

В.І. ФІЛОН

**ДІАГНОСТИКА І ОПТИМІЗАЦІЯ
МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН**

Харків - 2020

УДК 631.547:631.81(031)

Рецензенти: доктор с.-г. наук, професор **С.І. Веремєєнко** (Національний університет водного господарства та природокористування); канд. с.-г. наук, професор **К.Б. Новосад** (Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва).

Діагностика і оптимізація мінерального живлення сільськогосподарських культур: Навч. посіб. – Харків, 2020. – 161 с.: Табл. 16 Іл. 37 Бібліограф.: 33 назв.

Викладено матеріал пов'язаний із діагностикою мінерального живлення сільськогосподарських культур. Висвітлено основи теорії мінерального живлення рослин, у тому числі сучасні уяви про механізми надходження елементів живлення у рослини, вплив зовнішніх факторів на поглинання елементів живлення рослинами, фізіологічну роль елементів живлення, зовнішні ознаки нестачі того чи іншого елемента. Детально розглянуто методи рослинної і ґрунтової діагностики живлення рослин. Викладено технологію позакореневого підживлення рослин, внесення мікродобрив із КАС і РКД, а також внесення добрив у режимі on-line і off-line.

© Філон В.І

Зміст

ВСТУП.....	4
1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН.....	5
1.1 Хімічний склад рослин.....	7
1.2 Сучасні уяви про механізм надходження елементів живлення у рослини	10
1.3 Вплив зовнішніх факторів на надходження елементів живлення у рослини	21
2. ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ.....	28
3. ЗОВНІШНІ ОЗНАКИ НЕСТАЧІ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ...	40
4. КАРТОГРАМИ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ГРУНТАХ УКРАЇНИ.....	47
5. ДІАГНОСТИКА МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН.....	54
5.1. Класифікація видів діагностики живлення рослин.....	54
6. ОПТИМІЗАЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН	81
6.1. Оптимізація мінерального живлення рослин шляхом проведення позакорневих підживлень	81
6.2. Приготування бакових сумішей.....	85
6.3. Внесення мікродобрих із КАС і РКД.....	97
6.4. Внесення добрив у режимі on-line і off-line	104
7. ФІЗІОЛОГІЯ СТРЕСУ РОСЛИН. АНТИСТРЕСАНТИ.....	111
ЛІТЕРАТУРА.....	158

ВСТУП

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. Зокрема розроблено чимало методів діагностики живлення рослин: ґрунтова, рослинна, комплексна, дистанційна та ін., які висвітлено у наступних розділах.

1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

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 перегноем 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 «преизобильное ращение тучных дерев, 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 світ (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 [1]. 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 [2]. 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.

1.1 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.1 наведено хімічний склад урожаю сільськогосподарських культур.

1. 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	11	29	34	16,0	27	7,0	3,5
(насіння)	8	22	25	50	7	5,0	3,5
Соняшник	8	23	26	35	16	8,0	4,0
Льон	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Картопля	75	1,0	1,6	0,2	19	1,4	0,8
Цукрові буряки	87	0,8	1,5	0,1	9	0,9	0,9
Кормові буряки	86	0,7	1,3	0,2	9	1,1	0,9
Морква	85	2,5	3,0	0,1	8	0,8	0,7

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

Різні рослини різняться і за елементним складом (табл. 2).

2. 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 [2].

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

1.2 Сучасні уяви про 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.1 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.1 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 вибіркковість 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.2). 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.

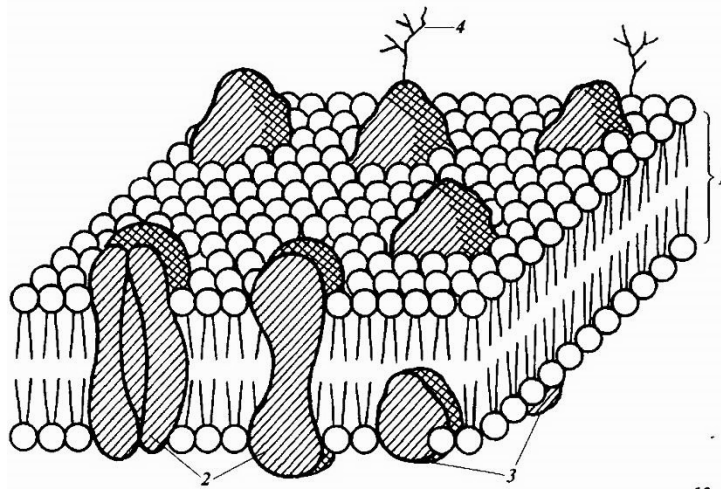


Рис.2 Будова плазмалемми

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

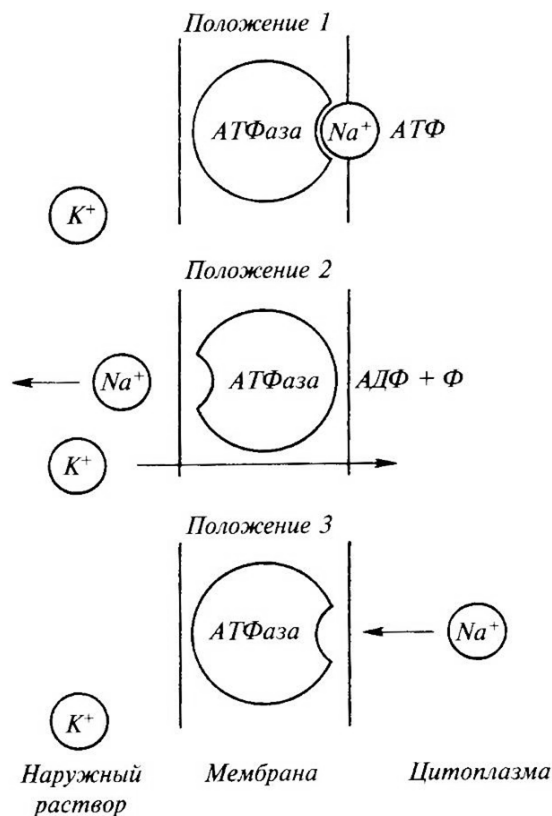


Рис.3 Схема роботи калійно-натрієвих насосів (переносників)

Із рис.3 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 підлюговування 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. Використання методу мічених атомів свідчить, що засвоєння поживних елементів через листкову

пластинку відбувається у 6-8 разів швидше ніж через корені (табл.3).

3. 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 переслідує ще одну не менш важливу задачу. А саме: цілеспрямоване управління біохімічними процесами формування біологічної якості продукції [3,4].

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 листкового підживлення. Так, наприклад, на сайті компанії Райз ([rise. ua/catalog.html?i=301](http://rise.ua/catalog.html?i=301)) вказано наступні безпечні дози для листкового 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 листкового 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 листковий 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 листкової пластинки. Як правило потреба у мікродобривах проявляється на ранніх етапах онтогенезу коли листкова 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 [5].

Проведені дослідження вказують і на той факт, що навіть при науково-обґрунтованому внесенні мікроелементів вони забезпечують відносно незначний приріст урожаю (табл.4).

4. 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.

1.3 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.4). 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.

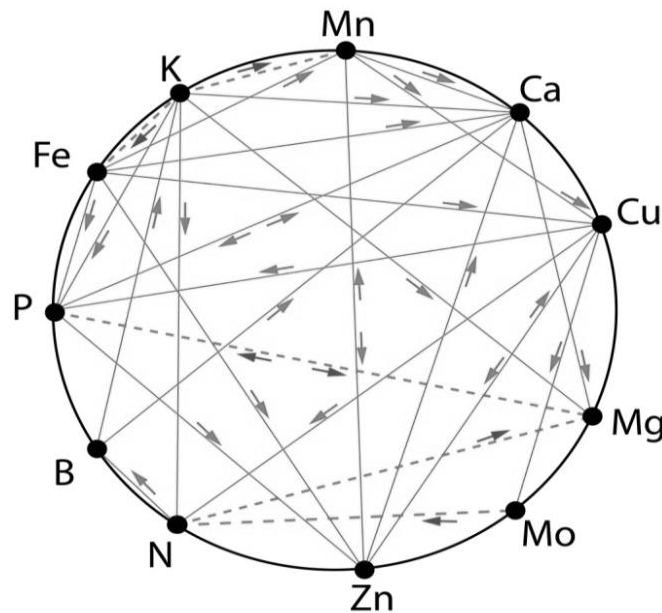


Рис.4 Синергізм і антагонізм іонів

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 вологи 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 вологи 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 достатньої освітленості 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°C 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, взимку 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.

Контрольні запитання до глави 1

1. Наведіть хімічний склад рослин (на прикладі зерна озимої пшениці).
2. Назвіть 20 хімічних елементів необхідних рослинам.
3. Назвіть гіпотези, що пояснюють надходження елементів живлення у рослини.
4. Що являють собою калійно-натрієві насоси?
5. З якою швидкістю поглинаються поживні елементи нанесені на листя.
6. Яку мету переслідує листкове підживлення рослин?
7. Який головний механізм надходження поживних елементів до рослин.
8. Яка ефективність мікроелементів при вирощуванні сільськогосподарських культур.
9. Які фактори впливають на надходження елементів живлення у рослин?
10. Що таке синергізм і антагонізм іонів?
11. Як поділяють культури за вимогливістю до освітлення?
12. Як змінюється освітлення протягом доби і року?

2. ФІЗІОЛОГІЧНА РОЛЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ

Вміст мікроелементів у рослинах залежить від ряду факторів, а саме від видових і сортових особливостей, ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки [6,7]. У табл.5 показано вміст мікроелементів у сільськогосподарських рослинах. Розглянемо фізіологічну роль мікроелементів.

5. 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 Boron, що позначилось на назві мікродобрив (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 ґрунтового 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 олівінах, 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 трикарбонічних 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 до поглинання 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.

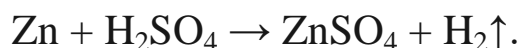
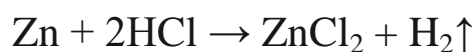
Молібден виконує важливу фізіологічну роль у рослинах. Нерідко його називають мікроелементом азотного обміну. Він входить до складу ферменту нітрогенази, який бере участь у біологічній фіксації атмосферного азоту. Молібден входить також до складу ферментау нітратредуктази, що бере участь у відновленні 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 1200-1300⁰С до металевого стану: $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$. 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.

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).

Co

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 ($\text{Cu Co}_2\text{S}_4$, Co_3S_4 , CoAsS , CoAsS_3). Застосовують у металургії, медицині (^{60}Co), сільському господарстві (опромінення насіння ^{60}Co 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 B_{12} . 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.

Контрольні запитання до глави 2

1. Фізіологічна роль кальцію і магнію.
2. Фізіологічна роль сірки.
3. Фізіологічна роль мікроелементів.

3. ЗОВНІШНІ ОЗНАКИ НЕСТАЧІ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ

Зовнішні ознаки нестачі елементів живлення відносяться до візуальної діагностики [5, 8, 9, 10]. Перше з чим стикається агроном на полі чи в саду, це звичайно зовнішні ознаки нестачі або надлишку макро- і мікроелементів, пошкодження шкідниками, а також прояв захворювань. Зовнішні ознаки впливу вказаних чинників повинні бути для агронома одним із повсяденних орієнтирів. У нашому арсеналі є чимала колекція кольорових фото, на яких відзеркалені характерні ознаки нестачі елементів живлення (В.В. Церлінг, 1990; атлас проф. Брегмана) у т.ч. власні фото. Проте найбільш вдалий фотоматеріал належить компанії ЕКОПЛОН, який ми використали у методичних вказівках і який ми вважаємо за доцільне розмістити у основній частині роботи (рис. 5- 12).



Рис.5 Ознаки нестачі азоту у зернових культур

а



б



Рис.6 Ознаки нестачі азоту у ріпаку:

а – передній план (осінь);

б – загальний вигляд посівів

а



б



Рис.7 Ознаки нестачі фосфору:

а – у картоплі;

б – у кукурудзи;

в – у озимій пшениці



Контрольні запитання до глави 3

Зовнішні ознаки нестачі азоту, фосфору, калію.

Зовнішні ознаки нестачі кальцію, магнію, сірки.

Зовнішні ознаки нестачі мікроелементів.

а



б



Рис.8 Ознаки нестачі калію у пшениці:

а – крайові опіки на листках;

б - загальний вигляд посівів



Рис.9 Ознаки нестачі магнію у озимій пшениці



Рис.10 Ознаки нестачі кальцію у озимій пшениці.
Молоді листки викривлюються кінцями вниз



Рис.11 Ознаки нестачі бору у цукрових буряків



Рис.12 Ознаки нестачі цинку у кукурудзи
Джерело: презентація компанії Екоплон

Інформацію за даною проблемою можна знайти у ряді інших джерел.

4. КАРТОГРАМИ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ГРУНТАХ УКРАЇНИ

Одним із критеріїв забезпеченості рослин мікроелементами є вміст їх рухомих форм у ґрунті [11, 12, 13, 14]. Як правило для міді, молібдену, кобальту та цинку вміст рухомих форм становить 10-15% від валового вмісту, для бору цей показник становить 2-4%. Валовий вміст мікроелементів визначається механічним і мінералогічним складом ґрунту. Вміст рухомих форм залежить від типу ґрунту, реакції ґрунтового розчину, окислювально-відновлювальних процесів. Під терміном рухомі форми розуміють сполуки мікроелементів, що переходять у водну, сольову, кислотну витяжку. При цьому вважається, що коренева система рослин володіє такою самою здатністю до розчинення хімічних сполук як мінеральні та органічні кислоти. На наш погляд, доступні форми мікроелементів не можна ототожнювати з рухомими оскільки на процеси засвоєння поживних елементів впливає цілий ряд зовнішніх умов (вологозабезпеченість, температура, освітлення, рН та ін.)

Незважаючи на це, для раціонального використання мікродобрив повинні бути розроблені стандартизовані методики визначення мікроелементів у ґрунті та прийняті відповідні градації забезпеченості ґрунтів. Ягодіним Б.О., і Верниченко І.В. на підставі літературного матеріалу були розроблені градації забезпеченості ґрунтів мікроелементами (табл. 6)

6. Градації забезпеченості ґрунтів рухомими формами
мікроелементів (за Б.О. Ягодіним і І.В.Верниченко)

Мікро-елемент	Біохімічна зона	Ґрунтова витяжка	Градації забезпеченості, мг/кг				
			Дуже низька	Низька	Середня	Підвищена	Висока
B	Лісостепна	H ₂ O	0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,0	>1,2
Cu		1,0 Н НСl	1,4	1,4-3,0	3,0-4,4	4,4-5,6	>5,6
Mo		Оксалатна витяжка	0,10	0,10-0,23	0,23-0,38	0,38-0,55	0,55
Mn		0,1 Н H ₂ SO ₄	25	25-55	55-90	90-170	170
Co		1,0 Н HNO ₃	1,0	1,0-1,8	1,8-2,9	2,9-3,6	3,6
Zn		1,0 Н KCl	0,15	0,15-0,3	0,3-1,0	1,0-2,0	2,0
		Ацетатно-амонійна	4,0	4,0-6,0	6,0-8,8	8,8	
B	Степова зона	1,0 Н KNO ₃	0,4	0,4-1,2	1,2-1,7	1,7-4,5	4,5
Cu		HNO ₃	1,0	1,0-1,8	1,8-3,0	3,0-6,0	6,0
Mo		HNO ₃	0,05	0,05-0,15	0,15-0,5	0,5-1,2	1,2
Mn		HNO ₃	6,6	6,6-12,0	12-30	30-90	90
Co		HNO ₃	0,6	0,6-1,3	1,3-2,4	2,4	-
Zn		HNO ₃	0,3	0,3-1,3	1,3-4,0	4,0-16,4	16,4

І.І. Важенін розробив градації забезпеченості ґрунтів доступними формами мікроелементів для культур з різним виносом останніх (табл.7). При цьому у якості витяжки використано ацетатно-амонійний буфер з рН 4,8. На сьогодні розроблені національні стандарти на визначення забезпеченості ґрунтів рухомими формами мікроелементів і прийняті відповідні градації забезпеченості ними рослин. Позитивним моментом у агрохімії мікроелементів є розробка забезпеченості ними ґрунтів для культур із різним виносом (рис. 13, 14, 15;).

7. Рівні забезпеченості ґрунтів мікроелементами
(за І.І. Важеніним)

Забезпеченість	Вміст мікроелементів,мг/кг				
	Mn	Cu	Zn	Co	Fe
Для рослин невисокого виносу мікроелементів					
Низька	<5	<0,10	<1	<0,07	-
Середня	5-10	0,10-0,20	1-2	0,07-0,15	-
Висока	>10	>0,20	>2	>0,15	-
Для рослин підвищеного виносу мікроелементів					
Низька	<10	<20	<2	<0,15	-
Середня	10-20	0,20-0,50	2-5	0,15-0,30	-
Висока	>20	>0,50	>5	>0,30	-
Для рослин високого виносу мікроелементів					
Низька	<20	<0,50	<5	<0,30	<1,5
Середня	20-40	0,50-1,00	5-10	0,30-0,70	1,5-9,0
Висока	>40	>1,00	>10	>0,70	>9,0



Рис. 13 Картосхема забезпеченості ґрунтів марганцем для рослин невисокого виносу мікроелементів



Рис. 14 Картосхема забезпеченості ґрунтів марганцем для рослин підвищеного виносу мікроелементів

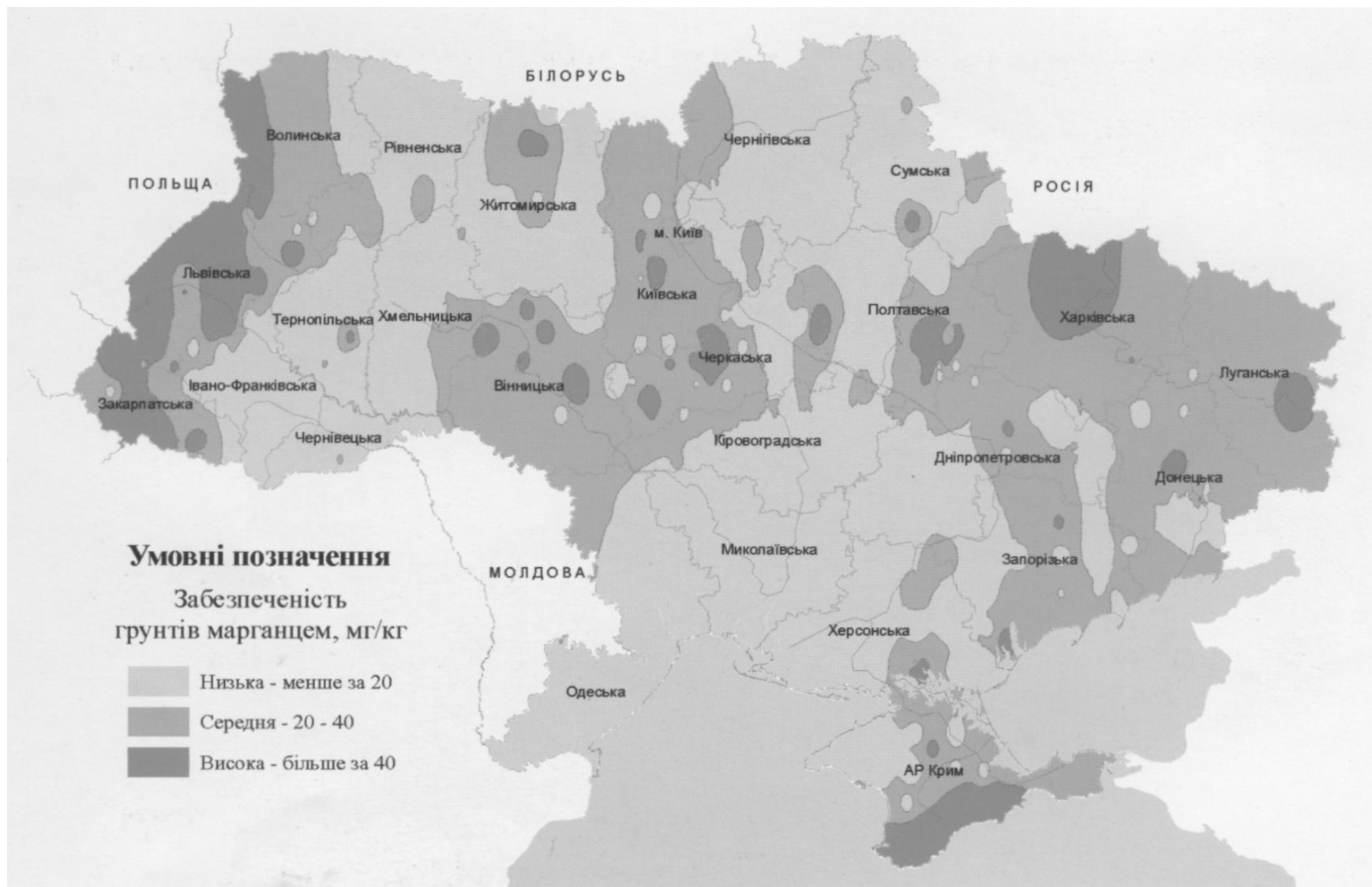


Рис. 15 Картосхема забезпеченості ґрунтів марганцем для рослин високого виносу мікроелементів

Проте автори [15] наводять лише картосхеми. Слід зазначити, що детальні картограми вмісту мікроелементів у ґрунтах України були розроблені ще у радянські часи і на сьогодні потребують уточнення.

Контрольні запитання до глави 4

1. Біогеохімічні провінції.
2. Градації вмісту мікроелементів у ґрунтах.
Картограми вмісту мікроелементів у ґрунтах України.

5. ДІАГНОСТИКА МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

5.1. Класифікація видів діагностики живлення рослин

Зокрема розроблено чимало методів діагностики живлення рослин [5, 8, 9, 10, 16,17, 18, 19, 20] ґрунтова, рослинна, комплексна, дистанційна та ін. (рис. 16). 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.

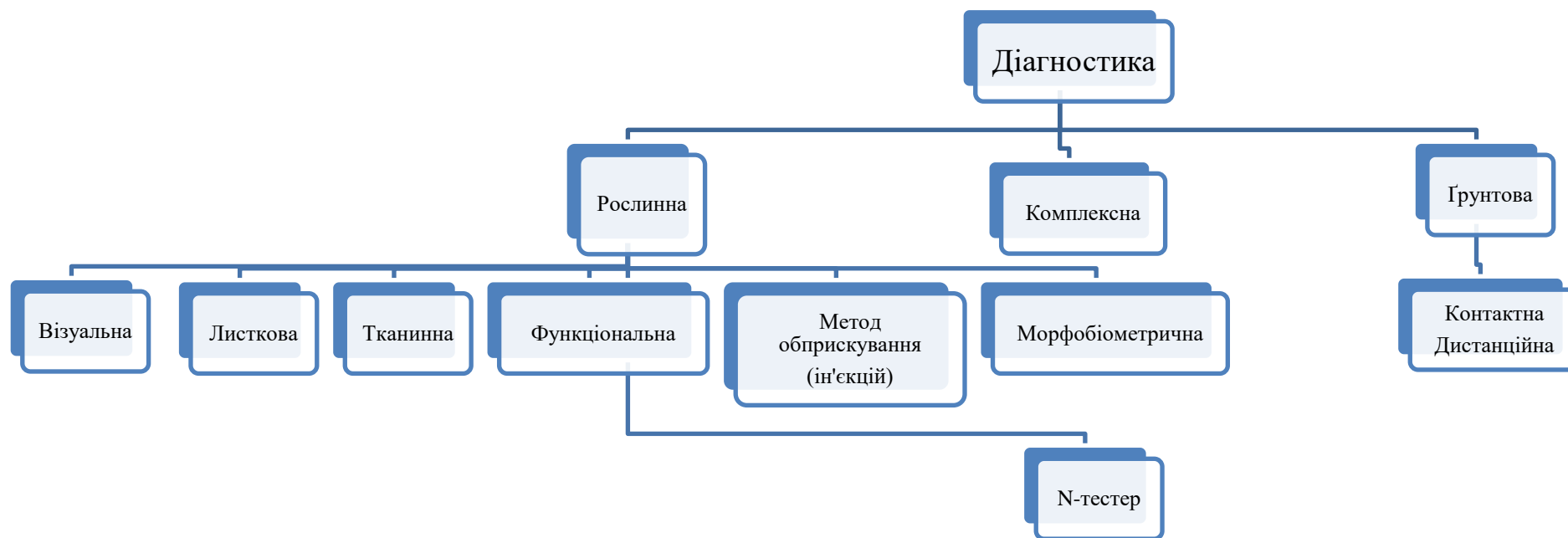


Рис. 16 Види діагностики мінерального живлення рослин

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. 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 позакоренових підживлень у такому випадку втрачає сенс.

В останні роки серед сільгоспвиробників широкої популярності набуває функціональна діагностика]. 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.17) 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.

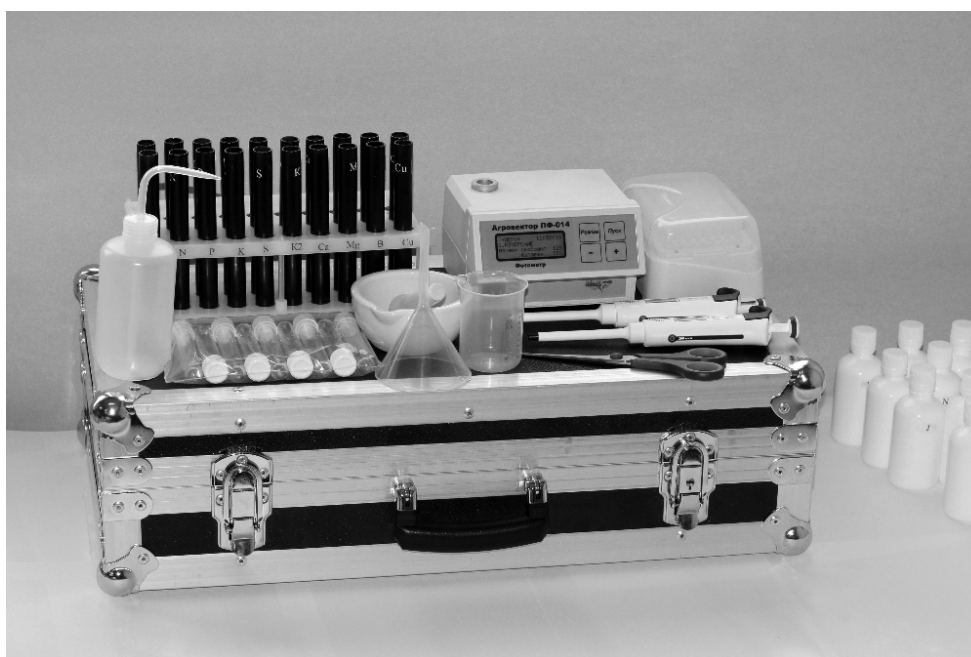


Рис. 17 Портативна лабораторія з функціональної діагностики рослин

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 [6].

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 [4-21].

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.18 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.19). У всіх випадках остання вказувала на нестачу того елемента, який було вилучено із поживної суміші.

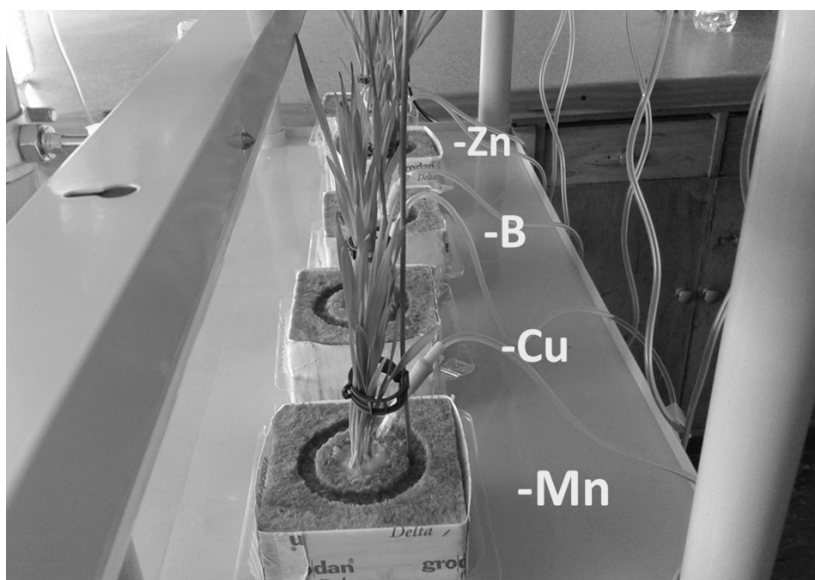


Рис.18 Вегетаційний дослід з ячменем. Метод ізольованих розчинів.

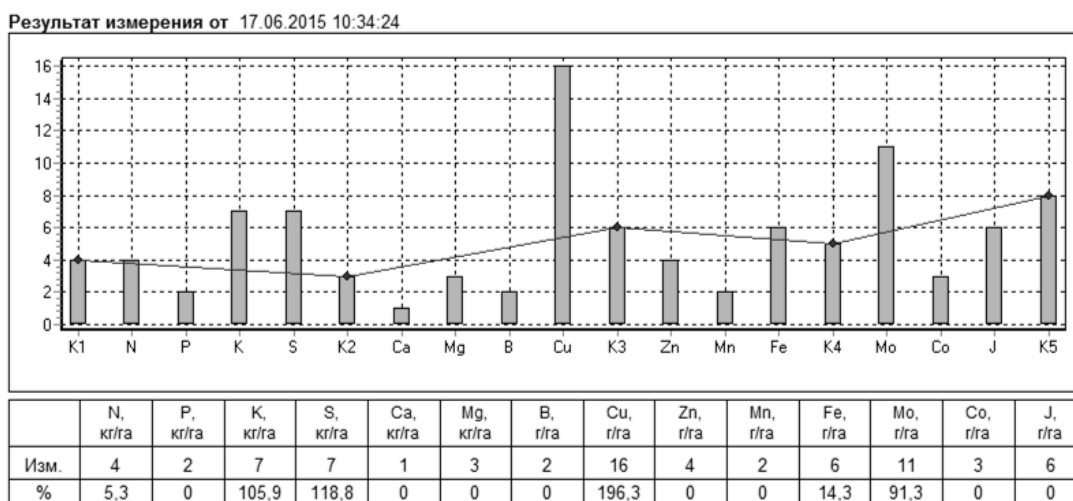


Рис.19 Результати функціональної діагностики ячменю на поживній суміші без Cu: по осі ординат – фотосинтетична активність хлоропластів; по осі абсцис – макро- і мікроелементи, забезпеченість якими визначається. Червона лінія вказує на рівень активності хлоропластів на контролі. Вище червоної лінії – існує потреба у внесенні поживного елемента, нижче – ні.

Широкий спектр досліджень проведено в умовах польових дослідів і виробничих посівів. На рис. 20 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.

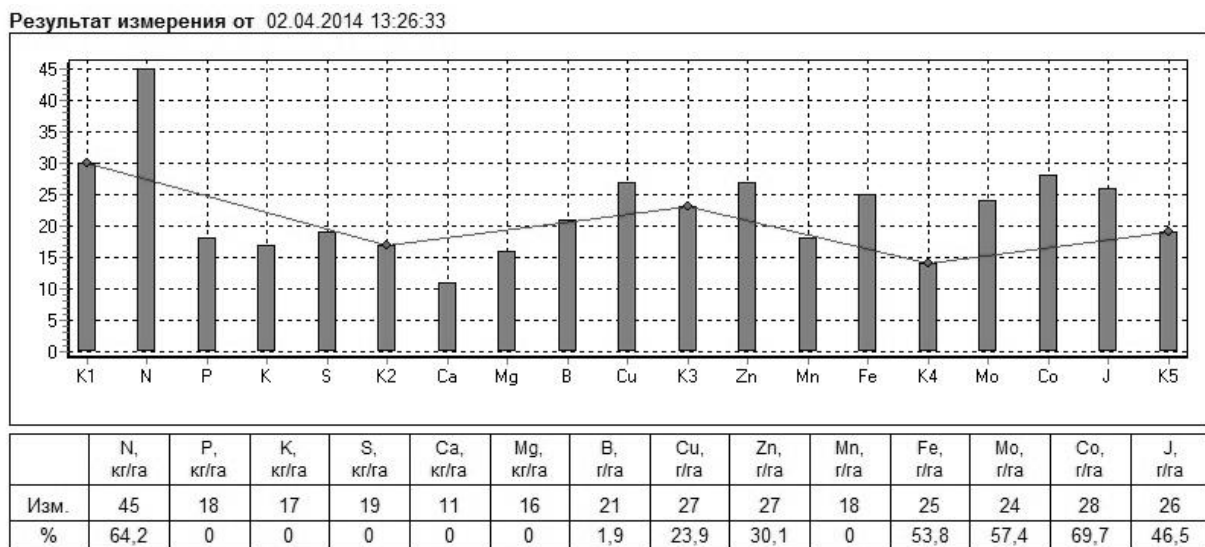


Рис.20 Результати функціональної діагностики посівів озимої пшениці на фоні з низьким умістом мінерального азоту.

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. 21).

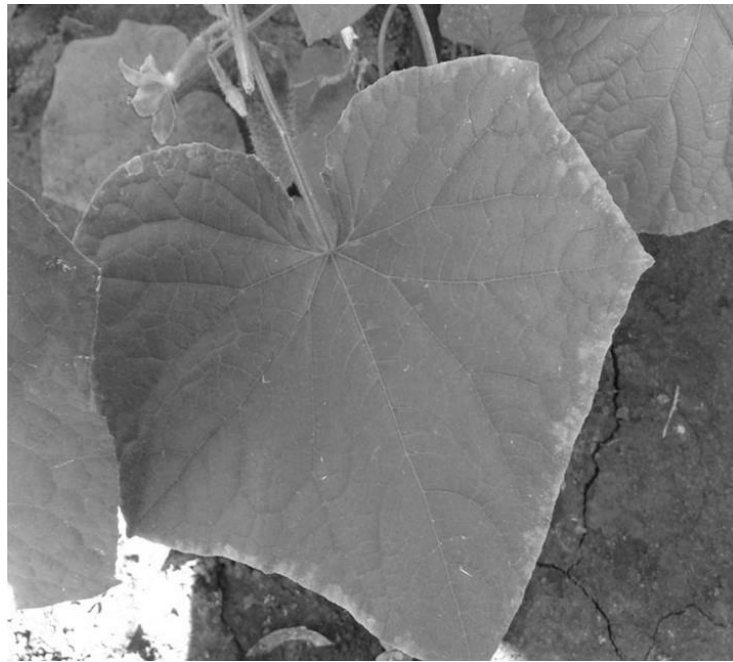


Рис. 21 Крайові опіки листків огірка. Зовнішні ознаки нестачі калію.

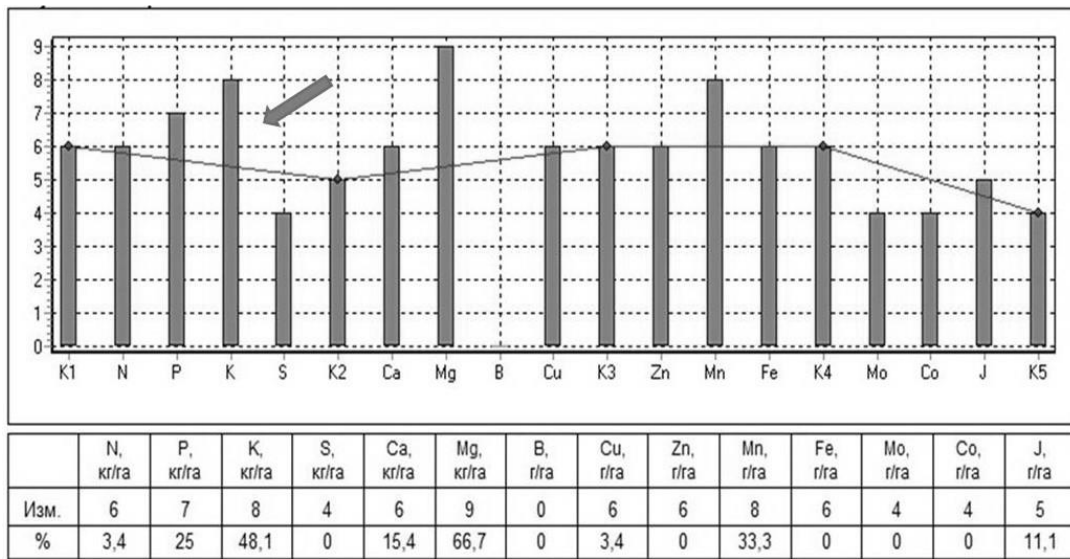


Рис. 22 Результати функціональної діагностики огірка до внесення монофосфату калію

Проведення функціональної діагностики живлення огірка виявило нестачу калію, фосфору, магнію, мангану (рис.22). Внесення монофосфату калію повністю знімало дефіцит фосфору і калію (рис 23).

Роботи із удосконалення методичних аспектів функціональної діагностики живлення рослин постійно продовжуються як в умовах вегетаційних дослідів (рис.24), так і у польовому досліді на штучно створених агрохімічних фонах (рис.25)

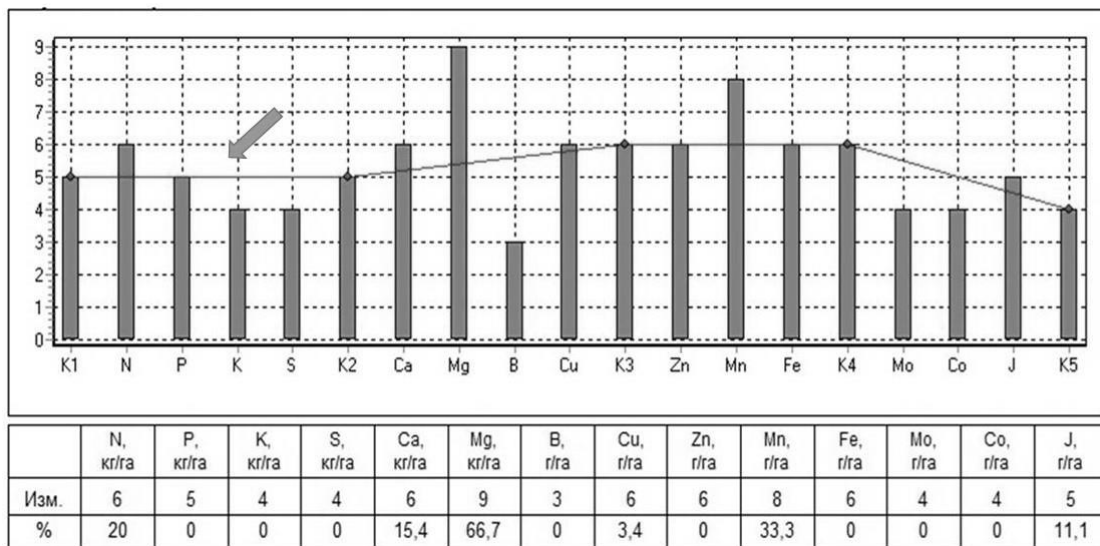


Рис. 23 Результати функціональної діагностики огірка після внесення монофосфату калію

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.

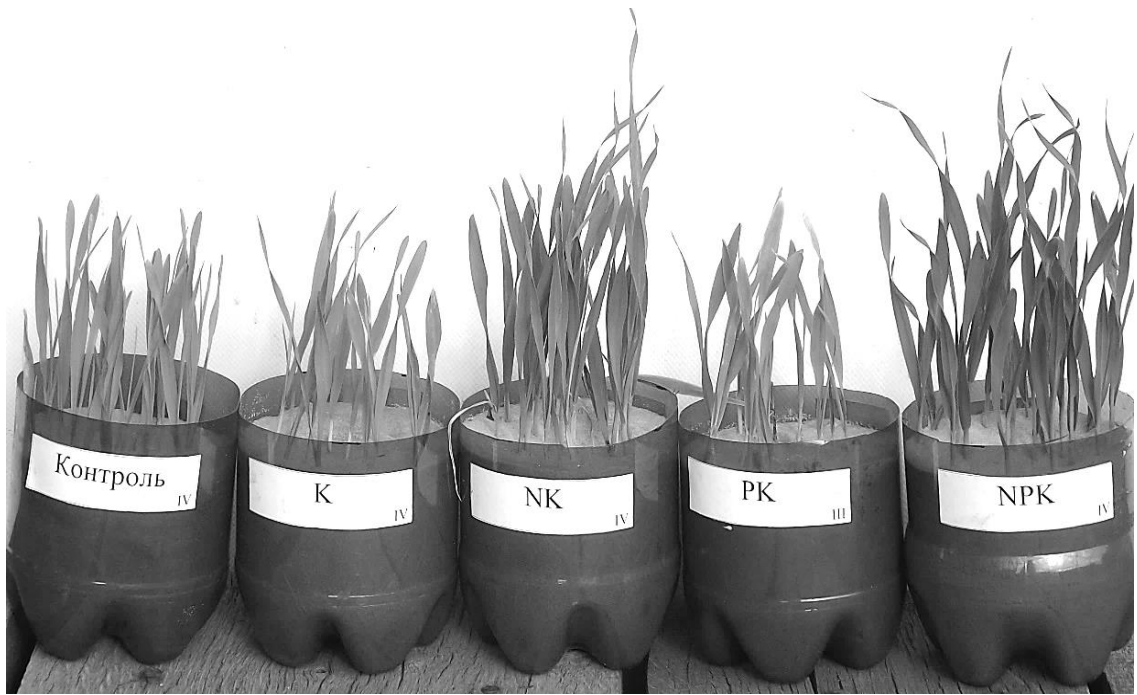


Рис. 24 Вегетаційний дослід із ячменем (піщана культура)

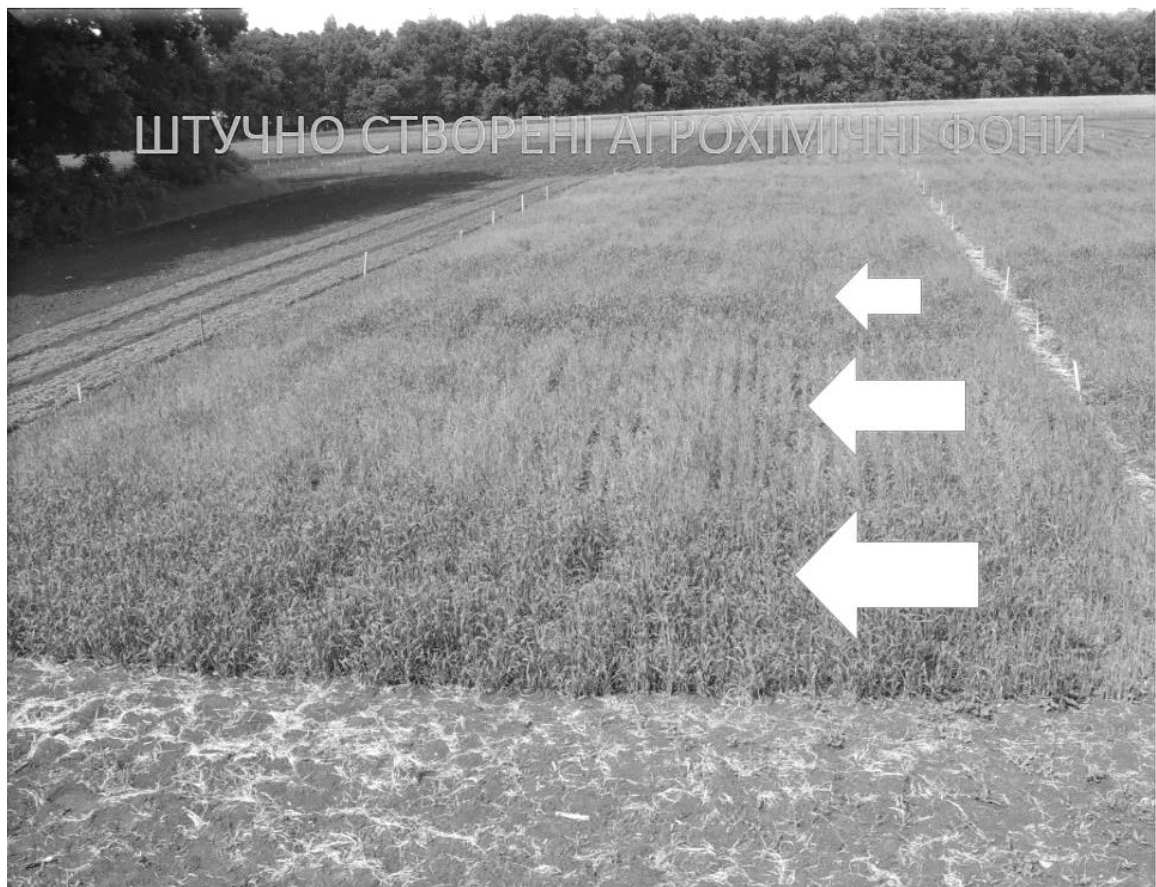


Рис.25 Дослід із штучно створеними агрохімічними фонами

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.26).



Рис.26 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 досконалих 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.

Полеве 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 покриття 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 маркірують. На етикетці вказують адресу господарства, номер сівозміни, поле, культуру, що вирощується, дату і глибину відбору зразка, прізвище аналітика.

При розробці методик агрохімічного аналізу, що використовуються у портативній лабораторії намі узагальнено спеціальну літературу і досвід за останні 30 років як в Україні так і за кордоном [23-33].

Визначення рН_{KCl}

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.

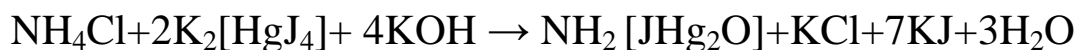
Отримання витяжки з ґрунту для визначення P_2O_5 і K_2O

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 КСl.

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.

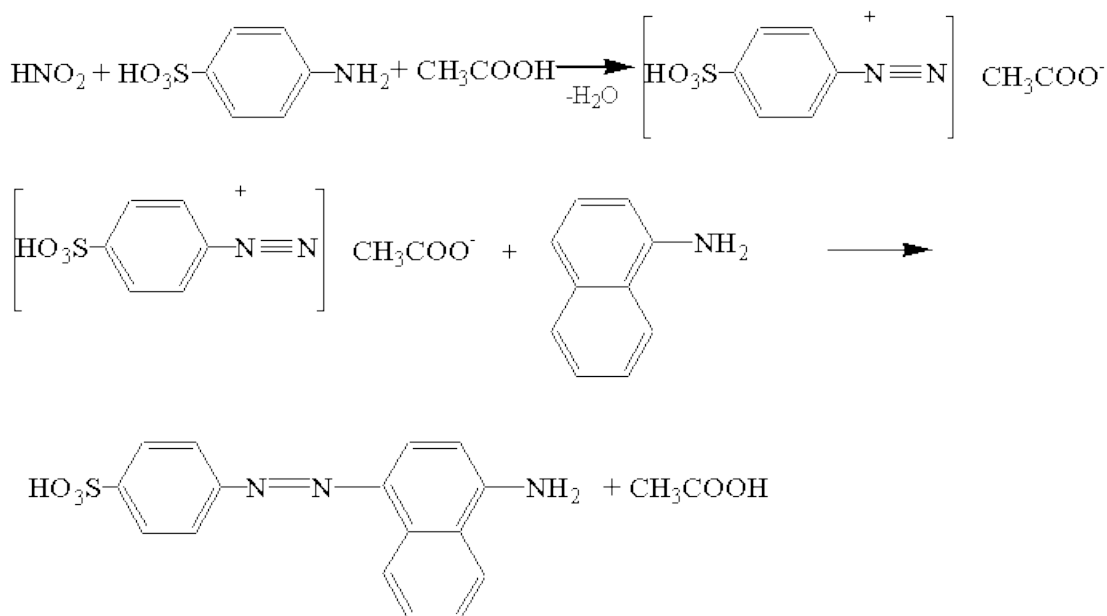
Вимірювання:

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 KCl, 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 альфанафтиламіном у кислому середовищі утворюється азосполука рожево-червоного кольору. Інтенсивність забарвлення пропорційна вмісту у витяжці нітратного азоту.



Реактиви:

1.Розчин 1н KCl.

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 рухомим фосфором, мг/100г ґрунту

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

При забезпеченості рухомим 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% BaCl_2 .

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% BaCl_2 , 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. 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

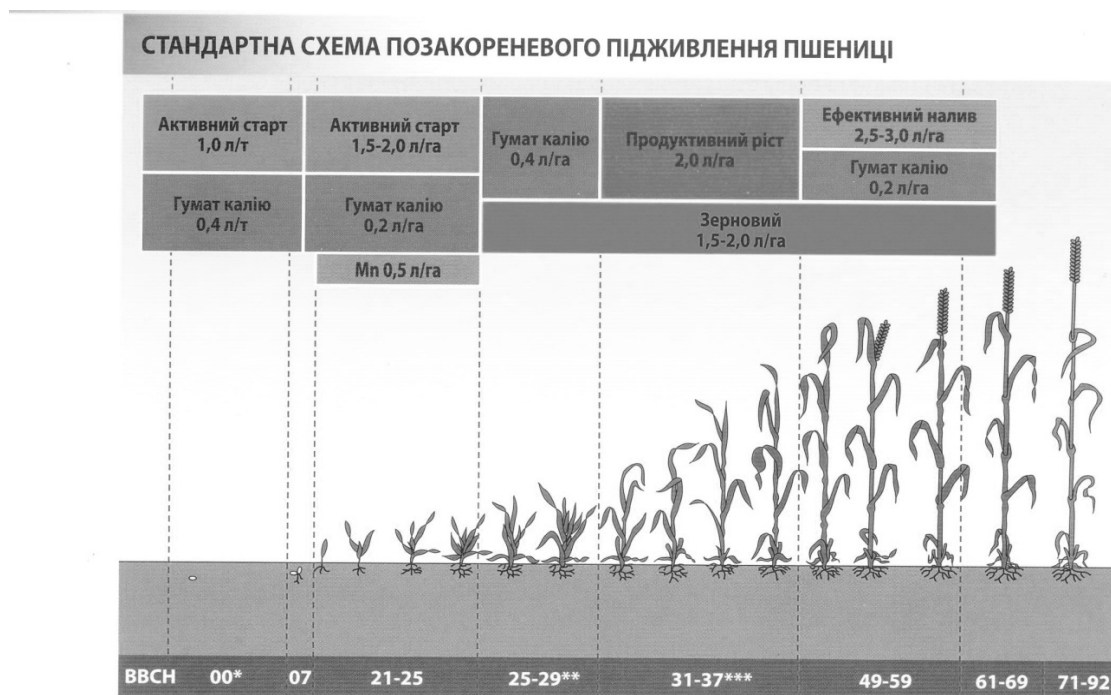
комфортним, що зменшує вірогідність похибок самого аналітика. На наш погляд, найбільш вагомими чинниками, що впливають на об'єктивність отриманих даних і правильне їх використання є природа реагенту для вилучення поживних елементів, обране співвідношення ґрунт : розчин і прийняті градації забезпеченості 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.

Контрольні запитання до глави 5

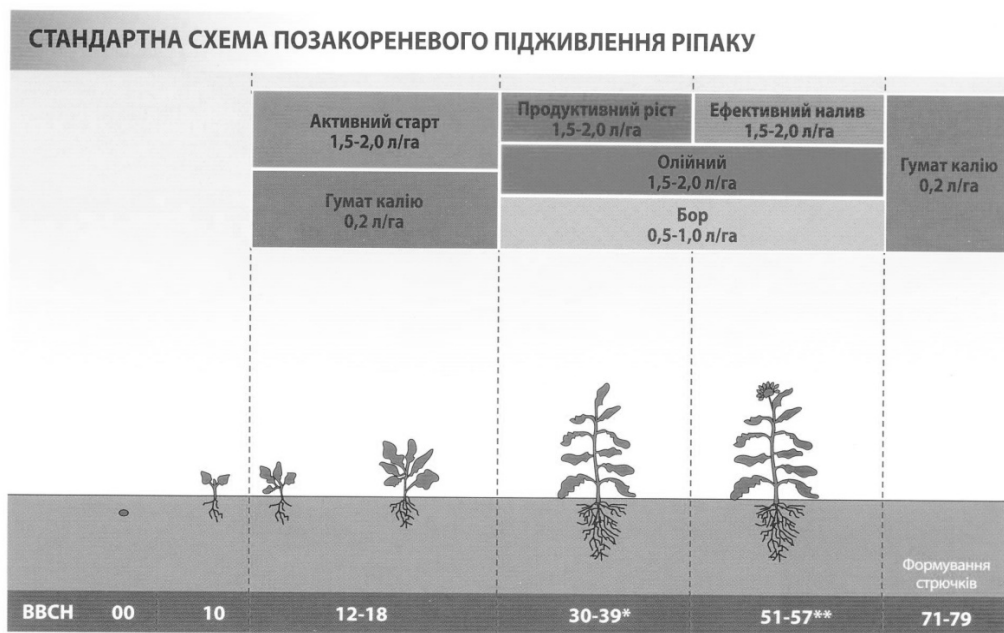
1. Які види діагностики вам відомі?
2. Назвіть недоліки ґрунтової діагностики.
3. Що являє собою функціональна діагностика живлення рослин?
4. Які явища покладено до основи функціональної діагностики?
5. Які прилади використовують для проведення функціональної діагностики?
6. Назвіть переваги функціональної діагностики мінерального живлення рослин.
7. Назвіть методики, за яких визначають вміст рухомих форм азоту у ґрунті.
8. Назвіть методики визначення вмісту рухомого фосфору у ґрунті.
9. Назвіть методики визначення вмісту рухомого калію у ґрунті.

6. ОПТИМІЗАЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

6.1. Оптимізація мінерального живлення рослин шляхом проведення позакоренових підживлень



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.

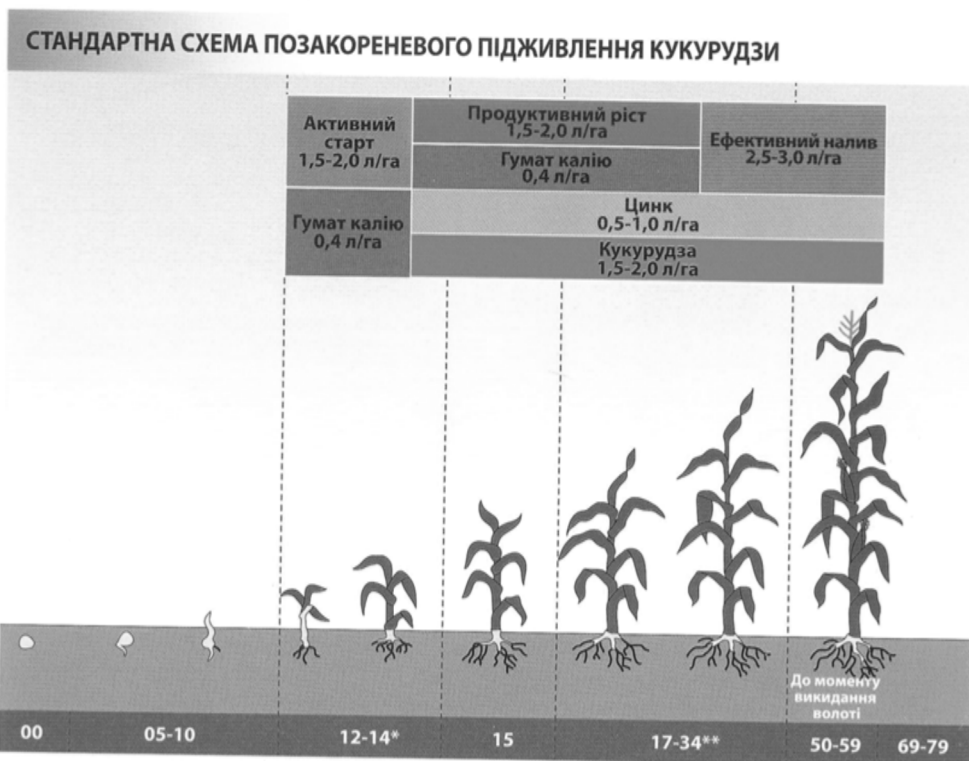


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 27 Схеми підживлення пшениці і ріпаку



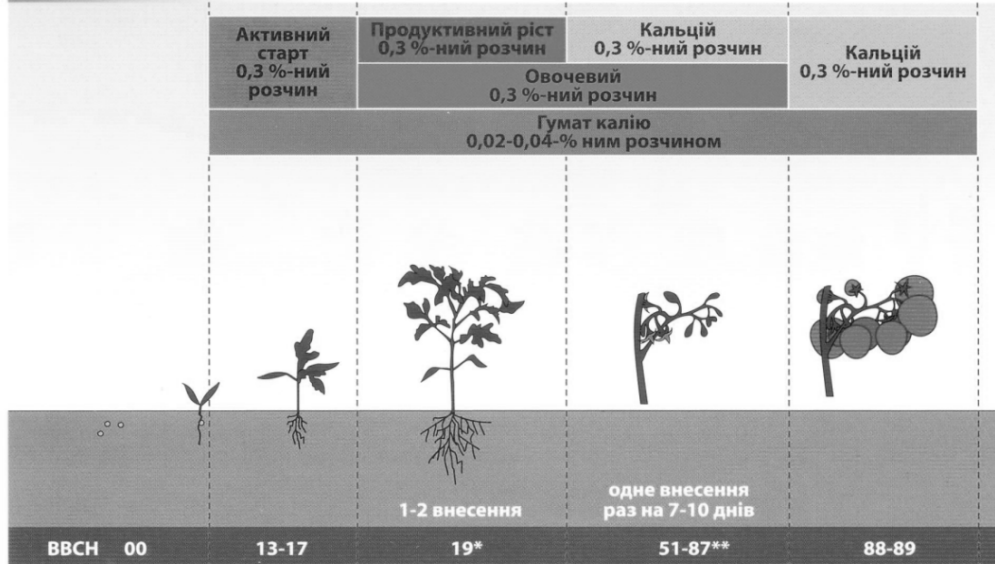
Примітка: * ** – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елементу живлення.



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

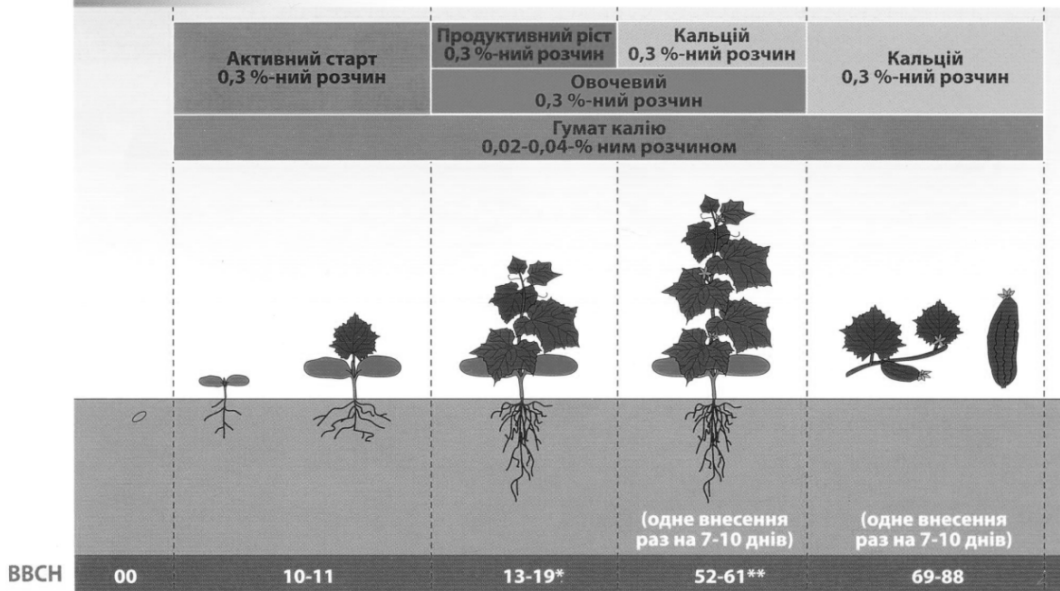
Рис. 28 Схеми підживлення соняшнику і кукурудзи

СТАНДАРТНА СХЕМА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ТОМАТІВ



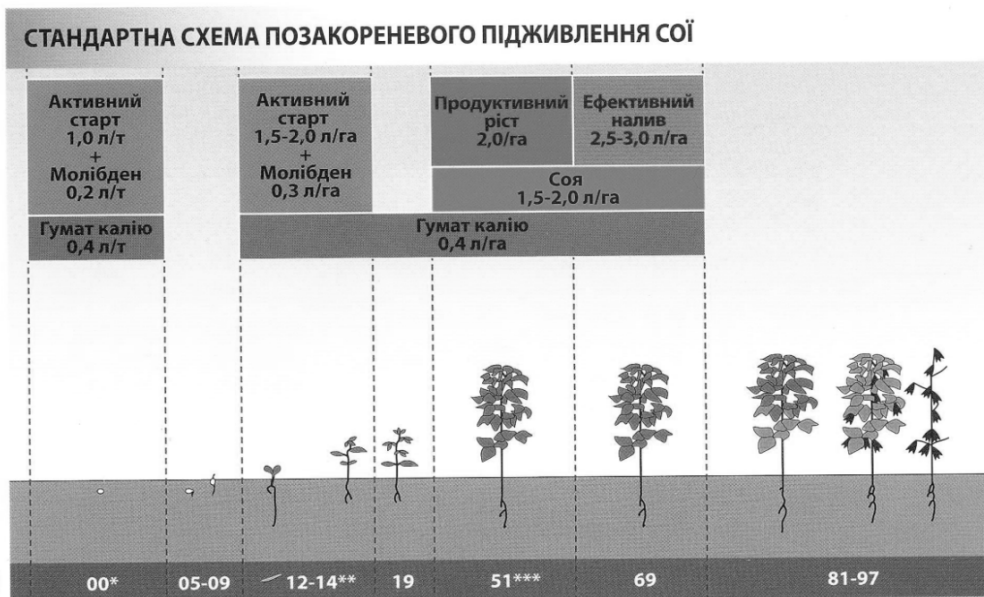
Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

СТАНДАРТНА СХЕМА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ОГІРКІВ

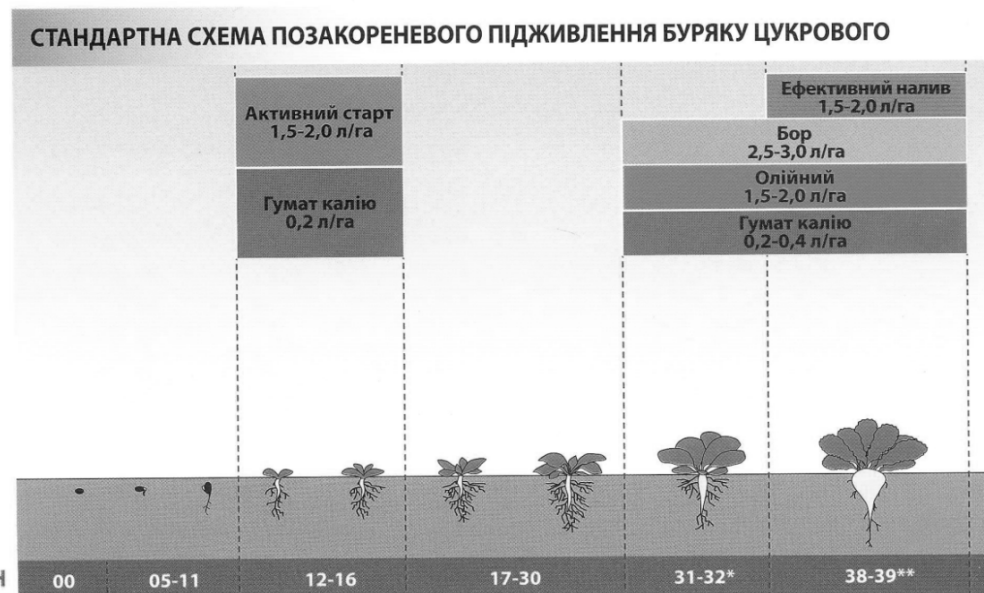


Примітка: * **) – обробку моно компонентними добривами Ярило (Сірка +, Залізо, Марганець, Цинк, Мідь) рекомендовано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.

Рис. 29 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) рекомендувано проводити за дефіциту відповідного елемента живлення.



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

Рис. 30 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 іновативних рішень є сайти компаній – виробників добрив, агрохімічного обладнання, міжнародні аграрні виставки, семінари, наради, конференції.

6.2. 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 позакореневих 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 бездошового 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 мікродобрив (табл.8 - 9). 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).

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

Діюча речовина	Період напіврозпаду при різних рівнях рН				
	рН 5	рН 6	рН 7	рН 8	рН 9
<i>ацефат</i>	40 днів	—	46 днів	—	16 днів
<i>карбарил</i>	—	125 днів	24 дня	2,5 дня	1 день
<i>диазинон</i>	31 день	—	185 днів	—	136 днів
<i>дикамба</i>	с	с	н	н	н
<i>диметоат</i>	—	12 годин	—	—	48 хвилин
<i>малатион</i>	—	8 днів	3 дня	19 годин	—
<i>пакват</i>	с	с	с	н	н
<i>трифлуралин</i>	с	с	с	с	—

с — стабільний, *н* — нестабільний

9. 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	

10. рН та ефективність фунгіцидів

Діюча речовина	Оптимальний рН	Період напіврозпаду
гліфосат	3,5-4,0	Нестабільний при рН вище 7
МЦПА	5,0	рН 7 = 3-4 год, рН 8- розклад повний
Глюфосинат амонію	5,5	Нестабільний при рН вище 7
Дикват	5,0	Нестабільний при рН вище 7
Фенмедифам	5,5- 6,5	рН 7 = 5 год, рН 8- 10хв
Десмедифам		рН 8 = 12 хв
Флуміоксазин	4,0-5,0	рН8 -15 хв
Пендиметалін	6,0-7,0	

11. Класифікація води по жорсткості

Нім. градус (° dH)	ppm CaCO ₃	характеристика
0—4°	0—70 ppm	дуже м'яка
5—8°	70—140 ppm	м'яка
9—12°	140—210 ppm	середньої жорсткості
13—22°	210—320 ppm	жорстка
23—34°	320—530 ppm	дуже жорстка

Кількість солей у воді можна визначити шляхом випаровування і зважування сухого залишку. На сьогодні вміст солей визначають за допомогою кондуктометрії (SALT, ppm).

Звичайно оцінку кількості розчинних солей проводять за електропровідністю (ЕС). Оптимальним рівнем електропровідності вважається 0,3-0,7 mS/см. Слід зазначити, що бікарбонати при концентрації понад 500 мг/л знижують ефективність гербіцидів на основі 2,4-Д. Більшість гербіцидів знижує свою ефективність при жорсткості понад 8^0 (4 ммоль/л).

Для оптимально засвоєння поживних речовин із мікродобрив рівень рН робочого розчину повинен бути у діапазоні 6,0-6,5.

У випадках коли рН води перевищує 7,0 слід використовувати покращувачі води. На сьогодні промисловість випускає як власне покращувачі води, так і добрива з підкислюючим ефектом, наприклад, «контроль DMP (CONTROL DMP), виробник Valagro, Італія.

Склад добрива:

Азот

w/w – 3%

Амідний

w/w – 3%

Фосфор (P_2O_5)

w/w – 17 %

Фізичні властивості: рідина червоного кольору, $d = 1,16 \text{ г/см}^3$, рН (1% водний розчин) -2,15; кондуктивність при 18^0 C – 0,79 mS/см; точка кристалізації – 5^0 C .

Контроль DMP діє як дисперсант, дозволяє досягти сумісності різних препаратів, є підкислюючим добривом з поверхнево-активною дією. За його допомогою можна довести рН розчину до оптимальних значень (пом'якшити воду). Для пом'якшення води слід додати в неї «Контроль DMP». Витрати залежать від рН, жорсткості і бажаного рівня кислотності. Так, для зниження рН з 8 до 6,5 рекомендується розчинити 80-100 мл препарату на 100 л води.

Гарні буферні властивості має добриво Вуксал Рмах. Воно нейтралізує рН робочого розчину, що гарантує оптимальну дію засобів захисту рослин. Виробник Unifer, Германія. На ринку препарат представлено як формуляцію добрива-суспензії з високим вмістом фосфору та цинку для застосування на польових, овочевих і плодкових культурах. Склад Рмах, г/л: N – 150; P₂O₅ – 450; B – 0.29; Cu – 0.72; Fe – 1.45; Mn – 0.72; Mo – 0.014. Катіони мікроелементів Cu, Fe, Mn, Zn повністю хелатовані ЕДТА.

Додавання 20 мл Вуксалу Рмах на 100 л води (0,02%) нейтралізує кислотність робочого розчину до рН = 7.

На ринку засобів захисту рослин можна придбати препарат X-Change (рис. 31).

Що дає застосування X-Change?

1. Пом'якшення води

При додаванні в воду перед заправкою пестицидами Ікс-Чейндж пов'язує наявні в воді вільні катіони. Завдяки чому підвищується ефективність роботи пестицидів, а також поліпшується розчинення порошкових препаратів і мікродобрив.



Рис. 31 Препарат X- Change

2. Контроль рівня рН

X-Change знижує рН робочого розчину приблизно до рівня 5.0 (але не нижче 4,6 навіть при випадковому передозуванні), що створює оптимальні умови для роботи пестицидів, а також проведення підживлення мікродобривами.

3. Зменшення випаровування

Завдяки вмісту зволожуючих добавок X-Change запобігає швидкому випаровуванню робочого розчину. Це сприяє підвищенню ефективності пестицидів за рахунок кращого засвоєння їх рослиною.

4. Контроль піноутворення

X-Change гарантує контроль за утворенням піни та мінімальні втрати часу через піноутворення. Це також сприяє кращій стабільності порошкоподібних пестицидів, мікродобрив та ін.

6.3. Внесення мікродобрив 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 [2]. 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 ($1,4 \text{ кг/дм}^3$)

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

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.12).

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.

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

де 200 – кількість KCl

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

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

Температура, °С	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 45°C, 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.13)

13. 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 [11]. До речі такі співвідношення взяті до основи і нових рідких форм добрив.

Співвідношення 1:1:1 найбільше підходять для удобрення зернових культур. На грунтах, 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⁻).

14. 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.15 наведена кількість мікродобрив для спільного використання із суспензією 13:13:13.

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

Солі 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

6.4. 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.32). Контролер миттєво виставляє потрібну дозу.



Рис.32 Бортові комп'ютери Amatron і Hydro, а також контролер курсу в кабіні трактора

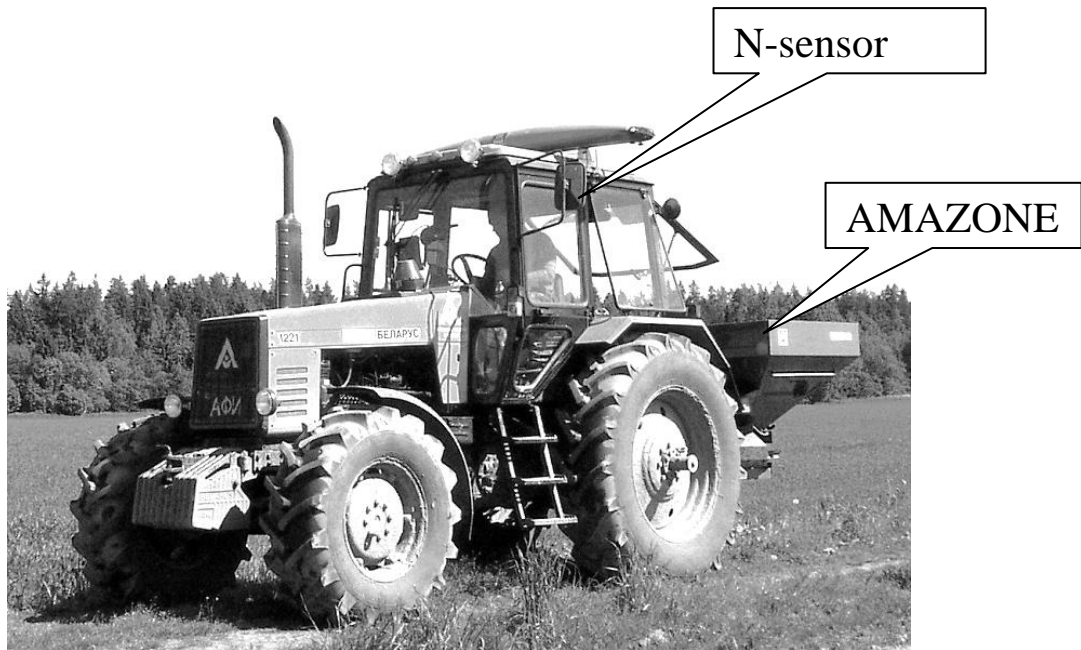


Рис. 33 Агрегат для внесення добрив у режимі on-line

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. 34).

Такий комплекс включає: автомобіль; автоматизований пристрій для відбирання ґрунтових проб; супутникову систему позиціонування; бортовий комп'ютер; програмне забезпечення. Бортний комп'ютер автоматизованого комплексу дозволяє у польових умовах створювати електронний контур поля, визначати точки відбирання ґрунтових проб і навігацію по цим точкам.



Рис. 34 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 намолоту зерна і бортового комп'ютера встановленого на комбайні Class Dominator. Такі карти дозволяють оператору визначити на полі "проблемні" ділянки (із низькою урожайністю).

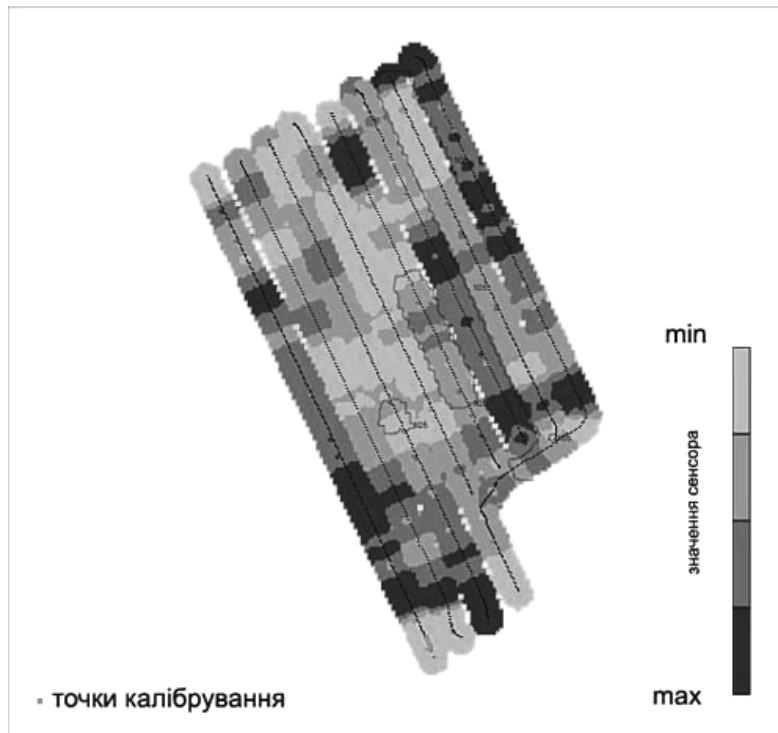


Рис 35 Карта урожайності

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. 36)

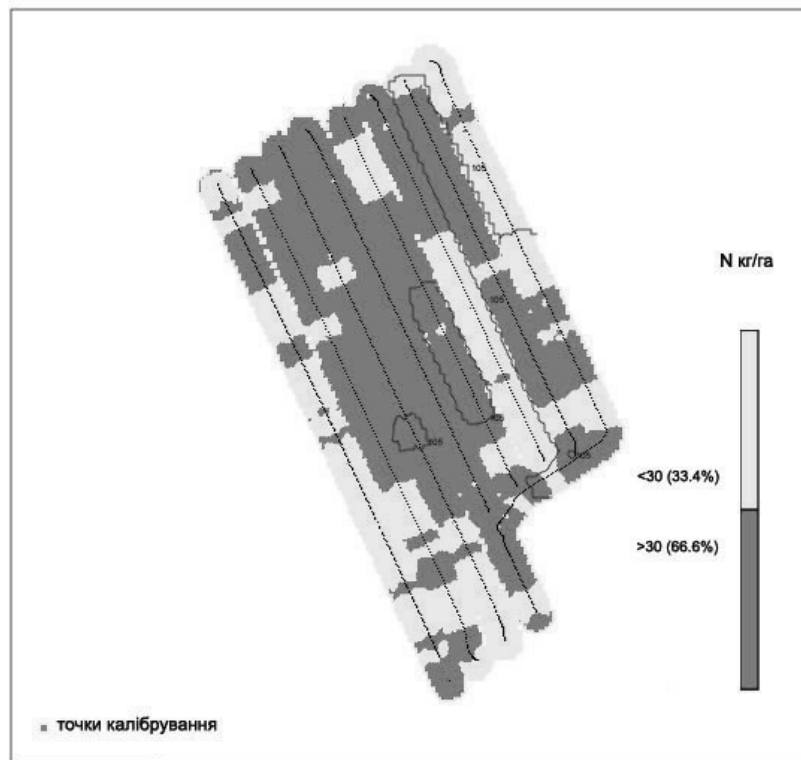


Рис. 36 Карта внесення добрив

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. Така технологія забезпечує мінімальні витрати коштів на прецизійне екологічнобезпечне внесення добрив.

Контрольні запитання до глави 6

1. Наведіть технологію підживлення озимої пшениці. Правила приготування бакових сумішей.
2. Правила, яких слід дотримуватися при обприскуванні посівів.
3. Як покращити якість води?
4. Що являє собою технологія внесення добрив у режимі on-line.
5. Що являє собою технологія внесення добрив у режимі of-line.

7. 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 приходиться 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 відкриванням 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 протеїнази. 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 органи 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 (гербіциди, 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 мікроелементів 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 рiстактивуючих ферментів. Американська компанія Stoller широко рекламує і продає в Україні фітогормональні антистресанти.

16. Участь мікроелементів у формуванні загальної стресостійкості рослин

Процес	Mn	Cu	Zn	B	Fe	Mo	Co	Ni
Біосинтез фітогормонів		+	+	+		+	+	
Кофактори антиоксидантних ферментів	+	+	+		+	+	+	+
Регуляція продихів	+		+	+		+		
Біосинтез кутикулярних 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.37).

Рослини постійно піддаються впливу стресів навколишнього середовища, які негативно впливають на ріст і розвиток та викликають втрати врожаю

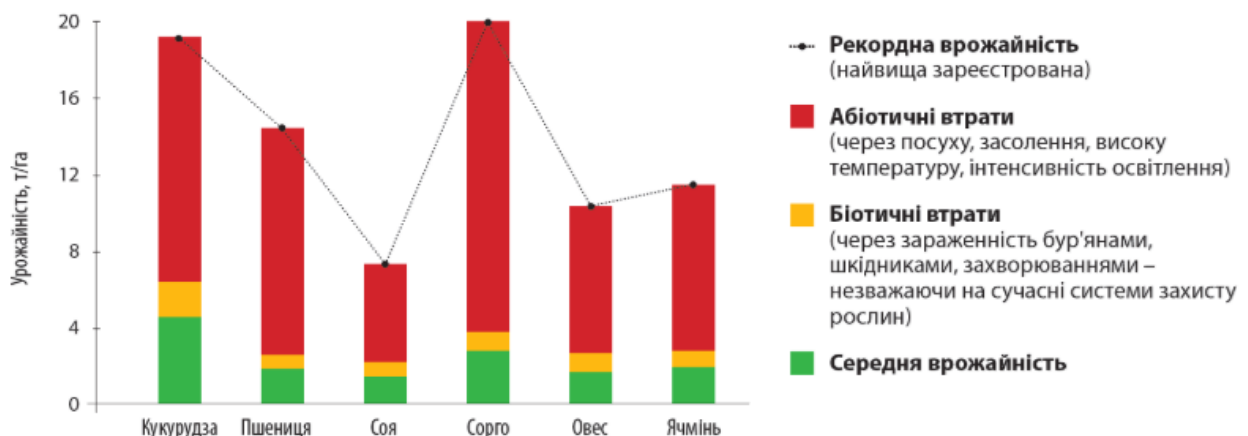


Рис.37 Зниження урожайності сільськогосподарських культур під дією абіотичних і біотичних стресів (Buchanan Gruissem & Jones 2000)

Втрати урожаю від впливу абіотичних і біотичних стресорів є дійсно вражаючими і у ряді випадків можуть досягати 50 і більше відсотків.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Зовнішні ознаки нестачі мікроелементів



Ознаки нестачі сірки у ріпаку



Ознаки нестачі азоту у яблуні



Ознаки нестачі азоту у вишні



Ознаки нестачі азоту у груші



Ознаки нестачі фосфору у черешні: фіолетове забарвлення листків



Ознаки нестачі фосфору у полуниці



Ознаки нестачі калію у черешні



Ознаки нестачі калію у груші



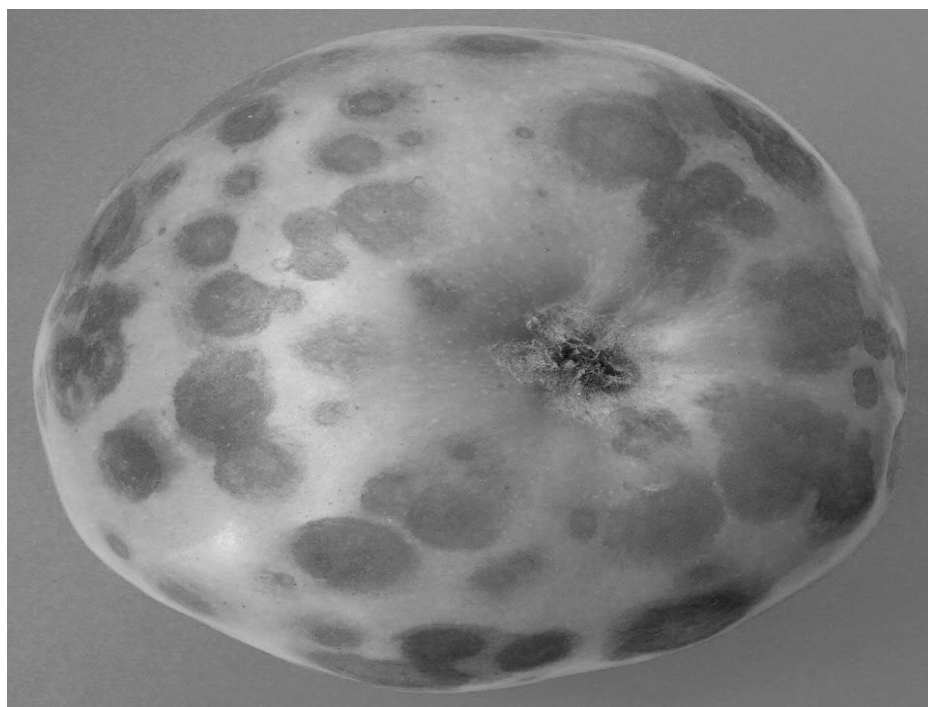
Ознаки нестачі калію у полуниці



Ознаки нестачі магнію у черешні: міжжилковий хлороз,
що швидко переходить у некроз



Прояв ознак нестачі магнію у груші



Прояв ознак нестачі кальцію на яблуках



Поява тріщин у яблук обумовлена нестачею кальцію



Поява тріщин у плодах черешні обумовлена нестачею кальцію



Хлороз верхівки пагонів обумовлений нестачею заліза



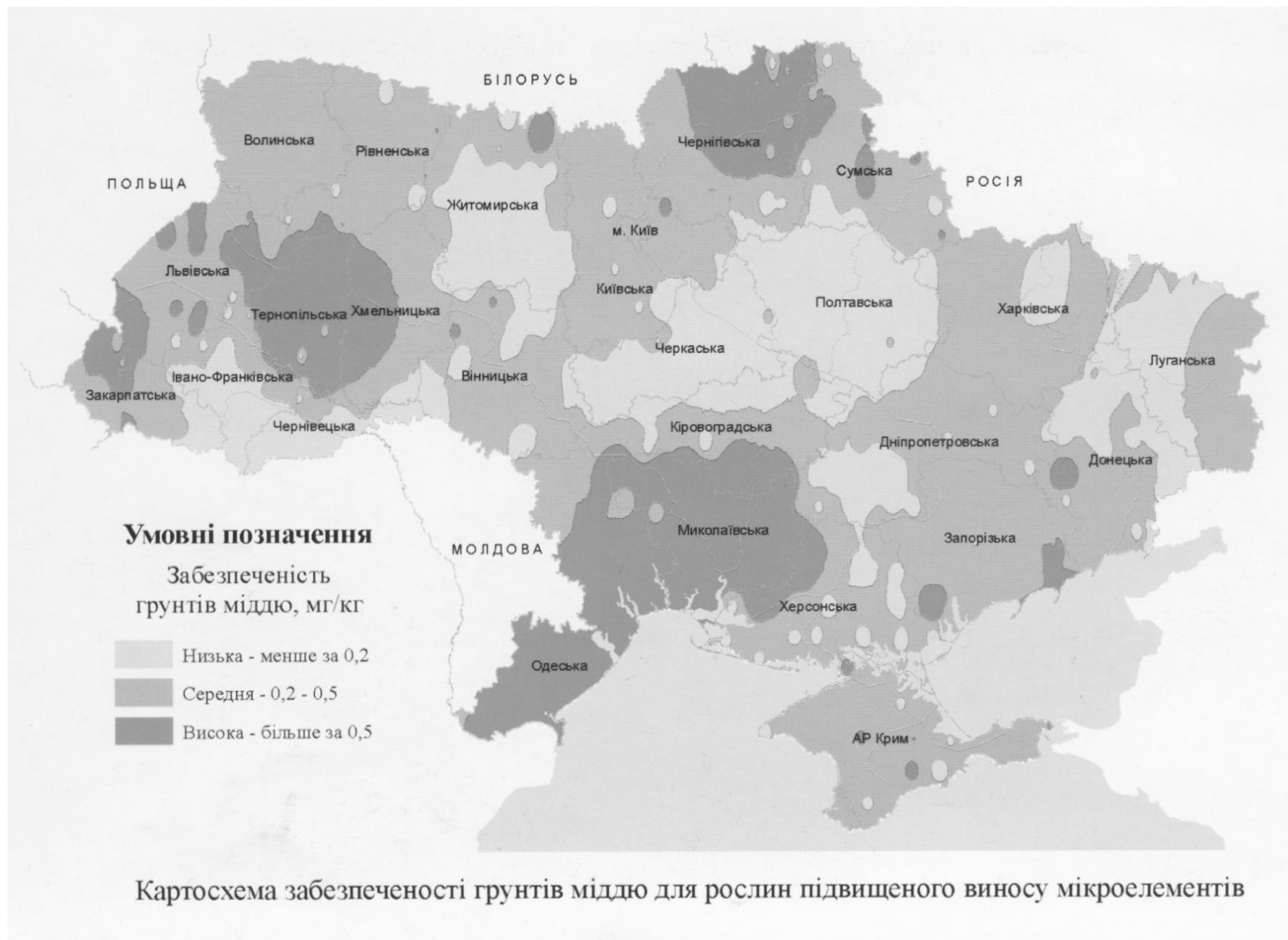
Прояв нестачі заліза на полуниці

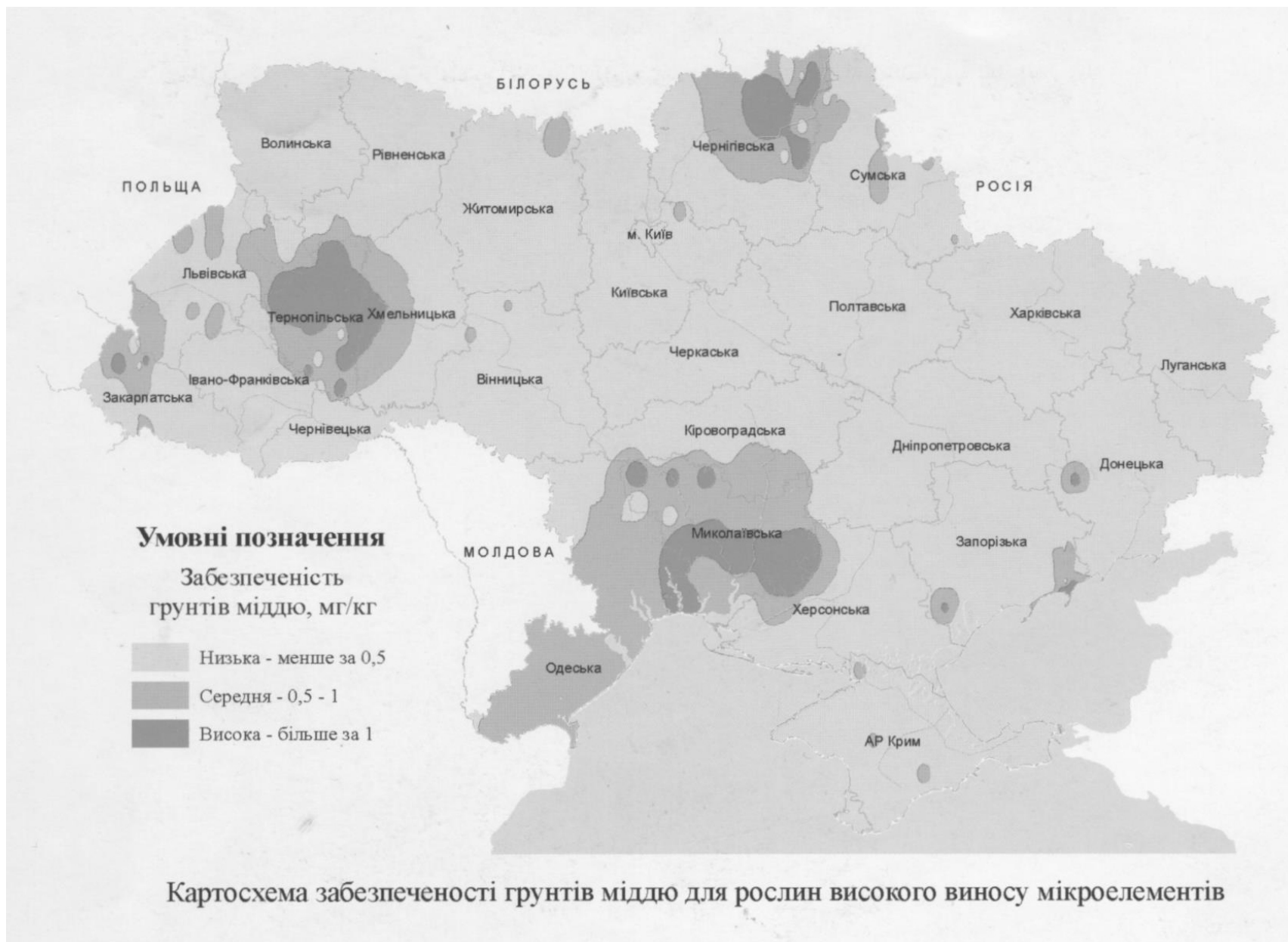


Ознаки нестачі цинку, що проявляються у розеточності
(скорочення міжвузля) і хлорозі верхівок пагонів

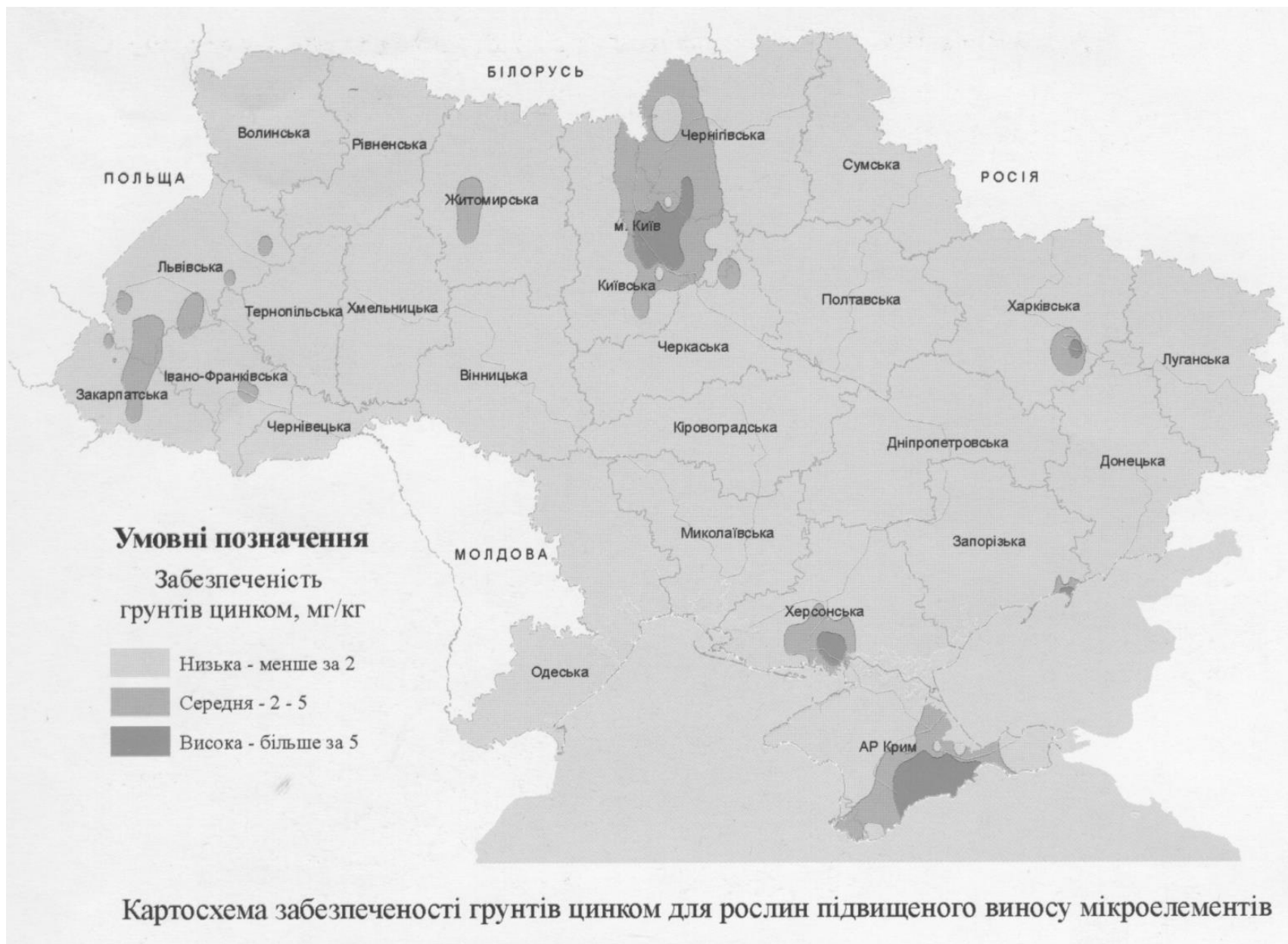
Джерело: презентація компанії ЕКОПЛОН



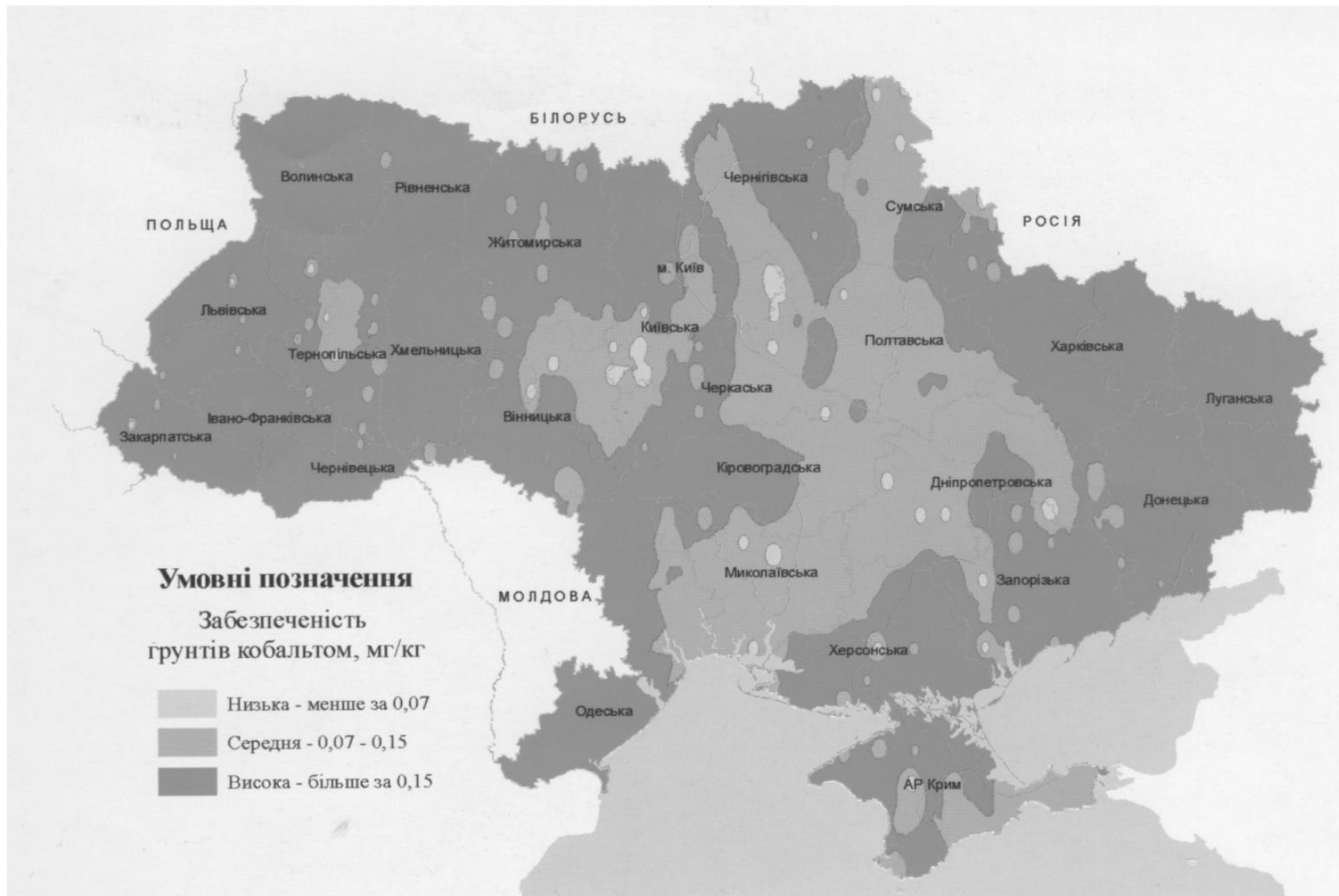




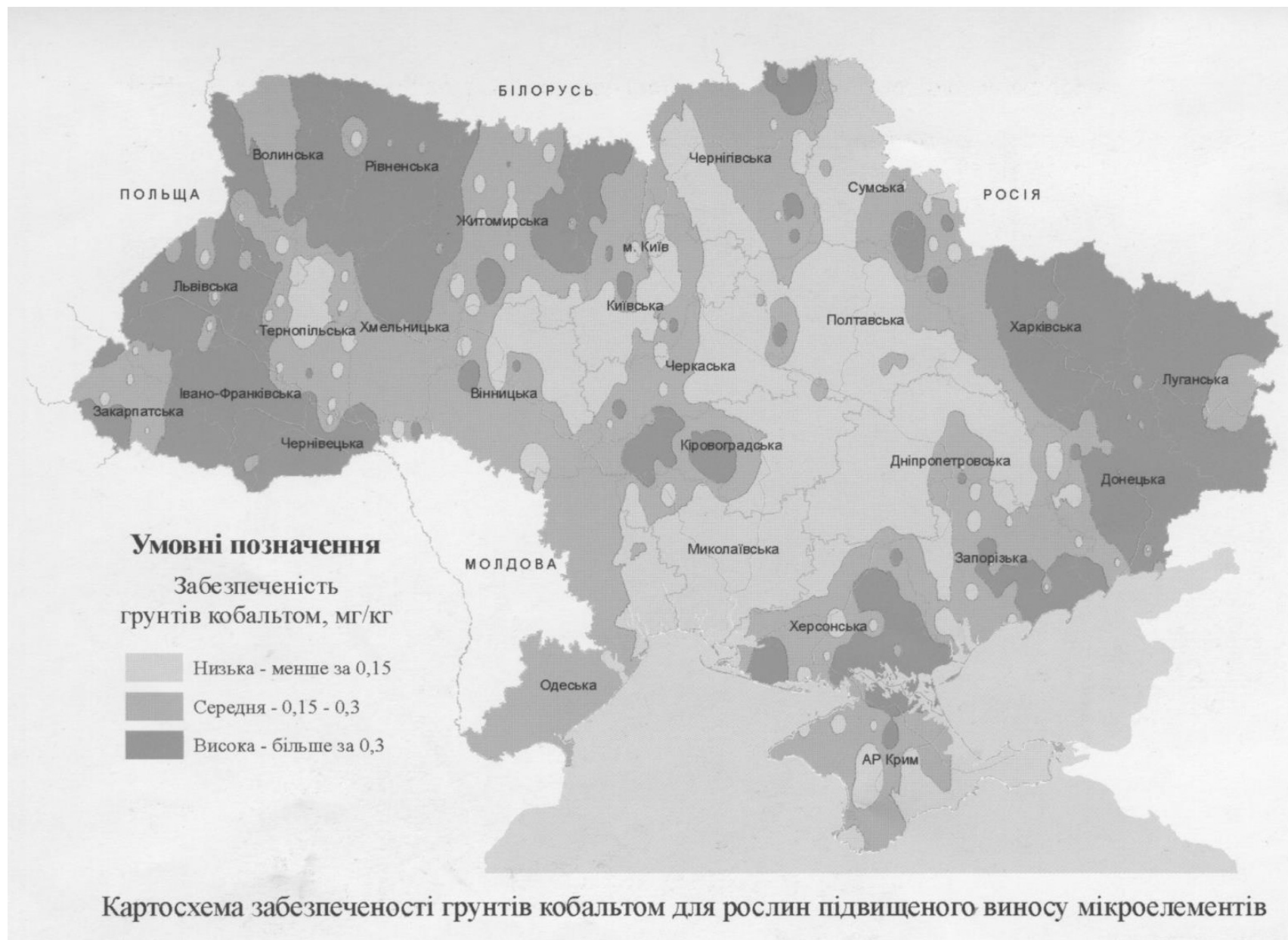






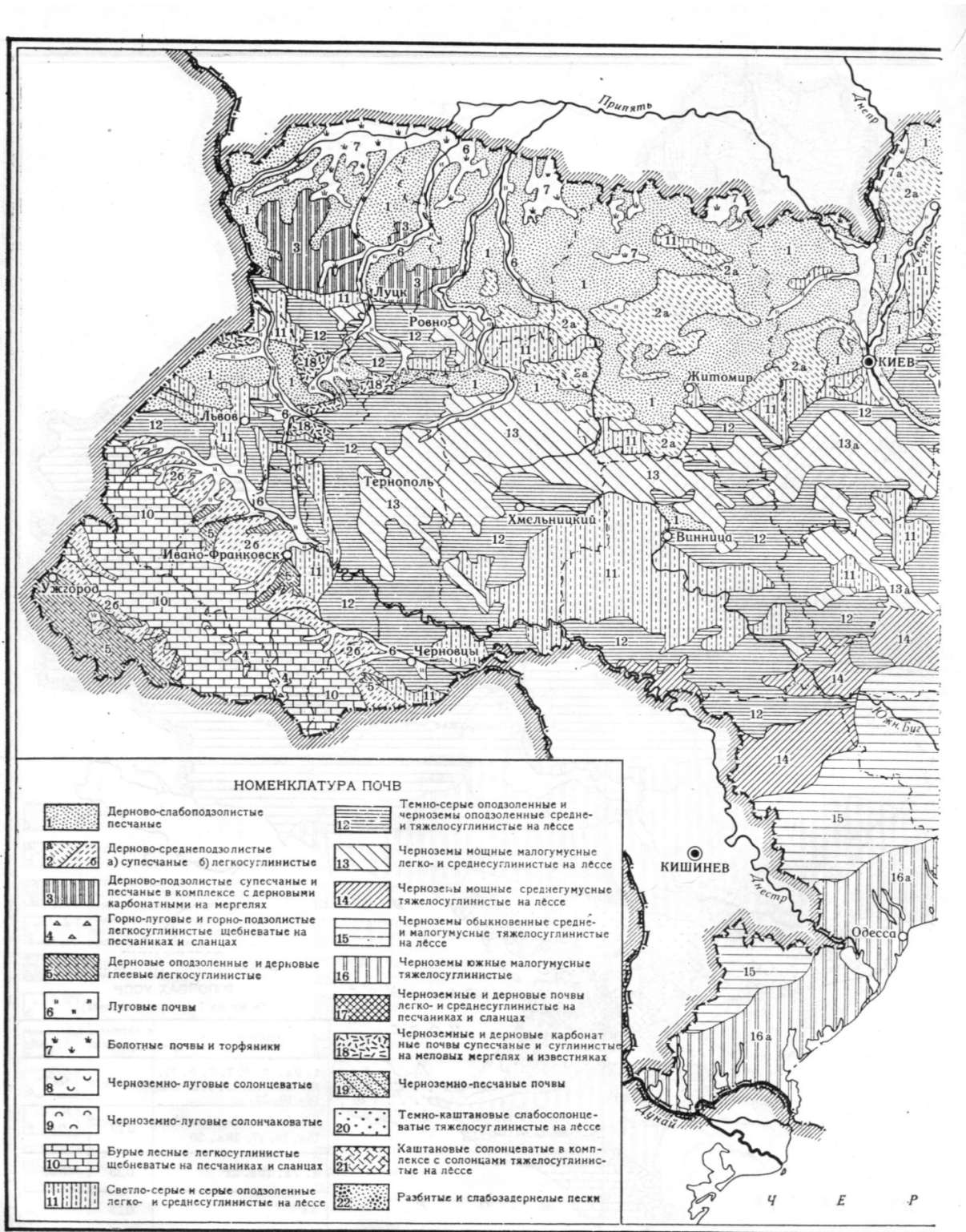


Картосхема забезпеченості ґрунтів кобальтом для рослин невисокого виносу мікроелементів

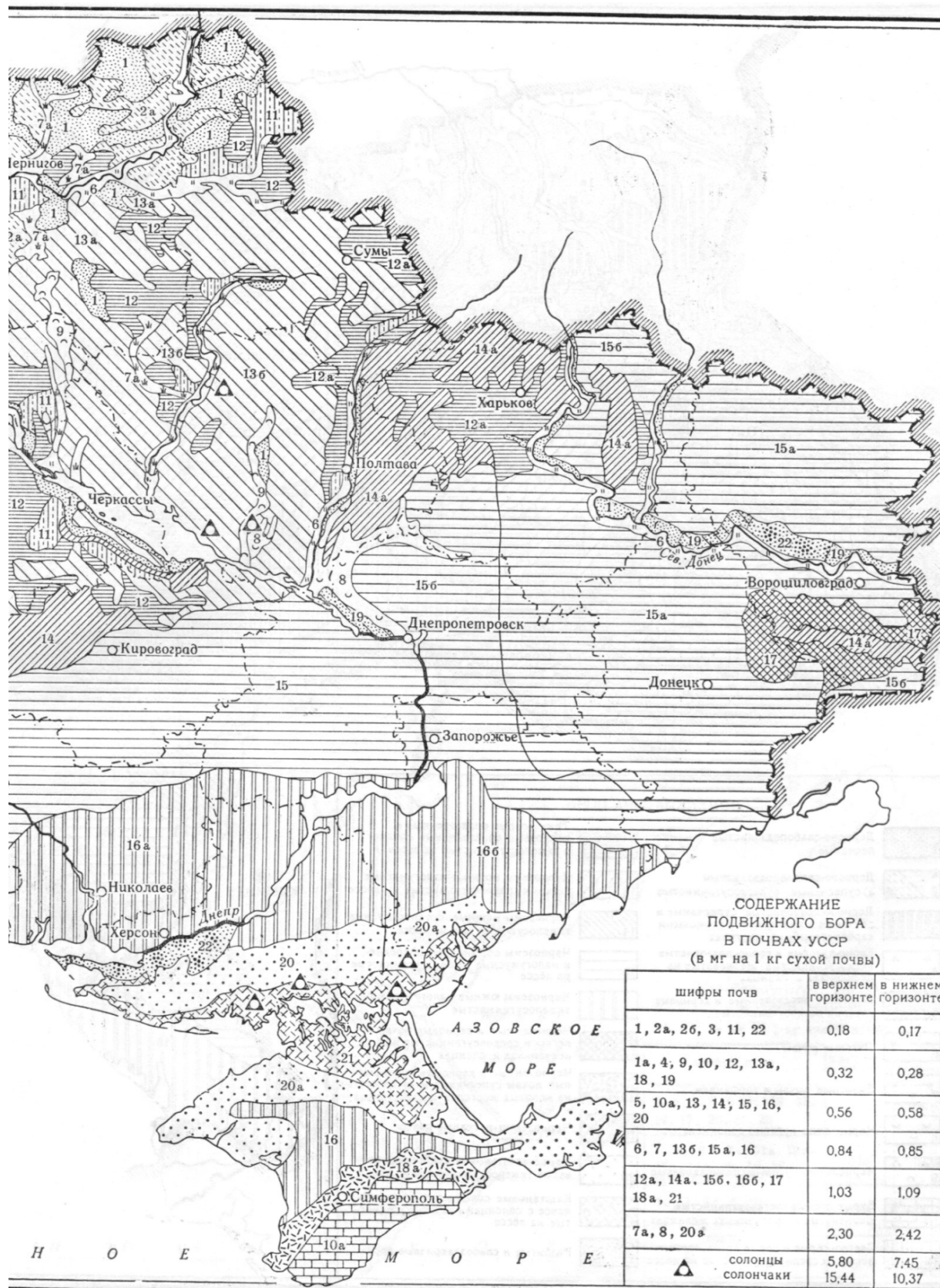




Картограми вмісту рухомих форм мікроелементів

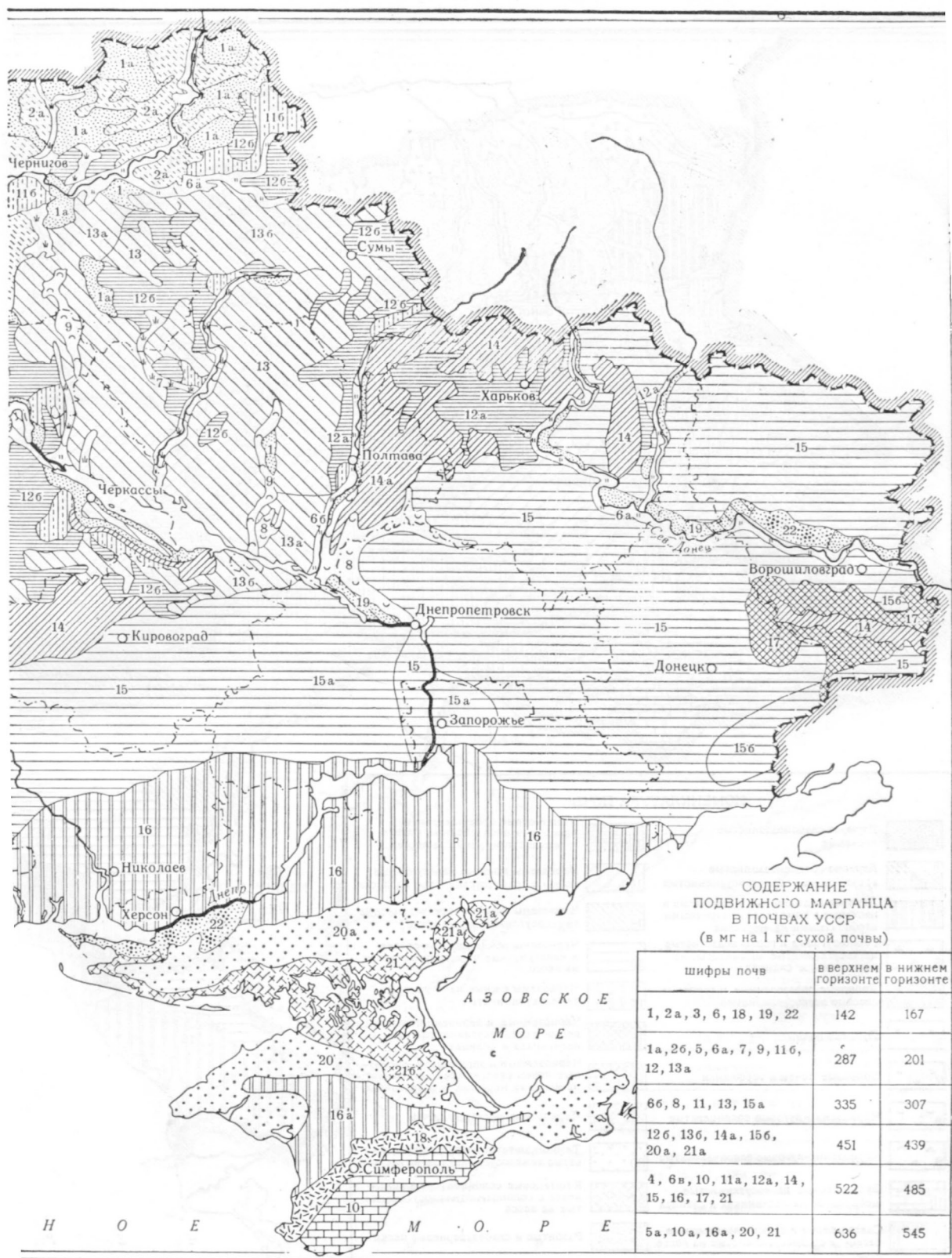


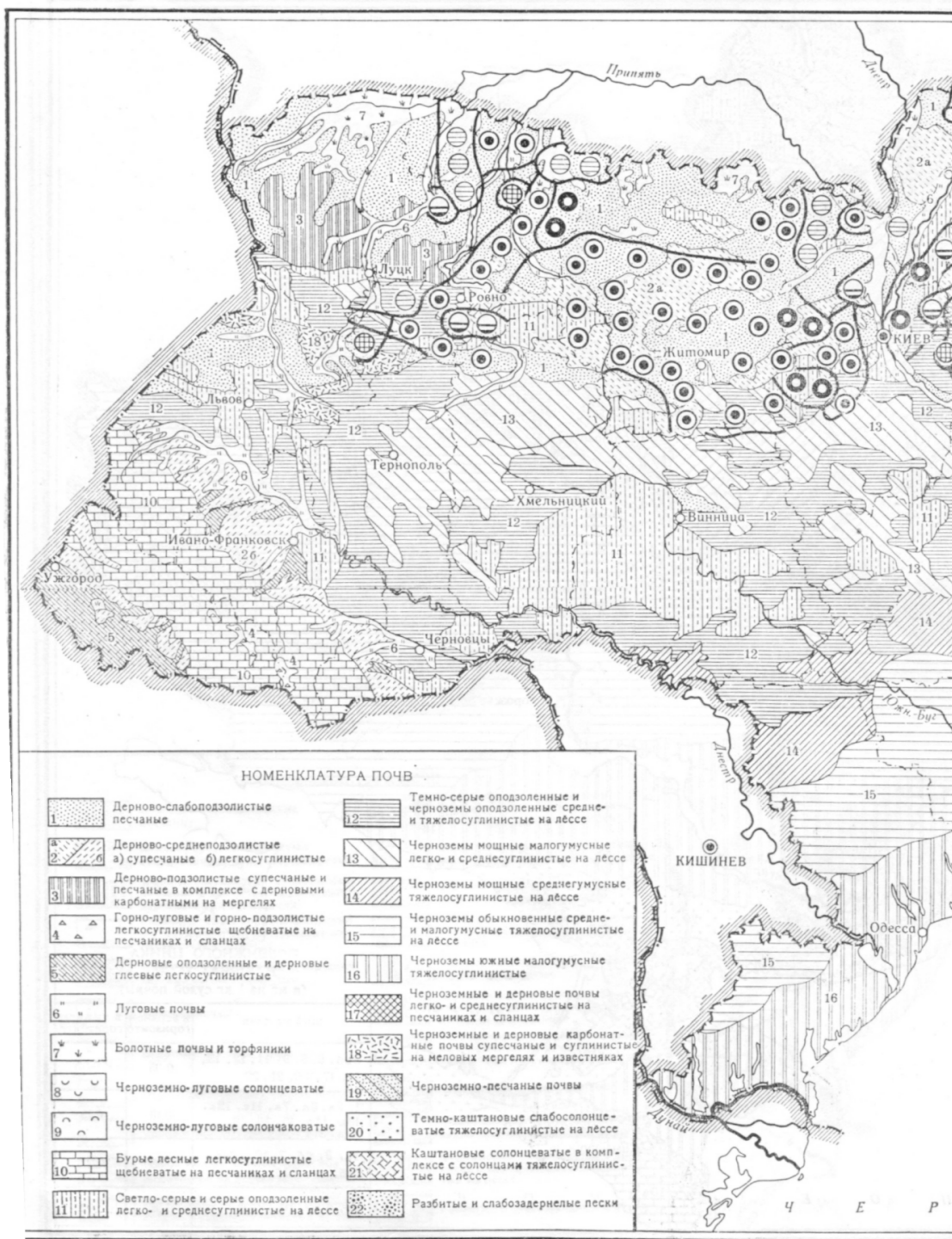
Картограма вмісту рухомих форм бору



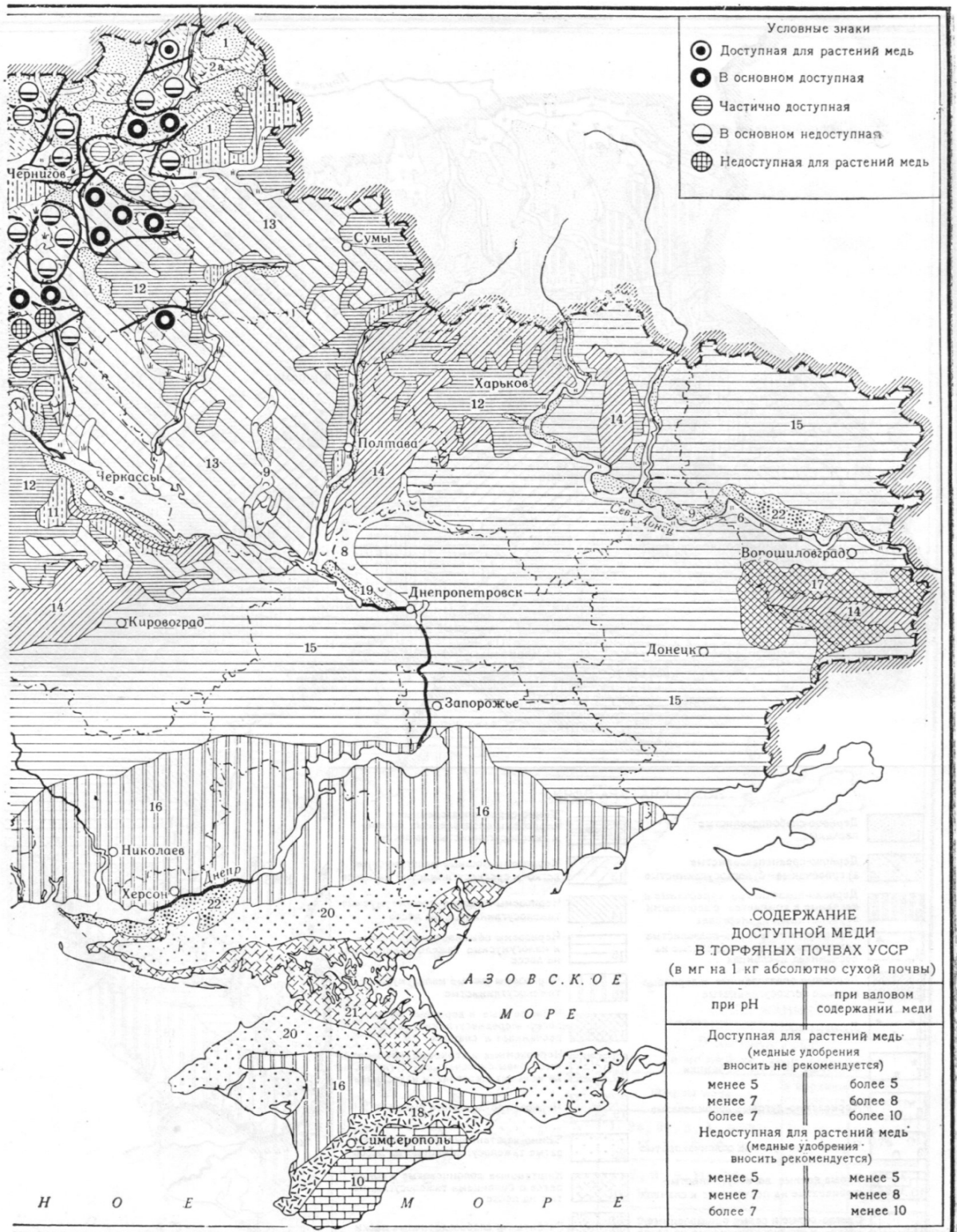


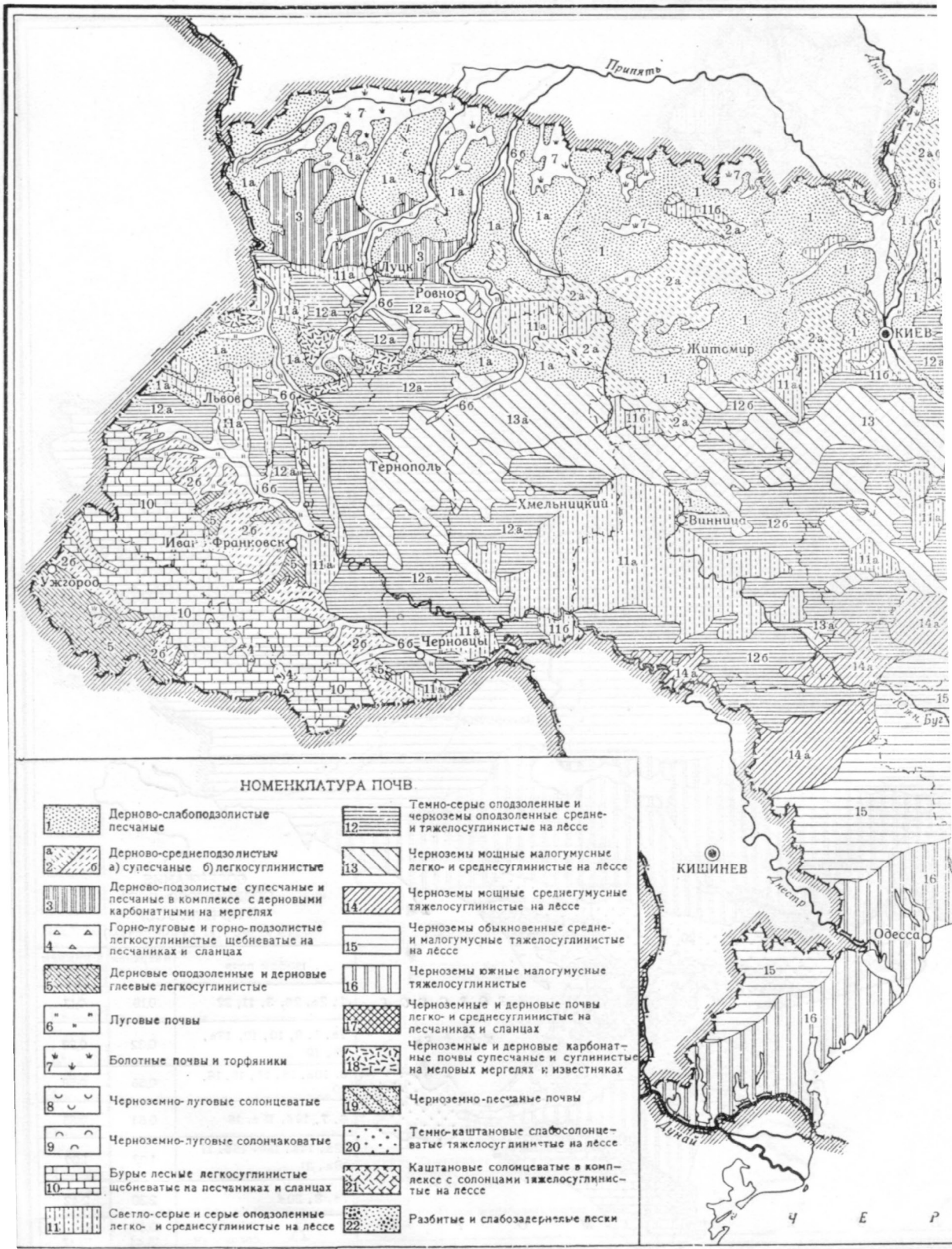
Картограма вмісту рухомих форм мангану



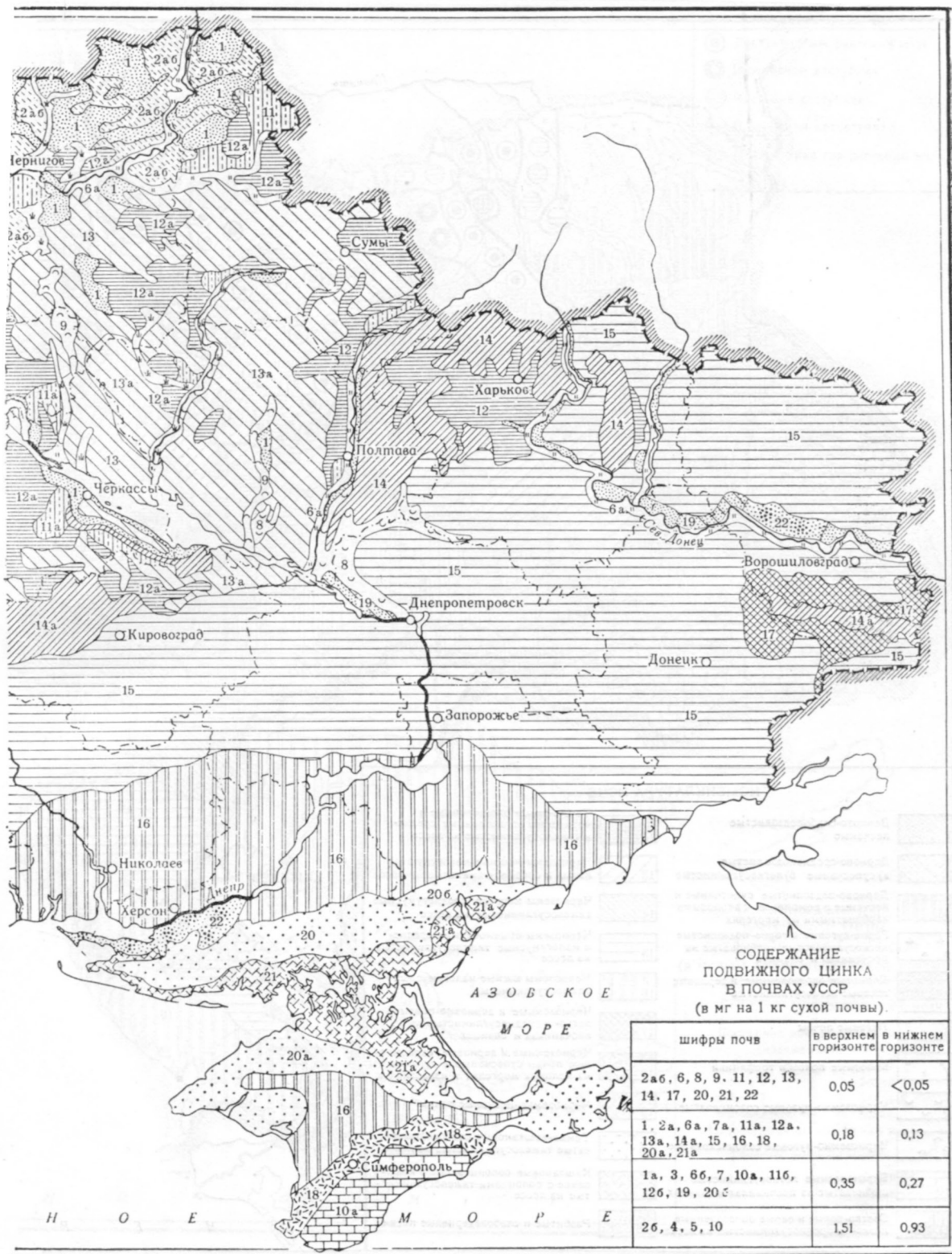


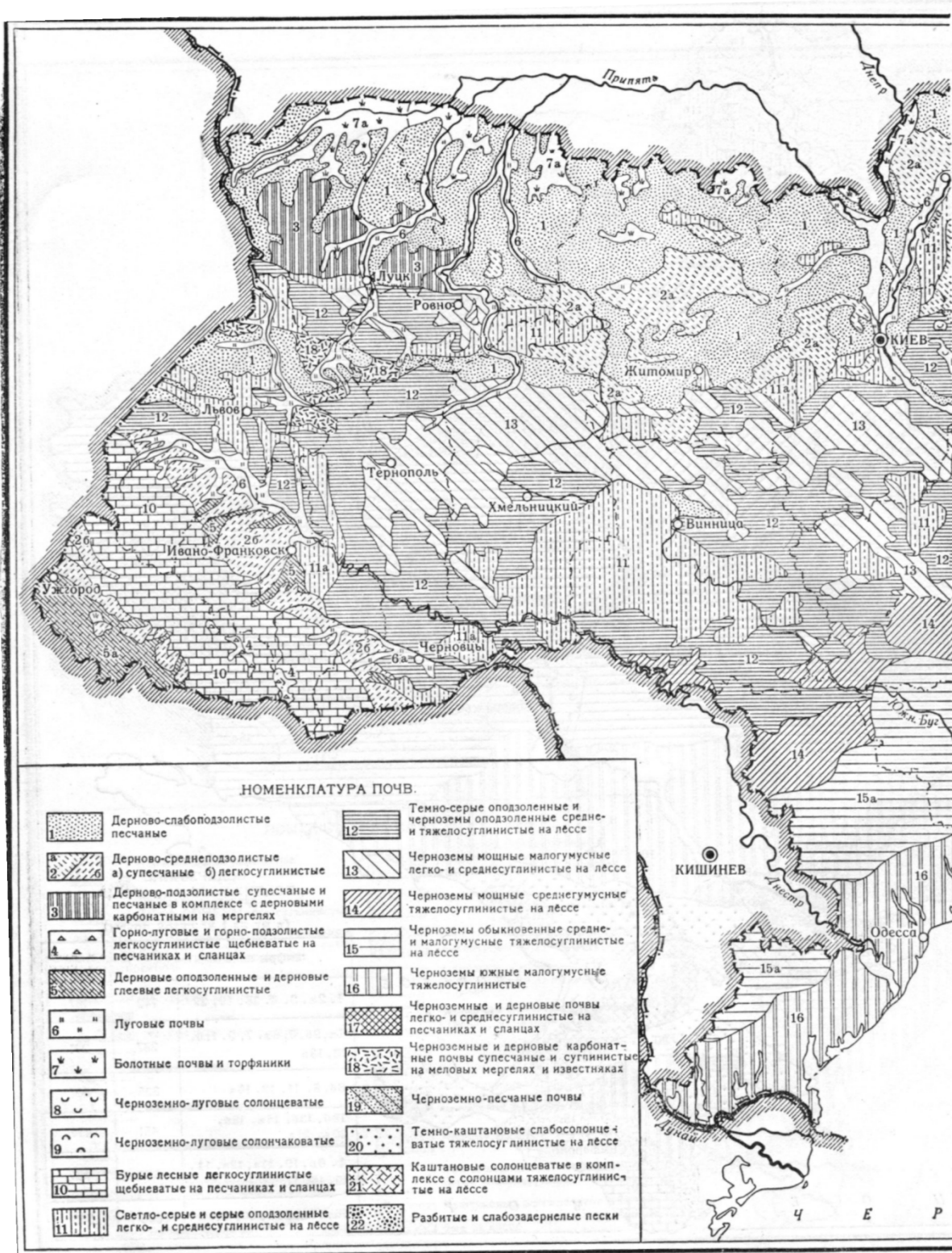
Картограма вмісту рухомих форм міді



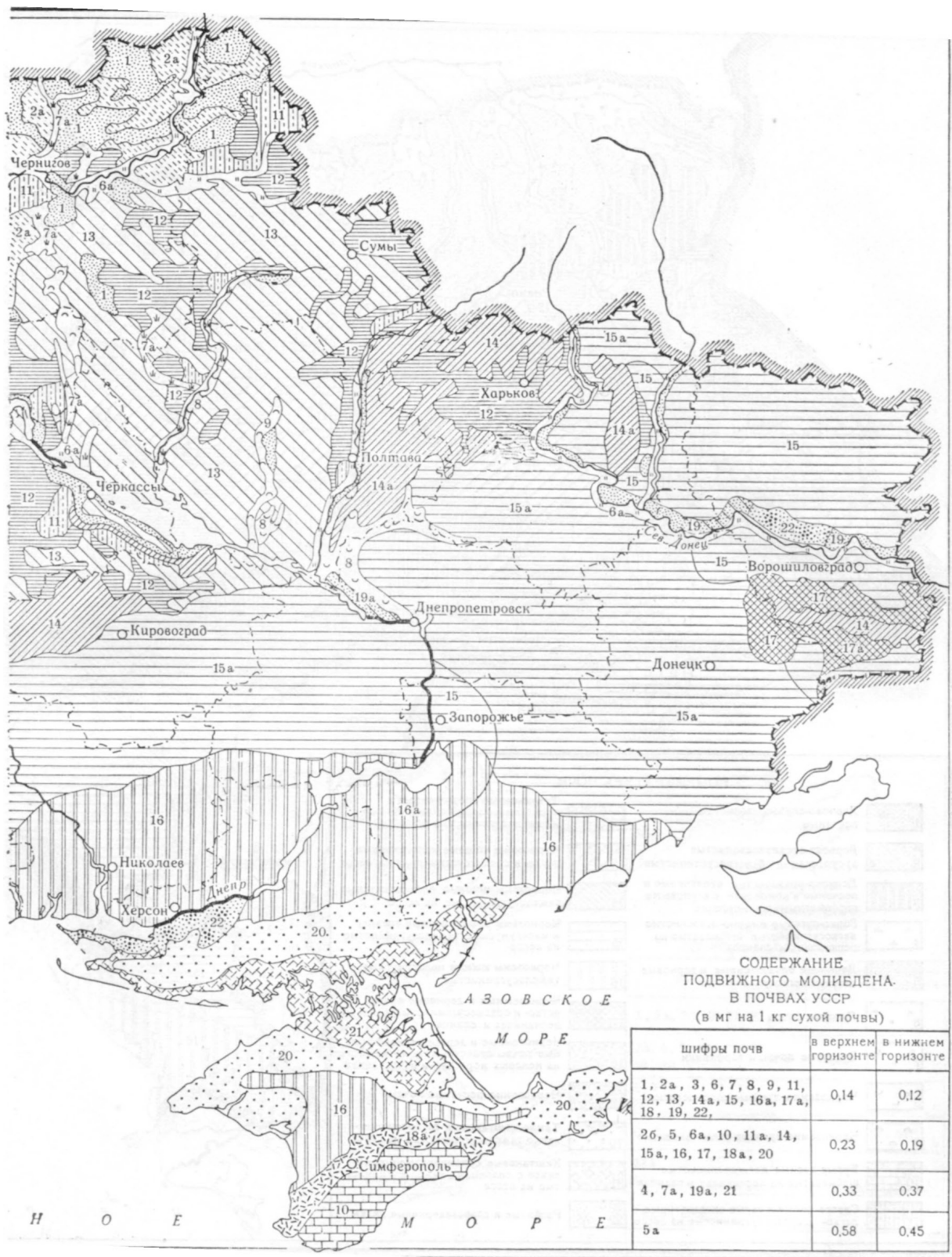


Картограма вмісту рухомих форм цинку



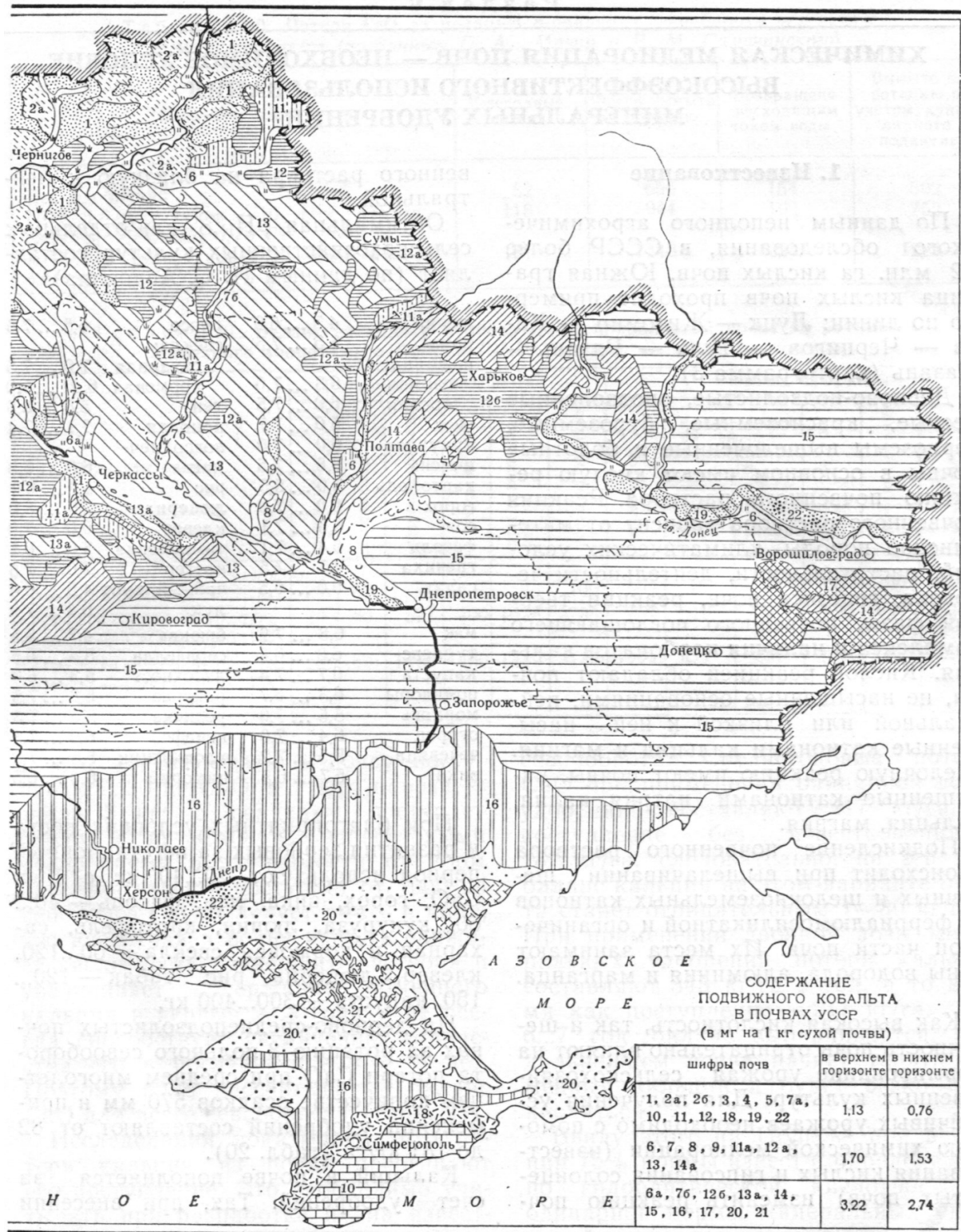


Картограма вмісту рухомих форм молібдену





Картограма вмісту рухомих форм кобальту



ЛІТЕРАТУРА

1 Либих Ю. Письма о химии: в приложении к земледелию и физиологии. – Пер. с нем. / Под ред П. Алексеева. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «Либроком», 2012 – 432с.

2. Агрохимия / Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др.; Под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.; Агропромиздат, 1989. – 639с.

3. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування / В.В. Лихочвор. – Львів: «Українські технології», 2008. – 312с.

4. Філон В.І. Деякі аспекти використання функціональної діагностики живлення рослин / В.І. Філон, О.Ф. Чечуй, Я.І. Георгиця, І.М. Чернушенко, С.В. Приказюк та ін.. // Вісник ХНАУ.–2017. –№1.– с.106-114.

5. «Нарушения питания культурных растений в цветных изображениях». Под общей ред. проф., доктора агрономических наук Вернера Бергмана. – Йена, 1976. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.landart.ru/03-uhod/c-bergman/03c000.htm>.

6. Фатеев А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова.- Х.: Изд-во КП «Типография №13»,2005. – 134 с.

7. 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.

8. Церлинг В. В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В. В. Церлинг. М.: Наука, 1978. –216 с.

9. Церлинг В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : справочник / В. В. Церлинг. М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

10. Ермохин Ю. И. Почвенно-растительная оперативная диагностика минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур : монография / Ю. И. Ермохин // Омск : ОмГАУ, 1995. – 208 с.

11. 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.

12. Важенин И.Г. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов / И.Г. Важенин.- М.: Изд-во ВАСХНИЛ,1976.

13. Кабата – Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/ А. Кабата- Пендиас, Х. Пендиас.-М.: Мир,1980 – 239 с.

14. Городний Н.М. Система применения удобрений: Учеб. Пособие для вузов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979. – 168 с.

15. Оптимізація мінерального живлення сільськогосподарських культур (рекомендації) / За ред. Фатєєва А.І. – Харків, 2012. –39с.

16. Магницкий К. П., Контроль питания полевых и овощных культур / К.П. Магницкий // . – Москва, 1964. – 268с.

17. Функціональна експрес-діагностика рослин [Електронний ресурс] – Режим доступу: agrovektor.com.ua

18. Філон В.І. Діагностика живлення озимої пшениці на різних агрохімічних фонах / В.І. Філон, М.А. Бобро, І.М. Чернушенко, В.Д. Сурменко, С.О.Пруднікова // Вісник ХНАУ.–2014. –№1.– С.86-91.

19. Філон В.І. Проблеми діагностики та оптимізації мінерального живлення рослин / В.І. Філон, В.Д. Сурменко //European Cooperation Scientific Approaches and Applied Technologies. – № 3 (10). – 2015. – с.17-25.

20. Філон В.І. Діагностика живлення рослин – від розробки і удосконалення до отримання прибутку / В.І. Філон. І.М.Чернушенко, С.В. Приказюк, С.О.Пруднікова // Вісник ХНАУ.–2015. –№1.– с.57-64.

21. Філон В.І. Управління якістю сільськогосподарської продукції / В.І. Філон // Матеріали науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 23 -24 жовтня 2017р. Харків, С.351 -352.

22. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив / Б.С. Носко. – К.: Урожай, 1990. – 224с.

23 Агрохімічний аналіз. Практикум: Навчальний посібник / М.М. Городній, В.А. Копілевич, А.Г. Сердюк, В.П. Каленський ; За ред. М.М. Городнього.– К.: Вищ. шк., 1965. – 319с.

24 Практикум по агрохимии / Под ред.. В.Г. Минеева. – М.: Изд. МГУ, 1989. –304с.

25 Городній М.М., А.В. Бикін., Сердюк А.Г. та ін.. Агрохімічний аналіз: Підручник / За ред.. Городнього М.М. – К.: Аристей, 2007. –624с.

26 Практикум по агрохимии / А.С. Радов., И.В. Пустовой., А.В. Корольков; Под ред.. И.В. Пустового. – 4-е изд. перераб. и доп. –М.: Агропромиздат,1985. – 312с.

27 Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.; Под ред. Б.А. Ягодина – М.: Агропромиздат, 1987. – 512с.

28 Агрохимический анализ. Практикум / Городний Н.М.,Сердюк А.Г., Деревянчук А.М. – К.: Вищ. шк. Головное изд-во, 1985. – 255с.

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.