачує ґрунти / В. Ясиновський // «Землевпорядний вісник», №8. – 2012. – С. 27-30.
4. Філон В. І. Діагностика і екологічнобезпечне спрямування трансформації ґрунтів при внесенні добрив: автореф. д-ра с.-г. наук / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ. – 2011. – С. 31.
5. Філон В.І. Вплив різних форм добрив на активність іонів у основних типах ґрунтів / В.І. Філон // Міжвід. тем. наук. збірник «Агрохімія і ґрунтознавство» Спец. вип. до V з'їзду УТГА. Харків. – 1998. – С. 123-124.
6. Філон В.І. Про існування і механізм калійно-амонійного зв'язку в ґрунтах чорноземного типу / В.І. Філон // Зб. доп. Всеукраїнської науково-практичної конф. К: Центр екологічної освіти та інформації. – 2001. – С. 284.

7. Філон В.І. Активність іонів NH_4^+ і K^+ при локальному внесенні азотних добрив / В.І. Філон // Вісник ХНАУ, №1. – 2002. – С. 214-220.
8. Філон В.І. Теоретичні підстави для переходу на спрощене експрес-визначення калійної буферності ґрунту / В.І. Філон, Н.Є. Білецька // Вісник ХНАУ, №4. – 2008. – С. 24-33.
9. Філон В.І. Фізична суть аналітичних операцій при визначенні калійної буферної здатності ґрунтів за Becket / В.І. Філон // Вісник ХНАУ, №1. – 2008. – С.181-184.
10. Beckett P.H.T. Studies on soil potassium. Part. 1. Confirmation of the ratio law: measurement of potassium potential / P.H.T. Beckett // J. Soil Sci. – 1964 – v. 15, N1.

11. Гринченко Т.А. Потенциальная буферная способность основных типов почв УССР относительно калия и ускоренный метод обработки результатов ее определения / Т.А. Гринченко // Агрохимия. – 1982. – №1. – С.115–120.

Мірошниченко М.М., Гладкіх Є.Ю., Ревтьє А.В., Галушка С.В. Еколого-економічне обґрунтування застосування безводного аміаку у землеробстві. (наукові рекомендації). – Харків: Видавництво PrintHouse, 2015.- 52с.

Ревтьє А.В. Зміна властивостей чорнозему опідзоленого середньосуглинкового під дією безводного аміаку: автореф. дис. канд. с.-г. наук. -Х., 2016.-21с.

Філон В.І. Діагностика і екологобезпечне спрямування трансформації ґрунтів при внесенні добрив: автореф. дис. д-ра с.-г. наук. – Х., 2011. – 44с.

De Gryze S., Jassonge L., Six J., Bossuyt H., Wevers M., Merckx R., 2006, «Pore structure changes during decomposition of fresh residue: X-ray tomography analysis», Geoderma, V. 134, P. 82–96.

Gibson J.R., Lin H., Bruns M. A., 2006, «A comparison of fractal analytical methods on 2- and 3-dimensional computed tomographic scans of soil aggregates», Geoderma, V. 134, P. 335–348.

Martinez F.S.J. Martin M. A., Caniego F. J., Tuller M., Guber A., Pachepsky Y., GarciaGutierrez C., 2010, «Multifractal analysis of discretized X-ray CT images for the characterization of soil macropore structures», Geoderma, V. 156, P. 32–42.

Філон В.І. Можливості використання рентгенівської комп'ютерної томографії для встановлення змін агрофізичного стану чорноземів під впливом добрив Вісник аграрної науки, – 2004. – №1. – с. 19-21.

Герке К.М. Влияние предпочтительных проводящих путей на вертикальный влагоперенос в зоне аэрации: экспериментальное исследование /Герке К. М., Сайдл Р. К., Турунтаев С. Б. // Геоэкология. – 2010. – № 5. – С. 422–432

Gerke K. M., Saydl R. K., Turumtaev S. B., 2010, «Impact of preferred pathways in the vertical moisture transfer in the aeration zone: an experimental study», Geocology, № 5, P. 422–432.

Корост Д. В. Применение компьютерной микротомографии для изучения строения терригенных коллекторов / Корост Д. В., Калмыков Г. А., Япаскрут В. О., Иванов М. К. // Геология нефти и газа. – 2010. – № 2. – С. 36–42.

Korost D. V., Kalmukov G. A., Yapaskryt V. O., Ivanov M. K., 2010, «The application of computer microtomography for studying the structure of clastic reservoirs», *Oil and Gas Geology*, № 2, P. 36–42.

Pires L. F., Borges J. A. R., Bacchi O. O. S., Reichardt K., 2010, «Twenty-five years of computed tomography in soil physics: F literature review of Brazilian contribution», *Soil and Tillage Research*, V. 110, P. 197–210.

Rogasik H., Crawford J.W., Wendroth O., Young I.M., Joschko M. & Ritz K., 1999, «Discrimination of soil phases by dual energy X-ray tomography», *Soil Science of America J.*, V. 63, P. 741–751.

Udawatta R., Anderson S. H., 2008, «CT-measured pore characteristics of surface and subsurface soils influenced by agroforestry and grass buffers», *Geoderma*, V. 145, P. 381–389.

Kim H. M., Anderson S. H., Motavalli P. P., Gantzer C. J., 2010, «Compaction effects on soil macropore geometry and related parameters for an arable field», *Geoderma*, V. 160, P. 244–251.

Tippkötter R., Eickhorst T., Taubner H., Gredner B., Rademaker G., 2009, «Detection of soil water in macropores of undisturbed soil using microfocus X-ray tube computerized tomography (μ CT)», *Soil and Tillage Research*, V. 105, P. 12–20.

Sander T., Gerke H.H., Rogasik H., 2008, «Assessment of Chinese paddy-soil structure using X-ray computed tomography», *Geoderma*, V. 145, P. 303–314.

Pires L.F., Arthur R.C.J., Correchel V., Bacchi O.O.S., Reichardt K., 2004, «The use of gamma ray computed tomography to investigate soil compaction due to core sampling devices», *Braz. J. Phys.*, V. 34, P. 728–731.

Petth S., Nellesen J., Fischer G., Horn R., 2010, «Non-invasive 3D analysis of local soil deformation under mechanical and hydraulic stresses by μ CT and digital image correlation», *Soil and Tillage Research*, V. 111, P. 3–18.

Pires L.F., Borges J.A.R., Bacchi O.O.S., Reichardt K., 2010, «Twenty-five years of computed tomography in soil physics: F literature review of Brazilian contribution», *Soil and Tillage Research*, V. 110, P. 197–210.

Goldstein L., Prasher S.O., Ghoshal S., 2007, «Three-dimensional visualization of no-aqueous phase liquid volumes in natural porous media using a medical X-ray computed tomography scanner», *Contaminant hydrology*, V. 93, P. 96–100.

Pedrotti A., Pauletto E. A., Crestana S., Cruvinel P. E., Vaz P. E., Naime J. M., Silva A. M., 2003, «Planosol soil sample size for computerized tomography measurement of physical parameters», *Sci. Agric.*, V. 60, P. 735–740.

Peth S., Horn R., Beckmann F., Donath T., Fischer J., Smucker A.J.M., 2008, «Threedimensional quantification of intra-aggregate pore-space features using

synchrotron-radiation-based micromorphology», *Soil Science Society of America J.*, V. 72, P. 897–907.

Sleutel S., Cnudde V., Masschaele B., Vlassenbroek J., Dierick M., van Hoorebeke L., Jacobs P., de Neve S., 2008, «Comparison of different nano- and micro-focus X-ray computed tomography set-ups for the visualization of the soil microstructure and soil organic matter», *Computer and Geosciences*, P. 931–938.

Schrader S., Rogasik H., Onasch I., Jegou D., 2007, «Assessment of soil structural differentiation around earthworm burrows by means of X-ray tomography and scanning electron microscopy», *Geoderma*, V. 137, P. 378–387.

ФІЛОН ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ

АГРОХІМСЕРВІС

Редактори: Л.І. Сібенкова
Технічний редактор: С.М. Старощук
Коректор: Л.П. Захарченко

Підписано до друку
Формат 64x84
Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк офс.
Ум. друк. ар. 17,5
Наклад 300 прим. Зам.№

Видавництво «Алефа»