

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ОВОЧІВНИЦТВА І БАШТАННИЦТВА

**ЗМІНА ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРОШУВАНОЇ ОВОЧЕВО-КОРМОВОЇ
СІВОЗМІНИ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ
РОДІЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА СИСТЕМАТИЧНОГО
ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ
(науково-практичні рекомендації)**

Харків, 2018

Зміна продуктивності зрошуваної овочево-кормової сівозміни та трансформація основних показників родючості чорнозему типового за систематичного застосування добрив (науково-практичні рекомендації) // Гончаренко В.Ю., доктор с.-г. наук; Балюк С.А., доктор с.-г. наук; Могильна О.М., канд. с.-г. наук, Куц О.В., доктор с.-г. наук; Парамонова Т.В., канд. с.-г. наук; Рудь В.П., канд. екон. наук. Харків: ІОБ НААН, 2018. 58 с.

Рецензенти:

Вітанов О.Д., доктор с.-г. наук, професор, ІОБ НААН;

Щербина С.О., кандидат с.-г. наук, ІОБ НААН;

Носоненко О., кандидат с.-г. наук, ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського».

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту овочівництва і баштанництва НААН (протокол № 14 від 15.11.2018 р.)

У методичних рекомендаціях викладено результати досліджень за 45 років щодо застосування органічних і мінеральних добрив, сумісного їх внесення в короткоротаційній овочевій сівозміні та після реконструкції в дев'ятипільній овочево-кормовій сівозміні під основні сільськогосподарські культури в умовах зрошення, стосовно їх впливу на підвищення врожайності овочевих культур, якості продукції та відтворення і збереження родючості ґрунту, балансу поживних речовин у ґрунті, економічної ефективності застосування добрив. Робота виконана в рамках науково-технічних програм Інституту овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України за період 1967–2012 років.

Рекомендації розраховані на виробників овочевої продукції різних форм власності, наукових працівників, студентів аграрних вузів.

За тривалий час проведення досліджень безпосередньо взяли участь: доктори с.-г. наук – В.Ю. Гончаренко, Л.П. Ходєєва, кандидати с.-г. наук В.В. Севостянова, Н.А. Гараніна, З.І. Гурова, Р.П. Гладкіх, З.І. Андрієнко, І.М. Гордієнко, Т.В. Парамонова, О.В. Куц, а також наукові співробітники: Л.О. Ткач, Г.Я. Іллюшенко Інституту овочівництва і баштанництва НААН та доктор с.-г. наук, професор, академік НААН – С.А. Балюк ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського».

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ҐРУНТИ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ, А ДОБРИВА ЯК ФАКТОР ОПТИМІЗАЦІЇ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ТА ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ	6
1.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов	6
1.2. Господарська цінність основних видів овочевих культур	7
2. ВПЛИВ СІВОЗМІН Й СИСТЕМАТИЧНОГО, ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР	12
2.1. Короткоротаційна овочева сівозміна	13
2.1.1. Агрохімічні показники ґрунту	14
2.1.2. Агрофізичні показники ґрунту	17
2.1.3. Біологічна активність ґрунту	23
2.1.4. Токсикоз і алелопатія ґрунтового ма.....	29
2.1.5. Продуктивність овочевих культур та родючість ґрунту за систематичного застосування добрив	33
2.1.6. Якість продукції	37
2.2. Овочево-кормова дев'ятипільна сівозміна	40
2.2.1. Відтворення родючості чорнозему типового під впливом дев'ятипільної овочево-кормової сівозміни та тривалого застосування добрив	41
2.2.2. Продуктивність овочевих культур в дев'ятипільній овочево- кормовій сівозміні	45
2.2.3. Баланс поживних речовин в ґрунті	51
2.2.4. Економічна ефективність застосування добрив	54
БІБЛІОГРАФІЯ	57

ВСТУП

Забезпечення населення України овочево-баштанною продукцією передбачено програмою «Овочі України – 2020» – 161 кг на людину на рік, з них 141 кг – овочі. Фактично ця потреба в останній час задовольняється лише на 80–85 %. Тому завдання нарощування виробництва овочів належить до числа пріоритетних у розвитку агропромислового комплексу України. Його вирішення передбачається здійснити без збільшення площ посіву за рахунок комплексу агротехнічних заходів, серед яких найбільш ефективним та швидкодіючим є застосування добрив. Дані наукових установ, досвід передових господарств свідчать, що приріст урожаю овочевих видів рослин за рахунок внесення добрив досягає 30–50 % загального приросту. Але в останні роки, особливо в овочевих сівоzmінах намітилась тенденція до погіршення деяких показників родючості ґрунту: знизилась кількість органічної речовини (гумусу), погіршилися агрофізичні властивості (структура, щільність), змінилися кислотно-лужні властивості, з'явилися ознаки осолонцювання, токсикозу і алелопатії, погіршився фітосанітарний стан. Усе це призводить до зниження врожайності овочевих рослин (1, 2).

У зв'язку з цим виняткового значення набуває проблема розробки ефективних сівоzmін з багаторічними бобовими травами, культурами суцільного посіву і застосуванням добрив, як фактора впливу на механізми продуктивних процесів, що забезпечують задоволення спадкових біологічних потреб рослин в елементах мінерального живлення протягом онтогенезу і, зокрема, на всіх етапах органогенезу овочевих рослин та їх впливу на показники родючості ґрунту [4, 5].

На сьогодні необхідно розробити таку систему удобрення в сівоzmіні для кожного виду сільськогосподарських рослин, яка забезпечувала б не тільки одержання високоякісних урожаїв овочевих культур, а й сприяла б збереженню та відтворенню родючості ґрунту і відповідно, створенню основи для підвищення врожайності рослин та охорони навколишнього середовища.

Рекомендації розроблені з урахуванням досягнень агрохімічної науки, передової практики останніх років та на підставі тривалих досліджень у стаціонарному досліді.

Запропоновано дози органічних і мінеральних добрив для різних видів овочевих рослин, з урахуванням їх біологічних особливостей, забезпеченості ґрунтів поживними речовинами, типу сівозмін і запланованих рівнів урожайності на зрошуваних чорноземних ґрунтах в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Рекомендації складені за результатами досліджень з НТП НААН на 1996–1970 рр., 1971–1975 рр., 1976–1980 рр., 1981–1985 рр., 1986–1990 рр., 1991–1995 рр., 1996–2000 рр., 2001–2005 рр., 2006–2010 рр., 2011–2015 рр. та на 2006–2010 рр. «Родючість і охорона ґрунтів» проект 02.05 «Вивчити вплив тривалого внесення добрив на відтворення родючості зрошуваних ґрунтів, підвищення їх продуктивності і поліпшення якості овочевих культур» (номер держреєстрації 0101U001171), на 2011–2015 рр. проект 01.00.03.07.Ф «Встановити закономірності впливу тривалого систематичного внесення добрив, їх післядії та зрошення на продуктивність овочево-кормової сівозміни, якість врожаю та родючість чорнозему типового» (номер держреєстрації 0111U005090).

1. ҐРУНТИ ЯК СЕРЕДОВИЩЕ, А ДОБРИВА ЯК ФАКТОР ОПТИМІЗАЦІЇ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН ТА ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ

Щоб систематично одержувати високі врожаї овочевих культур, ґрунт потрібно утримувати в такому стані, при якому склалися б найкращі умови для життя та розвитку рослин. Ґрунти повинні мати достатню кількість поживних сполук у розчиненому стані, легко вбирати й затримувати воду, добре провітрюватись і забезпечувати більший доступ кисню, потрібного для розвитку коренів та мікроорганізмів [9].

Удобрення є найбільш ефективним та швидкодіючим прийомом підвищення продуктивності рослин у порівнянні з іншими агротехнічними заходами. Тільки науково обґрунтоване, правильне їх застосування з урахуванням біологічних особливостей рослин та ґрунтово-кліматичних умов є основою для збереження родючості ґрунту, яка змінюється і оцінюється врожайністю культурних рослин, зокрема, овочевих [6, 18].

Більшість овочевих рослин дають високий та стабільний урожай на родючих, з високим (4–6 %) вмістом гумусу, добре забезпечених вологою, легких або середніх за гранулометричним складом, з нейтральною реакцією ґрунту.

1.1. Характеристика ґрунтово-кліматичних умов

Ґрунтовий покрив лісостепової зони, в основному, представлений чорноземами типовими та опідзоленими, темно-сірими опідзоленими і сірими та ясно-сірими лісовими ґрунтами [14].

Найбільш поширені в лісостеповій зоні чорноземи типові, які займають площу 5779,6 тис. га, що складає 17,8 % всіх орних земель [18].

Чорнозем типовий, на якому закладено стаціонарний дослід по вивченню тривалого систематичного застосування мінеральних і органічних добрив під

овочеві культури мав такі агрохімічні показники: рН сольове – 5,3; гідролітичну кислотність 4,0 мекв/100г ґрунту; суму увібраних основ – 26,0 мекв/100г ґрунту; ступінь насиченості основами – 86,6 %; вміст гумусу (за Тюріним) 4,8 %; рухомого фосфору P_2O_5 (за Чириковим) 9,6–10,6 мг/100г; обмінного калію (K_2O) (за Масловою) – 16,7–18,0 мг/100г ґрунту [8].

Метеорологічні умови Лівобережного Лісостепу України є різноманітними, що пов'язано з континентальністю клімату, яка посилюється із заходу на схід. Середньорічна температура повітря складає 6,8...7,0 °С, у найбільш теплому місяці (липні) – 19,3...20,4 °С, період з температурою вище 10 °С триває 170–180 днів. Весняні приморозки закінчуються 18–22 квітня (у деякі роки спостерігалися в середині травня), осінні – починаються 11–16 жовтня (у деякі роки – у середині вересня).

Тривалість періоду сонячного освітлення – важливий фактор для розвитку рослин, складає 1748–1786 годин на рік, що відповідає середньому показнику по країні. Кількість опадів у Лівобережному Лісостепу коливається від 622 мм в центральній до 508 мм в західній частині зони, а за вегетаційний період – 366 мм (за середніми багаторічними даними) [12]. Такі ґрунтово-кліматичні умови, в основному, є сприятливими для вирощування великого асортименту овочевих рослин і отримання їх сталих урожаїв з високою якістю продукції.

1.2. Господарська цінність основних овочевих рослин стаціонарного досліду

Різні види овочевих культур дуже різноманітні за біологічними і фізіологічними особливостями, тому і технології їх вирощування різняться.

Капуста білоголова пізньостигла серед овочевих культур займає одне з провідних місць як за посівними площами, так і за споживанням у їжу, вона є дуже цінним продуктом з високими смаковими якостями.

У їжу використовують головку, утворену листками, в якій міститься цукор, крохмаль, білок, мінеральні речовини, органічні кислоти, ферменти і вітаміни С,

B₁, B₂, B₆, B₉, PP, K, P, E, L, каротин, фолієва кислота та інші біологічно активні речовини. Вміст сухої речовини в капусті білоголовій складає від 6,1 до 11,6 % на сиру масу, вітаміну С – від 20 до 74 мг/100г. Добра здатність до збереження дозволяє використовувати цей продукт майже цілий рік у свіжому та тушкованому вигляді з різними овочами, фруктами і грибами. Готують сік з капусти в суміші з морквою. Капуста є джерелом лікарських речовин при головному болю, опіках, запаленнях, фолієва кислота забезпечує процес кровотворення. Капуста – це мінімум калорій – максимум біологічної цінності.

Капуста здатна створювати велику врожайність – від 40 до 100 т/га і більше. Для утворення 1 тонни продукції рослини капусти використовують 4,4–5,6 кг азоту (N), 0,9–1,3 кг фосфору (P₂O₅), 2,3–3,4 кг калію (K₂O) [18].

Томат посідає перше місце в Україні, серед 60 видів овочевих рослин. Вони забезпечують високу врожайність, від 30–60 і більше т/га, хорошої якості. Калорійність томатів невисока (160–200 кал/кг), але їх виняткова цінність полягає в наявності вітамінів, органічних кислот, мінеральних солей. Плоди томатів містять 4,9–8,0 % сухої речовини, 3,4–3,6 % загального цукру, кислотність – 0,4–0,5 %, вітаміну С 20,8–25,3 мг/100г, до 1 % яблучної та лимонної кислот і білків, фосфору, заліза, йоду. За кількістю солей заліза томат займає одне з провідних місць серед інших овочів. У плодах міститься томатин (3–5 мг%), який визначає їх фітонцидні властивості.

Рослини томатів вимогливі до родючості ґрунту. Для утворення 1 т плодів рослини використовують 2,6–3,1 кг азоту (N), 0,4–0,8 кг фосфору (P₂O₅) і 2,9–3,6 кг калію (K₂O).

Огірок в Україні – один з головних видів овочевих рослин. Огірки ніжинського сорто типу мають найкращі засолювальні властивості, які здобули світову славу. У свіжих плодах огірків міститься сухих речовин 5,1–5,9 %, цукрів 2,4–2,9 %, вітаміну С 14,1–18,7 мг/100г. Урожайність огірків сягає 22–30 т/га. На створення 1 т товарного врожаю рослини огірків використовують з ґрунту 2,8–3,7

кг азоту (N), 0,9–1,7 кг фосфору (P_2O_5) і 3,1–3,7 кг калію (K_2O). Сік і продукцію огірків використовують у парфумерній і лікарській промисловості.

Цибуля ріпчаста гострих сортів має вміст сухої речовини 14–18 %, цукрів 9–20 %, ефірної олії 0,026–0,065 %. Через здатність до лежкості її використовують у свіжому вигляді цілорічно. Специфічного смаку цибулі надають цукри та сірковмісна ефірна олія. Цибуля багата на вітаміни, особливо на вітамін С: у цибулинах його вміст досягає 24 мг/100г, а в зеленому молодому пері – до 60 мг/100г. До складу цибулі входять також вітаміни B_1 , B_2 , B_6 , РР та інші, а до вмісту зеленого пера – ще й каротин (4,8 мг/100г), амінокислоти (лізин, валін, метіонін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, гістидин, аргінін, ефірна олія, флавонові глюкозиди, пектинові речовини, які мають бактерицидну дію. Цибулю також широко використовують у консервній, харчовій промисловості та медицині.

Рослини цибулі на створення 1 т товарної продукції виносять г ґрунту 3,8–4,5 кг азоту (N), 1,0–1,2 кг фосфору (P_2O_5), 1,8–2,1 кг калію (K_2O) і добре використовують поживні елементи з добрив.

Буряк столовий. Цей вид також широко розповсюджений, серед столових коренеплодів і йому належить одне із провідних місць. Коренеплоди буряків столових містять сухої речовини – 12–20 %, білків – 1,8–3,5 %, сахарози – 8–15 %, клітковини – 2 %, пектинів – 1,1–1,7 %, золи 1,0–2,8 %, азотистих речовин – до 1,26 %, жиру – 0,13 %, без азотистих екстрактів – 2,35 %, води – до 80 %. Коренеплоди містять багато вітамінів: С – 4,0–22,0 мг/100г; Р – 150–400; B_1 – 0,1–0,51; B_2 – 0,23–0,71; РР – 5,6–6,5 мг/кг; пантотенової кислоти – 9–11 мг/кг сирової речовини. Буряки містять різні ферменти, кислоти. Бетанін коренеплодів буряка – джерело холіну, який сприяє процесам обміну речовин, росту клітин і гальмує розвиток злоякісних пухлин.

Свіжий сік і відварені коренеплоди використовують при захворюванні печінки, нирок, сечового міхура та при отруєнні солями важких металів, ним лікують коліт, цукровий діабет, ожиріння.

Буряки столові добре використовують післядію поживних речовин, внесених з органічними і мінеральними добривами. На утворення 1 т товарного урожаю ця культура виносить 3,0–5,5 кг азоту (N), 0,8–1,0 кг фосфору (P_2O_5), 2,6–4,5 кг калію (K_2O).

Морква характеризується високими темпами споживання елементів живлення вже на початку росту й розвитку, тому мінеральні добрива під неї найбільш ефективні. Разом з цим морква дуже чутлива до високої концентрації поживного розчину. Порівняно з іншими овочевими рослинами споживає більшу кількість поживних речовин. Споживання поживних елементів на утворення 1 т товарного врожаю становить 5,9–5,7 кг азоту (N), 1,6–1,8 кг фосфору (P_2O_5) і 3,0–2,7 кг калію (K_2O).

Моркву широко використовують в раціональному та дієтичному харчуванні. Річна потреба свіжої моркви на людину складає 11,0–15,5 кг в залежності від регіону вирощування. В коренеплодах міститься 86–87 % води, 13–14 % сухої речовини, 8–12 % цукрів, в тому числі 6–9 % – сахарози, 1,5–6,0 % крохмалю, 1–2,2 % – білків, 0,2–0,3 % – жирів, 1–1,1 % клітковини, 0,6–1,7 % золи. Кількість пектинових речовин в коренеплодах коливається від 0,37 до 2,93 %.

Коренеплоди вважаються багатим джерелом необхідних організму мінеральних солей, які містять 200–282 мг калію, 31–50 – фосфору, 0,7 – заліза, 3,8 мг – йоду, 4–37 мг каротину. Добова потреба дорослої людини в цьому складає 1,5–2,5 мг. Крім каротину в моркві містяться інші вітаміни, мг/100г: E – 2,6; K – 0,08; B_1 – 0,07–0,18; B_2 – 0,02–0,06; PP – 0,81–1,47 мг/кг; пантотенова кислота – 0,27–0,37; B_6 – 0,07–0,14, C – 5–20.

Таким чином, цінність і незамінність овочів у харчуванні полягає в тому, що вони є джерелами вітамінів, солей, кислот та інших речовин, від яких залежить смак їжі і її засвоєння організмом людини.

Картопля – рослина помірного клімату. Нормальне проростання бульб у польових умовах відбувається за температури 7...8 °C. Якщо їх садять у

холодний і перезволожений ґрунт за температури нижче 6 °С, сходи нерідко з'являються через 30–50 днів. За таких умов замість пагонів можуть утворюватися дочірні бульби без з'явлення сходів. Таке саме явище спостерігається і при садінні в занадто сухий ґрунт за температури вищій 25 °С.

Картопля вимогливіша порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами до вмісту поживних речовин у ґрунті. Це пов'язано, насамперед, з більшим виносом елементів живлення, урожаєм і менше, ніж у інших культур, розвинутою кореневою системою. Високі врожаї картоплі можна вирощувати лише при достатній кількості поживних речовин у ґрунті.

Нестача калію, азоту і, особливо, фосфору в початковий період росту порушує обмін речовин, пригнічує розвиток рослин і різко знижує врожайність та якість бульб.

Картопля світлолюбна рослина і при затіненні різко знижує врожайність. Світловий режим значною мірою регулюється густотою садіння.

2. ВПЛИВ СІВОЗМІН І СИСТЕМАТИЧНОГО ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ОВОЧЕВИХ РОСЛИН.

Сівозміни – важливіша ланка системи землеробства, в якій оптимізовано поєднання розміщення культур з системами удобрення, обробітком ґрунту, режимом зрошення та іншими агротехнічними заходами, спрямованими на отримання постійно високих врожаїв при збереженні і підвищенні родючості ґрунту.

Головним напрямком розвитку овочівництва в 60-ті роки ХХ сторіччя на Україні була спеціалізація і концентрація сільськогосподарського виробництва на основі переходу галузі овочівництва на індустріальні методи ведення виробництва, впровадження індустріальних технологій вирощування овочевих культур, широке використання прийомів хімізації і меліорації ґрунтів.

Організація навколо великих промислових міст (Київ, Донецьк, Дніпро, Запоріжжя, Одеса, Харків) спеціалізованих господарств з вирощування овочевої продукції з метою повного забезпечення населення цією продукцією, а переробну промисловість – сировиною, вимагала від наукових установ кваліфікованої відповіді на запити виробництва [16, 19].

Ураховуючи високу вимогливість овочевих культур до ґрунтів, вологи, забезпеченістю поживними речовинами, виникла необхідність введення спеціалізованих овочевих сівозмін, в яких більша половина площ була б зайнята овочевими культурами [5, 7 16]. Виникла потреба наукового обґрунтування такого впровадження сівозмін з короткою ротацією і високим насиченням просапними культурами інтенсивного типу. У 60-ті роки ХХ сторіччя був розроблений, затверджений науково-методичною радою з питань живлення сільськогосподарських рослин, довгостроковий стаціонарний дослід з овочевими культурами по вивченню системи удобрення, їх впливу на

продуктивність культур, родючість ґрунту в умовах зрошення на типових чорноземах Лівобережного Лісостепу України (Харківський стаціонар).

2.1. Короткоротаційна овочева сівозміна

Чотирьохпільна овочева сівозміна мала таке чергування культур: огірок, томат, капуста пізня, картопля. Схема досліду передбачала вивчення 12 систем удобрення.

Варіанти досліду:

- 1) без добрив (контроль);
- 2) РК (без азоту);
- 3) NP (без калію)
- 4) NK (без фосфору);
- 5) мінеральна система удобрення – $N_{330}P_{450}K_{360}$ за ротацію;
- 6) органічна система удобрення – 60 т/га гною;
- 7) мінеральна система удобрення еквівалентна гною 60 т/га варіанту 6, калій (K_2O) по варіанту 5;
- 8) органо-мінеральна система удобрення: гній по варіанту 6, азот (N) по варіанту 7;
- 9) органо-мінеральна система удобрення: гній по варіанту 6, азот і фосфор (NP) по варіанту 7;
- 10) органо-мінеральна система удобрення: гній по варіанту 6, азот, фосфор і калій (NPK) по варіанту 7;
- 11) органо-мінеральна система удобрення: $\frac{1}{2}$ гною по варіанту 6, $\frac{1}{2}$ NPK по варіанту 7;
- 12) мінеральна система удобрення (NK+P) фосфор в запас під дві культури; томати – 240 кг д.р., картоплю – 210 кг д.р. на фоні NK, під огірок і капусту лише азот і калій (NK).

2.1.1. Агрохімічні властивості ґрунту

Внаслідок тривалого, систематичного застосування добрив, зрошення, вирощування просапних культур, рихлення міжрядь в овочевій сівозміні Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному важкосуглинковому відбулися зміни показників його родючості (табл. 1).

Актуальна і гідролітична кислотність знизилась, особливо в четвертій ротації, у варіанті без внесення добрив (контролі), сума поглинутих основ та ступінь насиченості основами підвищилась., вміст рухомих форм фосфору та обмінного калію збільшився за рахунок внесених добрив на 5,8–15,8 мг та 1,3–9,3 мг/100 г ґрунту відповідно.

Внесення за ротацію під чотири культури 60 т/га гною, тобто 15 т/га сівозмінної площі, було недостатнім для підтримання в ґрунті бездефіцитного балансу гумусу. Втрати його протягом чотирьох ротацій в залежності від систем удобрення становили 0,1–0,5 %. Вирощування просапних культур інтенсивного типу при зрошенні вимагає частих розпушувань ґрунту, що й призвело до розпорошення грудочок ґрунту, спричинило погіршення його структури. За рахунок частого розпушення міжрядь відбувався великий приток свіжого повітря, яке посилювало мініралізаційні процеси, що привели до втрати органічної речовини та зниження вмісту гумусу.

Процес нітрифікації починався рано навесні і до початку польових робіт у ґрунті накопичувалася невелика кількість нітратів. Наступний хід процесу накопичення нітратів визначали за характером вирощуваних культур. Під пологом пізніх овочевих, які займали поле з середини травня (огірок, томати) та з кінця травня – початку червня (капуста пізня) і які до середини літа максимально розвивали вегетативну масу, нітрифікація проходила за типом парового поля. Максимум накопичення NO_3 спостерігався в перший період росту рослин.

Таблиця 1. – Вплив тривалого, систематичного застосування добрив на агрохімічні показники чорнозему типового в шарі ґрунту 0–20 см (1969–1992 рр.)

Варіанти	pH _{KCl}		Гідролітич- на кислотність		Сума поглину- тих основ		Ступінь насиченост і основами, %		Гумус, %		Рухомий фосфор		Обмінний калій	
			мг.-екв./100 г ґрунту								мг/100 г ґрунту			
	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
1 (к)	5,4	6,1	3,7	1,7	28,0	31,3	89,0	94,9	4,6	4,3	10,6	16,4	17,4	18,7
2 РК	5,4	6,0	3,6	1,9	28,4	30,8	88,7	94,1	4,6	4,3	10,6	26,3	17,2	29,6
3 NP	5,4	5,8	3,9	2,4	27,9	30,3	87,7	92,5	4,7	4,3	11,0	26,2	17,1	18,8
4 NK	5,3	5,7	3,9	2,5	27,9	29,7	87,7	91,2	4,7	4,3	10,8	16,2	18,1	22,5
5 ½	5,4	5,7	3,8	2,5	28,0	30,1	88,0	92,5	4,7	4,4	10,8	26,6	17,5	23,5
6 гній	5,3	6,0	4,0	1,7	27,5	30,8	87,2	94,8	4,7	4,5	10,2	18,8	17,3	20,2
7 NPK екв.гною	5,4	5,6	3,9	2,3	27,5	30,1	87,7	93,0	4,6	4,3	10,6	19,3	17,4	23,2
8 гній+ N	5,5	5,9	3,6	2,0	27,8	30,4	88,5	93,8	4,5	4,4	10,4	18,5	17,2	19,5
9 гній+ NP	5,4	5,9	3,6	2,1	27,9	30,4	88,6	93,5	4,6	4,1	11,0	24,2	17,3	20,6
10 гній+ NPK	5,4	5,8	3,9	2,2	28,1	29,7	87,9	99,0	4,6	4,4	10,8	23,6	17,6	26,9
11 ½ гною+½½	5,4	5,9	3,8	2,1	30,0	30,5	88,7	93,6	4,6	4,4	10,6	21,5	17,5	22,9
12 NK+P в запас під 2 культури: томат і картоплю	5,3	5,7	4,0	2,6	28,0	30,1	87,6	92,2	4,6	4,4	10,5	27,6	17,2	23,4
НІР ₀₉₅	0,21	0,21	0,57	0,44	1,7	0,82	2,0	2,2	0,26	0,13	1,6		1,7	

Примітка: 1 – перед початком досліджень;
4 – після закінчення 4-ої ротації

Після сформування огірком і томатом вегетативного апарату, яке співпадало з періодом цвітіння і початком утворення плодів, а в капусти пізньої з початком утворення головок, споживання нітратів посилювалось, вміст їх в ґрунті зменшувався.

Під картоплею – культурою, що вирощують в полі з ранньої весни, максимум нітратів накопичувався раніше, ніж під пізніми овочевими культурами. До періоду цвітіння картоплі кількість нітратів зменшувалася в зв'язку з посиленням їх споживання рослинами та знову збільшувалася в кінці вегетації, з початком відмирання бадилля у картоплі.

Оптимізація фосфорного режиму на думку академіка Носка Б.С. [13] – один з головних факторів ефективного підвищення родючості ґрунту.

Процес утворення рухомого фосфору в ґрунті під овочевими культурами забезпечував максимум його накопичення до періоду цвітіння огірка, томата та до початку розвитку асиміляційного апарату капусти пізньої, картоплі.

Найбільша кількість рухомих фосфатів утворювалась під культурами на удобрених варіантах. Низькі врожаї, одержані на неудобреному ґрунті, за наявності великих запасів засвоєваних фосфатів пояснюються слабким розвитком кореневої системи рослин, особливо в молодому віці. Такі рослини не можуть використати рухомий фосфор, який знаходиться в ґрунті в розпорошеному стані. Раннє підживлення дозволяє швидко розвинути кореневу систему рослин, яка потім забезпечить більш повне використання фосфору ґрунту, що буде сприяти підвищенню врожаю.

Рівень калійного живлення рослин залежав в основному від характеру процесів, що проходили в ґрунті. Головну роль в живленні рослин мали водорозчинний та обмінний калій. Зміни вмісту обмінного калію в ґрунті проходили під усіма овочевими культурами майже однаково. Рано навесні фіксували найбільшу його кількість, яка поступово зменшувалась протягом

всього вегетаційного періоду. Більш високе накопичення калію спостерігалось на удобрених ділянках, особливо при внесенні гною + NPK (вар. 10).

2.1.2. Агрофізичні показники ґрунту

Встановлено, що за частих поливів рухомі поживні елементи вимиваються в більш глибокі горизонти, частково втрачаються або закріплюються ґрунтом та стають менше доступними для рослин.

Фізіологічна недосяжність окремих поживних речовин для рослин в умовах засолення пояснюється тим, що висока концентрація солей в ґрунті підвищує ступінь дисоціації та сприяє випаданню частини сполук із розчину в осадок.

Високий осмотичний тиск ґрунтових розчинів утруднює надходження мінеральних солей в рослину [17].

Вивчення хімічного складу поливних вод, які використовували для зрошення, зміни водно-сольового режиму, фізико-хімічних та агрофізичних властивостей чорнозему типового, зміни його термодинамічних показників, рухомих органічних речовин при зрошенні, величини щільності ґрунту та зміну структурно-агрегатного його складу показало, що зрошувані ґрунти характеризуються високими (вище за оптимальні) значеннями щільності складання (табл. 2). За останню 6-ту ротацію сівозміни, подальшого ущільнення досліджуваних ґрунтів не відмічено. Це дозволяє говорити про досягнення стабілізації різновагової щільності зрошуваних ґрунтів, а також про роль в якійсь мірі заміни культури картоплі на цибулю.

Таблиця 2. – Динаміка щільності складання чорнозему типового при зрошенні

Варіант	Шар ґрунту, см	Об'ємна маса, г/см ³		
		1985 р.	1989 р.	1993 р.
Богара	0–10	1,12	–	–
	10–20	1,23	–	–
	20–30	1,27	–	–
Зрошення (контроль, вар. 1)	0–10	1,14	1,26	1,22
	10–20	1,34	1,43	1,33
	20–30	1,39	1,39	1,35
Зрошення NPK (вар. 5)	0–10	1,09	1,25	1,27
	10–20	1,32	1,41	1,33
	20–30	1,35	1,36	1,34
Зрошення гній + NPK (вар. 10)	0–10	1,12	1,13	1,10
	10–20	1,30	1,36	1,31
	20–30	1,34	1,38	1,37

Зміна фізико-хімічних властивостей зрошуваних чорноземів відобразилася на структурно-агрегатному їх складі (табл. 3). Вміст глибистої фракції (> 10 мм) різко виріс, а вміст агрономічно цінних агрегатів (0,25–10 мм) відповідно знизився. Як наслідок, знизився коефіцієнт структурності зрошуваних ґрунтів з 4,9 до 2,0. Процес руйнування структури прогресує та розповсюджується вниз орного, зачіпає і підорний шар (30–40 см) ґрунту.

Аналіз води річки Мжа, яку використовували для зрошення показав, що мінералізація її в період поливів становила 0,6–0,7 г/л, склад був гідрокарбонатний кальцієвий та гідрокарбонатний магнієвонатрієвокальцієвий.

Згідно методики Інституту ґрунтознавства та агрохімії [15] за термодинамічним потенціалом, поливні води класифікуються за строками відбору як придатні та «обмежено придатні», для зрошення ґрунтів через безпеку їх лужності та солонцювання ґрунтів.

Таблиця 3. – Структурно-агрегатний склад чорнозему типового (1985–1993 рр.)

Шар ґрунту, см	Вміст фракції (мм), %			Коефіцієнт структурності
	> 10	0,25–10,0	< 0,25	
Незрошуваний ґрунт, 1985 р.				
0–25	11,4	83,2	5,4	4,9
30–40	6,8	83,6	9,6	5,1
Зрошення (контроль, вар. 1) серпень 1985 р.				
0–25	28,7	69,5	7,7	2,0
30–40	13,2	80,8	6,0	4,2
Зрошення, гній + NPK (вар. 10) серпень 1985 р.				
0–25	29,2	67,3	3,4	2,2
30–40	11,5	32,4	6,3	4,8
Зрошення (контроль, вар. 1) серпень 1993 р.				
0–25	18,1	74,1	7,7	2,8
30–40	11,7	78,3	10,1	3,6
Зрошення, NPK (вар. 5) серпень 1993 р.				
0–25	27,2	69,6	2,9	2,2
30–40	34,1	62,4	3,4	1,6
Зрошення, гній + NPK (вар. 10) серпень 1993 р.				
0–25	27,0	70,5	2,3	2,3
30–40	32,4	66,9	1,6	1,9

Зміни водно-сольового режиму, фізико-хімічних та агрофізичних властивостей досліджуваних ґрунтів визначаються головним чином іонно-сольовим складом поливних вод (табл. 4).

Якщо до початку зрошення співвідношення кальцію до натрію в орному шарі складало 6,2:1, то в останній ротації – 1,0–1,1:1. Тобто відбулося звуження цього співвідношення за рахунок збільшення вмісту натрію та зменшення кількості кальцію в ГДК.

Таблиця 4. – Зміни окремих хімічних та фізико-хімічних властивостей чорнозему типового при зрошенні в орному шарі 0–30 см

Строк спостережень	Солі, %	Співвідношення водорозчинного Ca/Na	pH водяне	CaCO ₃ , %	Содостійкість мекв/100г ґрунту
Без удобрення (контроль, вар. 1)					
1968 (вихідні дані)	0,04	6,2	6,60	0,8	37,0
1989	0,04	1,1	7,30	0,7	30,4
1992	0,05	1,0	7,30	0,8	31,2
NPK (вар. 5)					
1968 (вихідні дані)	0,05	–	6,65	0,9	36,6
1989	0,05	–	7,30	0,9	30,9
1992	0,05	–	7,20	0,8	32,5
Гній + NPK (вар. 10)					
1968 (вихідні дані)	0,05	6,0	6,62	0,8	36,5
1989	0,04	1,2	7,23	0,8	30,3
1992	0,05	1,1	7,20	0,7	30,0

Реакція середовища в останній ротації стабілізувалася в сторону підлуження (рН водяне 7,3–7,2 замість 6,6 на початку ротації) спостерігалася слабка тенденція до зниження карбонатів в орному шарі ґрунту, яка свідчила про поступове зниження протисолонцюючої буферності ґрунту.

Величина содостійкості досліджуваних ґрунтів в роки застосування зрошення понизилась з 36,5–37,0 до 30,4–32,5 мекв/100 г ґрунту.

Відмічені також суттєві зміни в складі обмінно поглинутих катіонів (табл. 5). Вміст поглиненого кальцію мав тенденцію до зниження з 25,9 до 25,0 мекв/100 г ґрунту (з 84 до 78 %), вміст магнію та натрію – до підвищення 4,6 до 5,0–6,5 та з 0,2 до 0,4–0,5 мекв/100 г ґрунту відповідно (з 15 до 16–20 та з 0,6 до 1,2–1,6 %). Сумарна кількість натрію і калію в V і VI ротаціях була 0,7–0,8

мекв/100 г – ґрунту, або 2,1–2,5 % від суми поглинутих катіонів, тобто майже досягла рубежу віднесення ґрунту до слабкосолонцюватого.

Таблиця 5. – Динаміка обмінно поглинутих катіонів в шарі ґрунту 0–30 см чорнозему типового при зрошенні

Строк відбору зразків	Обмінні катіони, мекв/100 г ґрунту				Сума мекв/100 г ґрунту	Обмінні катіони, % від суми			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1968 (вихідний зразок)	25,9	4,6	0,2	0,3	31,0	84	15	0,6	0,9
1972 (1-а ротація)	25,8	5,0	0,5	0,3	31,6	82	16	1,6	0,9
1988 (5-а ротація)	25,0	6,5	0,4	0,3	32,2	78	20	1,2	0,9
1992 (6-а ротація)	25,0	6,4	0,5	0,3	32,2	78	20	1,5	1,0

Про це свідчать дані щодо активності іонів в досліджуваних ґрунтах (табл. 6).

За перші 8 років використання зрошення, активність іонів кальцію мала чітку тенденцію до зниження (з 8,0 – 6–6,5 мекв/л, натрію – до підвищення з 0,6 до 1,8–2,4 мекв/л). Потім процес підвищення активності натрію (як і поглинутого натрію) припинився.

За показниками термодинамічних потенціалів досліджувані ґрунти досягли рівня, коли їх можна віднести до слабосолонцюватих видів.

За рядом показників (відношення Са до На, вмісту поглинутого На та його активності, вмісту гумусу, щільності складання та структурно-агрегатного складу ґрунти перейшли з категорії недеградованих у слабодеградовані.

Цей факт визначає необхідність прийняття термінових заходів з їх захисту.

Таблиця 6. – Вплив зрошення на зміну термодинамічних показників у шарі 0–30 см чорнозему типового

Строк відбору зразків	pH	pNa	pCa	Активність іонів, мекв/л		$\frac{QNa}{\sqrt{QCa}}$	pH-pNa	pNa-0.5pCa
				Na	Ca			
1968 (вихідний зразок)	5,8	3,2	2,4	0,6	8,0	0,2	2,6	2,0
1972 (1-а ротація)	6,2	2,6	2,4	2,4	7,4	0,9	3,6	1,4
1976 (2-а ротація)	6,2	2,6	2,5	2,4	6,5	1,0	3,6	1,4
1980 (3-а ротація)	6,2	2,7	2,4	2,0	7,6	0,8	3,6	1,5
1984 (4-а ротація)	6,6	2,7	2,5	2,0	6,5	0,8	3,9	1,4
1988 (5-а ротація)	6,6	2,8	2,5	1,8	6,0	0,8	3,8	1,5
1992 (6-а ротація)	6,7	2,7	2,5	1,8	6,9	0,7	4,0	1,5

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити певні висновки:

1. Якісний склад поливних вод, які використовуються для зрошення, оцінюються як придатні та «умовно придатні» через загрозу лужності та солонцювання ґрунтів.

2. За рядом хімічних та фізико-хімічних властивостей досліджуваних ґрунтів досягнута відносна стабільність за вмістом солей та їх якісному складу, вмісту обмінно поглинутих катіонів, щільності складання та ін. Показники, що характеризуються довгим періодом росту, продовжують негативно змінюватися – знижується кількість катіонів кальцію, содостійкість, проходить погіршення структурно-агрегатного складу ґрунту.

3. За характером змін, що відбуваються, досліджувані ґрунти відносяться до слабодegradованих та потребують прийняття негайних заходів по їх захисту від подальшого розвитку деградаційних процесів у ґрунті.

2.1.3. Біологічна активність ґрунту

Біологічна активність ґрунту є одним із важливіших показників його родючості. Це складний комплекс біологічних та біохімічних процесів, які проходять в ґрунті у взаємозв'язку і взаємодії з погодними умовами та агротехнічними прийомами, що визначають його особливість [11].

Ще недостатньо досліджені процеси, які проходять в ґрунті за тривалого, систематичного застосування добрив під культурами інтенсивного типу, (просапні овочеві), в умовах короткоротаційної сівозміни.

Прийнята ланка овочевої сівозміни (чотири просапні інтенсивні культури) систематичне удобрення та зрошення певним чином вплинули на біологічну активність ґрунту. Із збільшенням числа мікроорганізмів в органічному середовищі зростала кількість актиноміцетів, азотобактеру, нітрифікуючих бактерій, активність інвертази, протеази та зменшувалась кількість грибів і активність каталази (табл. 7).

Під впливом систем удобрення відбулася суттєва перебудова структури мікробного угруповання. При цьому мав місце ріст мінералізаційної функції ценозу, стимулюючий процеси розкладання органічної речовини та трансформації сполук азоту.

Системи удобрення впливали на чисельність мікроорганізмів, які беруть участь в трансформації азоту та вуглецю, що проявилось в підсиленні процесів мобілізації азоту, в тому числі нітрифікації. Ріст чисельності денітрифікаторів свідчить про виникнення значних втрат газоподібного азоту в повітря та необхідності прийняття відповідних заходів.

Таблиця 7. – Біологічна активність ґрунту овочевої сівоzmіни

Показники	Без добрив (вар. 1)		NPK (вар. 5)		гній (вар. 6)		гній + NPK (вар. 10)	
	ротації							
	I	III	I	III	I	III	I	III
Основні морфологічні групи мікроорганізмів								
Загальна кількість мікроорганізмів на ПА, тис. шт./г	307	573	378	863	377	881	406	719
Актиноміцети, тис. шт./г	719	666	842	847	585	684	552	877
Гриби, тис. шт./г	1,0	0,7	1,2	0,9	1,0	0,8	1,0	0,7
Окремі фізіологічні групи мікроорганізмів								
Целюлозорозкладаючі мікроорганізми, %	56	74	62	73	56	173	61	74
Азотобактер, %	4	68	6	39	10	68	2	51
Нітрифікуючі бактерії, тис. шт./г	0,2	0,4	0,4	0,6	0,3	0,8	0,4	0,8
Активність ферментів								
Каталази, мл O ₂ /г ґрунту за 2 хв.	5,4	5,1	4,6	4,1	5,0	4,5	4,2	4,3
Інвертази, мг глюкози в 1г ґрунту*	33,5	47,0	34,1	49,5	35,2	49,9	32,6	48,0
Протетази, % розкладу желатину*	11,9	14,8	11,9	14,0	11,2	14,4	13,8	14,4

*Активність ферментів азоту за I та III ротації

* Інвертази, мл глюкози в 1 г ґрунту

За даними З.І. Гурової (1989), систематичне застосування добрив у овочевій сівоzmіні при зрошуванні на чорноземі малогумусному типовому у межах кожної ротації позитивно впливало на чисельність мікроорганізмів, що розвиваються на органічному середовищі (на пептонному агарі – ПА), актиноміцетів (на крохмалеаміачному агарі – КАА) та грибів (табл.7).

Слід зазначити, що чисельність мікроорганізмів у ґрунті, які розвиваються на ПА протягом трьох ротацій, поступово зростала незалежно від застосування добрив. Це можна пояснити підвищенням загальної культури землеробства. Загальна їх чисельність у третій ротації сівоzmіни при застосуванні добрив зросла порівняно з контролем без їх внесення на 25–54 %.

Чисельність актиноміцетів протягом трьох ротацій сівоzmіни була стабільною при застосуванні лише мінеральних добрив, а при внесенні тільки гною та гною у поєднанні з мінеральними добривами вона поступово (від першої до третьої ротації) збільшувалася. При чому у третій ротації сівоzmіни при органомінеральній системі застосування добрив, чисельність актиноміцетів була на 32 % більшою, ніж на контролі (без внесення добрив).

Чисельність грибів, у другій ротації зменшилась і була близькою до неї також у третій ротації, що можна пояснити зниженням актуальної та гідролітичної кислотності ґрунту. У цілому наведені вище результати визначення чисельності основних морфологічних груп мікроорганізмів для даного типу ґрунту.

Чисельність окремих фізіологічних груп мікроорганізмів за умов систематичного застосування добрив у сівоzmіні поступово від першої до третьої ротації збільшувалась (табл. 7).

У межах кожної ротації на чисельність целюлзорозкладаючих мікроорганізмів застосування добрив істотно не впливало, а збільшення їхньої чисельності у ґрунті від першої до третьої ротації сівоzmіни, зумовлене збільшенням нагромадження кількості корневих та післязбиральних решток

вирощуваних культур. Чисельність у ґрунті нітрифікуючих бактерій при систематичному застосуванні добрив в усіх ротаціях збільшувалась у 1,5–2 рази порівняно з чисельністю їх без внесення добрив, причому найбільшою вона виявилась у третій ротації на ділянках із застосуванням органічних добрив.

Систематичне внесення лише мінеральних добрив призвело у другій та третій ротаціях до зменшення порівняно з іншими варіантами дослідження чисельності азотобактера, що можна пояснити підкисленням ґрунтового розчину.

Систематичне застосування добрив у сівозміні – по різному позначається на активності окремих ферментів у ґрунті (див. табл. 7).

Активність окислювально-відновного ферменту каталази, при систематичному внесенні добрив у межах кожної з ротацій сівозміни помітно знижувалась, особливо у варіантах з внесенням мінеральних добрив, що є наслідком хімічних реакцій між ферментом та кислотними залишками мінеральних добрив.

Систематичне застосування добрив позитивно позначається у межах кожної ротації на активності ферменту інвертази при одночасному її підвищенні в усіх варіантах дослідження від першої до третьої ротації овочевої сівозміни. Така її активність у третій ротації є характерною для цього типу ґрунту.

На активність ферменту протеази систематичне внесення під культури овочевої сівозміни добрив, у межах кожної з ротацій, не має позитивного впливу.

Збільшення чисельності целюлозорозкладаючих мікроорганізмів при зрошенні, свідчить про посилення мінералізаційних процесів, які можуть привести до значних втрат гумусу. Про це свідчить посилення активності дегідрогенази – ферменту, що бере участь в процесах дихання (табл. 8).

Таблиця 8. – Зміна чисельності мікроорганізмів та показників біологічної активності чорнозему типового при зрошенні (1985, 1989 рр.)

Варіант	Нітри- фікатори	Целюлозо- розкладаючі	Денітри- фікатори	Активність дегідро- генази, мг ПФФ/100г грунту за добу	Загальна біологічна активність здви́г рН за 24 год.
	тис. в 1 г ґрунту				
Богара	2,24	63,8	4,6	74,5	2,0
Зрошення (контрольний варіант)	2,97	76,7	22,2	85,5	2,1
Зрошення NPK (вар. 5)	3,33	86,2	23,0	92,5	2,3
Зрошення гній + NPK (вар. 10	3,84	95,0	15,0	135,0	2,8

Тенденція вмісту гумусу в чорноземі типовому свідчить про поступове його зниження за роки зрошення на всіх варіантах досліджу.

Визначення вмісту рухомих органічних речовин та водорозчинного гумусу свідчить, що зрошення сприяє незначному, але закономірному його зниженню в порівнянні з незрошуваними умовами (табл. 9).

Відмічене явище можна пояснити тим, що в зрошуваному ґрунті більш енергійно проходять процеси мінералізації органічних речовин, внесення добрив, особливо мінеральних, супроводжується ростом вмісту рухомої органічної речовини.

Під впливом зрошення відбувалася трансформація мінеральної частини ґрунту, підтверджена даними по вивченню вмісту аморфного кремнію (збільшення з 300–340 до 570–920 мг/100г ґрунту) (табл. 10). Одна із причин цього явища – посилення лужного гідролізу (руйнування) алюмосилікатів в умовах підвищеної вологості та лужної реакції середовища. Як приклад, вміст

кремнію в зрошуваних водах становив 10–18, а в лізіметричних водах, одержаних з різних варіантів досліду – 28–35 мг/л.

Таблиця 9. – Зміна вмісту рухомих органічних речовин у чорноземі типовому при зрошенні

Варіант	Глибина шару, см	Рухома органічна речовина, %	Водорозчинний гумус, %
Богара	0–30	0,38	0,009
	30–50	0,13	0,009
Зрошення (контроль, вар. 1)	0–30	0,23	0,010
	30–50	0,22	0,013
Зрошення NPK (вар. 5)	0–30	0,34	0,014
	30–50	0,29	0,010
Зрошення гній + NPK (вар. 10)	0–30	0,28	0,010
	30–50	0,29	0,06

При зрошенні має місце лужний гідроліз та руйнування силікатної частини мінералів, які сприяють її розхитуванню та знижують стійкість.

Таблиця 10. – Вміст розчинних та аморфних форм кремнію у чорноземі типовому при зрошенні (1968, 1991 рр.)

Варіант	Глибина шару, см	Кремній, мг/100г ґрунту	
		водорозчинний	аморфний
Вихідний зразок (1968 р.)	0–20	17	340
	20–40	14	300
Зрошення (контроль, вар. 1)	0–30	26	920
	30–50	17	850
Зрошення (NPK, вар. 5)	0–30	21	690
	30–50	20	770
Зрошення (гній + NPK, вар. 10)	0–30	20	610
	30–50	20	570

На підставі проведених досліджень можна зробити наступний висновок, що систематичне тривале внесення добрив при вирощуванні овочевих культур не знижує біологічну активність ґрунту.

2.1.4. Токсикоз і алелопатія ґрунтовтоми

Ґрунтовтома – це комплексне природне явище, обумовлене багатьма причинами, більшість з яких (винос поживних речовин, розмноження специфічних бур'янів, шкідників, хвороб та мікроорганізмів, погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів та ін.) можна в якійсь мірі усунути шляхом застосування добрив, пестицидів, агротехнічними прийомами та впровадженням сівозмін з рекомендованим чергуванням культур.

Відомо багато факторів, що викликають близькі до ґрунтовтом явища. Вони пов'язані з накопиченням в ґрунті фізіологічно активних токсинів, які утворюються за умов хімічного взаємовпливу між собою рослин, внаслідок попадання в ґрунт їх корневих виділень та продуктів розкладу поживних і корневих решток попередників. Це відомі в науці явища, як алелопатія.

За беззмінного вирощування культур рослини впливають на ґрунт одностороннє.

Найбільше ґрунтовтому визиває беззмінне вирощування багатьох польових овочевих культур (цукрового буряку, льону, соняшнику, гороху, капусти, огірка та ін.) без застосування добрив. Систематичне внесення органічних та мінеральних добрив хоч і знімає несприятливий вплив беззмінного їх вирощування, але не знімає його повністю.

Особливе значення в боротьбі з ґрунтовтомою та несумісністю вирощуваних культур, має впровадження сівозмін, які виконують санітарну роль, як біологічний фактор. Вони важливі в боротьбі з токсичністю корневих виділень, хворобами, шкідниками, бур'янами.

Так, огірок, який вирощують на одному і тому ж полі протягом 2–3 і більше років уражується кореневими гнилями, бактеріозом; томат і картопля – фітофторою, чорною ніжкою та кільцевою гниллю капуста – судинним та слизистим бактеріозами. На попереднє місце повертати овочеві культури, які уражуються одними і тими ж хворобами та шкідниками потрібно не раніше ніж через 3–4, а пізню капусту та огірок – 5–7 років.

Явище ґрунтовтоми провокує цілий комплекс абіотичних і біогенних факторів, взаємопов'язаних між собою.

Вважають, що важливу роль в процесі ґрунтовтоми, тобто зменшення врожаю при повторних посівах культур однієї і тієї рослини, відіграють різні продукти відходів рослин, які виділяють через корені в ґрунт.

У теперішній час, все більше закріплюється думка про те, що корені не тільки поглинають з ґрунту різні речовини, але також виділяють в ґрунт деякі продукти життєвого обміну [8].

Останніми роками зафіксовано факти, які свідчать про токсичність рослинних решток, або продуктів їх розпаду.

Учені США встановили, що в пожнивних рештках багатьох культур містяться розчинні речовини, які гальмують проростання окремих культур.

Відомо, що солома пшениці, а також інші рослинні рештки стимулюють розвиток мікроорганізмів, які виділяють токсини. Близько 40 % мікроорганізмів, що були взяті на вивчення виділеної речовини, які гальмують ріст рослин. Особливо токсичними виявилися виділення патуліну, який у чистому вигляді в лабораторних умовах різко знижував схожість насіння. А внесення лише азотних добрив підсилювало токсичність. Внесення гною, вапна та NPK сприяло підвищенню біологічної активності ґрунту та зниженню кількості токсичних форм бактерій.

Систематичне застосування добрив сприяло зменшенню в ґрунті грибів та негативному впливу на мікрофлору беззмінного вирощування культур.

Одним зі шляхів придушення патогенних грибів в ризосфері кореневої системи можуть бути прийоми підвищення активності сапрофітної мікрофлори, а це перш за все внесення в ґрунт органічних речовин з достатнім вмістом азоту, наприклад, гною, сидератів.

Серед факторів, що викликають токсикоз ґрунту, особливу увагу заслуговує діяльність фітотоксичних форм ґрунтових мікроорганізмів.

Фітотоксичні властивості бактерій визначають методом біотестів.

Токсичними вважають бактерії, культуральна рідина яких пригнічує ріст корінців кукурудзи по відношенню до стерильного поживного середовища на 25% і більше. Для встановлення причин суттєвого зниження продуктивності сівозміни в умовах зрошення та систематичного застосування добрив від першої до четвертої ротації визначали токсичність ґрунту пророщуванням на його зразках у вигляді тест-культур: огірка, томату, капусти, які вирощувалися у овочевій сівозміні (табл. 11).

Установлено, що на зменшення довжини проростків і корінців овочевих культур, що пророщували на зразках ґрунту культур сівозміни в порівнянні з фільтрувальним папером певний вплив був від якості ґрунту.

Таблиця 11. – Токсичність ґрунту залежно від систематичного застосування добрив у овочевій зрошуваний сівозміні (1970–1982)

№ варіанта	Варіант досліджу	Біометричні показники тест-культур, см							
		огірок на ґрунт з-під огірка		томат на ґрунті з-під томата		капуста пізня на ґрунті з-під капусти		огірок на ґрунті з-під картоплі	
		проростків	корінців	проростків	корінців	проростків	корінців	проростків	корінців
1	Без внесення добрив (контроль)	0,7	2,4	2,2	2,5	1,3	1,8	1,9	3,8
5	N ₃₃₀ P ₄₅₀ K ₃₆₀	0,7	2,6	2,1	2,0	1,2	1,9	2,1	3,7
6	Гній еквівалентно по K ₂ O варіанту 5 (79 т/га)	1,0	3,0	2,2	2,2	1,5	2,2	2,0	3,9
10	Гній по варіанту 6 (79 т/га) + N ₃₀₃ P ₂₀₁ K ₃₆₀ по варіанту 7	0,9	2,8	2,2	2,1	1,4	2,0	2,1	3,3
	На фільтрувальному папері (без застосування ґрунту)	1,0	5,1	1,3	2,9	1,4	3,4	1,6	6,5

2.1.5. Продуктивність овочевих культур та родючість ґрунту за систематичного застосування добрив

Удобрення є найбільш ефективним та швидкодіючим прийомом підвищення продуктивності рослин у порівнянні з іншими агротехнічними заходами. Застосування їх з урахуванням біологічних особливостей рослин та ґрунтово-кліматичних умов є основою для збереження та відтворення родючості ґрунту.

На чорноземі типовому Лівобережного Лісостепу України в стаціонарному досліді з систематичним внесенням добрив визначали оптимальні системи удобрення в короткоротаційній сівозміні, які сприяють підвищенню продуктивності рослин і поліпшенню родючості ґрунтів (табл.12).

Агрохімічні показники чорнозему типового на варіанті без добрив (контролі) у стаціонарному досліді перед проведенням досліджень: рН сольове – 5,4; гідролітична кислотність – 3,7 мекв/100 г ґрунту; сума увібраних основ – 28 мекв/100 г ґрунту; ступінь насиченості основами – 89%; вміст гумусу – 4,6 %; рухомого фосфору – 10,6 мг, обмінного калію – 17,4 мг/100 г ґрунту (табл.1).

За період 4-х ротацій (1969–1992 роки) були виявлені закономірності впливу короткоротаційної сівозміни, систем удобрення, зрошення овочевих культур (огірка, томату, капусти пізньої, картоплі) на врожайність та родючість ґрунту.

За першої ротації (1969–1974 роки) отримали врожай: огірка – 31,5–39,7 т/га, томату – 39,9–49,2 т/га, капусти пізньої – 60,6–84,8 т/га, картоплі – 16,6–21,6 т/га при збереженні родючості ґрунту.

За другої ротації (1975–1980 роки) врожай склав: огірка – 30,4–38,5 т/га, томату – 49,1–67,8 т/га, капусти пізньої – 57,9–93,1 т/га, картоплі – 14,9–22,3 т/га.

Таблиця 12. – Урожайність овочевих культур і картоплі
в овочевій сівоzmіні за систематичного тривалого внесення добрив, т/га

Варі- анти	Система удобрєння	Огірок				Томат				Капуста пізня				Картопля			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Без добрив (контроль)	31,5	30,4	15,6	18,3	39,9	49,1	40,7	30,0	60,6	57,9	36,1	29,4	16,0	14,9	7,2	10,4
2	РК	36,7	35,1	19,4	22,2	42,8	55,0	48,6	35,8	61,2	53,3	36,4	35,1	18,7	17,6	9,2	12,8
3	NP	35,2	34,2	16,9	21,8	45,3	56,9	48,4	36,7	79,1	84,9	53,5	46,1	19,2	18,5	10,9	14,9
4	NK	35,9	34,9	19,5	23,1	45,3	59,1	53,0	37,4	80,4	86,0	62,9	51,3	19,3	20,0	11,2	15,6
5	NPК	38,0	38,1	22,4	24,4	49,2	66,8	54,6	41,3	84,8	89,8	61,6	53,8	21,6	22,3	12,3	18,0
6	Гній	36,3	36,6	21,2	24,3	43,0	56,1	48,9	38,5	70,7	76,5	48,7	41,7	17,9	18,2	9,5	13,9
7	NPК екв. гною	35,5	36,1	21,4	22,2	43,9	59,3	54,1	38,5	77,5	86,0	57,3	47,2	19,1	19,6	10,9	16,9
8	Гній + N	36,8	38,5	21,7	25,6	45,3	58,3	51,2	36,7	79,0	92,2	58,9	53,1	18,5	19,7	11,0	15,4
9	Гній + NP	36,3	37,7	22,3	25,9	47,6	60,0	52,8	38,8	82,9	90,9	62,9	53,2	18,8	19,6	11,4	16,2
10	Гній +NPК	39,7	37,6	24,3	26,6	47,7	65,0	55,7	41,7	81,6	93,1	54,9	51,6	20,9	21,7	11,5	17,7
11	½ гною + ½ NPК	35,9	35,1	21,9	24,6	45,8	61,3	54,3	39,8	77,3	86,3	51,8	52,0	19,7	19,6	10,5	12,5
12	НК+Р в запас під 2 культури: томат і картоплю	36,3	35,8	22,3	23,6	48,2	67,8	54,7	44,6	81,2	87,2	60,2	51,2	21,1	21,8	11,8	18,7
НІР ₀₉₅		3,1	3,2	1,8	2,9	4,5	5,1	3,7	3,4	8,5	7,8	11,7	11,4	2,8	2,1	1,2	2,5

* Примітка: 1, 2, 3, 4 – ротації

У третій і четвертій ротаціях спостерігали зміни з погіршенням урожайності і показників родючості ґрунту.

За третьої ротації (1981–1986 роки) отримали врожай: огірка – 15,6–24,3 т/га, томата – 40,7–55,7 т/га, капусти пізньої – 31,6–64,9 т/га, картоплі – 7,2–12,3 т/га.

За четвертої ротації (1987–1992 роки) отримали врожай огірка – 18,3–26,6 т/га, томата – 30,0–44,6 т/га, капусти пізньої – 29,4–53,8 т/га, картоплі – 10,4–18,7 т/га.

Не дивлячись на те, що прирости врожаїв від удобрення залишилися майже на рівні перших двох ротацій, абсолютна врожайність культур знизилася, хоча не було порушено жодних елементів технології вирощування. В кінці четвертої ротації актуальна кислотність знизилася до 6,1, гідролітична кислотність відповідно до 1,7 мекв/100 г ґрунту, сума поглинутих основ підвищилася до 31,3 мекв/100 г ґрунту, а ступінь насиченості основами відповідно до 94,9%, вміст гумусу зменшився до 4,3%, рухомий фосфор та обмінний калій підвищилися відповідно до 16,4 мг і 18,7 мг/100 г ґрунту.

Внесення 60 т/га гною за ротацію, тобто 15 т/га сівозмінної площі було недостатнім для підтримання бездефіцитного балансу гумусу.

Зміна фізико-хімічних властивостей зрошуваних чорноземів відобразилася на структурно-агрегатному їх складі. Вміст глибистої фракції (> 10 мм) різко виріс, а вміст агрономічно-цінних агрегатів (0,25–10 мм) відповідно знизився. Знизився коефіцієнт структурності зрошуваних ґрунтів з 4,9 до 2,0 (табл.3).

Якщо до початку зрошення співвідношення Са : На в орному шарі складало 6,2:1, то в кінці останньої ротації – 1,0–1,1 : 1, тобто відбулося звуження цього співвідношення за рахунок збільшення вмісту натрію та зменшення кількості кальцію в ґрунтово-поглинаючому комплексі. Реакція середовища стабілізувалася в сторону підлугування (рН водяне 7,3–7,2 замість 6,6 на початку ротації) (див. табл.4).

За характером змін, які відбулися, досліджувані чорноземи перейшли із категорії недеградованих в слабодеградовані. Прийнята ланка овочевої сівозміни (чотири просапні інтенсивні культури), систематичне удобрення та зрошення певним чином вплинули на біологічну активність ґрунту. Спостерігався ріст мінералізаційної функції цинозу, стимулюючий процес розкладу органічної речовини, посилились процеси мобілізації азоту, в тому числі нітрифікації, спостерігався ріст чисельності денітрифікаторів, целюлозорозкладаючих мікроорганізмів, посилилась активність дегідрогенази – ферменту, що бере участь у процесах дихання, відбулося поступове зниження гумусу в порівнянні з незрошуваними ґрунтами (див. табл. 8, 9).

Серед причин, що негативно вплинули на зниження продуктивності овочевої сівозміни є токсичність ґрунту. Установлено, що на зменшення довжини проростків і корінців пророщених насінин овочевих рослин огірка, томату, капусти пізньої на зразках ґрунту, де вирощували ці овочеві рослини впродовж 4-х ротацій, впливала токсичність самого ґрунту в порівнянні із насінинами, вирощуваними на фільтрувальному папері (табл.11).

Наведені результати досліджень свідчать про те, що за тривалого, більше 16-річного, використання ланки овочевої сівозміни з просапними культурами в умовах зрошення на чорноземі типовому важкосуглинковому відбулися негативні процеси в ґрунті: погіршився фізико-хімічний стан, порушена структура ґрунту під дією поливів коротко- та далекоструминними поливними агрегатами, частими рихленнями міжрядь, зменшився вміст Ca^{++} та збільшився вміст Na^{+} в ґрунтово-поглинальному комплексі, погіршилися умови для мікробіологічної діяльності, спостерігалось накопичення корневих виділень, шкідливих для росту і розвитку рослин. Ці та інші умови негативно вплинули на врожайність овочевих рослин в стаціонарному досліді.

2.1.6. Якість продукції залежно від систематичного застосування добрив

Якість овочів певною мірою залежить від норм і співвідношень елементів живлення. При нестачі азоту порушується обмін речовин у рослини, зменшується вміст цінних поживних речовин. Разом з тим, при надмірній кількості азоту зменшується вміст цукру, вітамінів і збільшується вміст азотистих сполук.

Фосфорні і калійні добрива сприяють накопиченню цукру і аскорбінової кислоти в овочах. Систематичне внесення добрив в овочевій сівозміні забезпечило високу її якість. Овочі мали високі біохімічні показники, а в плодах огірка зростав вміст аскорбінової кислоти, в плодах томату під впливом внесення добрив збільшувався вміст сухої речовини на 0,2–0,7 %, цукрів – на 0,1–0,2 %, аскорбінової кислоти – на 1,5–0,4 мг/100г, від застосування мінеральних добрив та на 1,2–0,1 мг/100г від органічних та сумісно з мінеральними.

Вивчення впливу систематичного внесення добрив на біохімічні показники капусти білоголової пізньої показало, що внесення добрив дещо зменшує в головках капусти пізньої сухої речовини на 0,6%, загального цукру – на 0,2%, аскорбінової кислоти – на 4,0 мг/100г по відношенню до контролю (без внесення добрив) про що свідчать дані таблиці 13.

Останнім часом до овочевої продукції ставляться вимоги, щоб вона не тільки мала добрі смакові якості, високі біохімічні показники, а й не містила надлишку нітратів (NO_3), які негативно впливають на здоров'я людей. Накопичення нітратів в овочевій продукції залежить не лише від внесення азотних добрив, а й від деяких агротехнічних прийомів (загущення посівів, застосування гербіцидів, вирощуваного сорту, нестачі мікроелементів тощо).

Такі культури як огірок, томат не накопичують нітратів більше гранично допустимої концентрації, незважаючи на внесення підвищених норм азотних добрив.

Таблиця 13. – Біохімічні показники плодів овочевих культур залежно від систематичного внесення добрив (УкрНДЦОБ – ІОБ НААН)

Показник	Без внесення добрив	РК	НРК	Гній	Гній + НРК
Огірок (1981–1983 рр.)					
Суша речовина, %	4,7	4,9	4,7	4,8	4,6
Загальний цукор, %	2,3	2,2	2,1	2,2	2,1
Аскорбінова кислота, мг %	11,8	12,4	12,9	13,0	13,8
Томат * (1982–1984 рр.)					
Розчинна суша речовина, %	4,9	5,1	5,3	5,1	5,6
Загальний цукор, %	3,4	3,5	3,6	3,5	3,6
Аскорбінова кислота, мг %	20,8	22,3	21,2	22,0	20,9
Капуста пізня (1983–1985 рр.)					
Суша речовина, %	8,7	8,5	8,2	8,2	8,1
Загальний цукор, %	4,5	4,5	4,3	4,3	4,2
Аскорбінова кислота, мг %	38,4	36,2	33,7	34,8	34,4
Картопля * (1984–1986 рр.)					
Суша речовина, %	23,9		28,1		23,6
Загальний цукор, %	12,9		13,0		12,5
Аскорбінова кислота, мг %	15,0		19,0		20,0

* томат і картоплю вирощували по післядія гною + НРК

Капуста пізня незалежно від удобрення містить нітратів більше ніж будь-яка інша овочева культура, що пояснюється її біологією.

Про накопичення нітратів у продуктах переробки, наприклад томатів, свідчать дані (табл.14) одержані в тимчасових дослідях.

Під впливом теплової обробки (виготовлення томатного соку) в продукції в 2 рази зменшується вміст нітратів. У плодах солоних томатів під впливом зеленних культур (кропу, петрушки та ін.) вміст нітратів збільшується 1,5 рази в порівнянні із свіжими томатами. Вилугувані нітрати із спецій зеленних культур частково перейшли в розсіл солоних томатів.

Таблиця 14. – Вплив добрив на вміст нітратів у томатопродуктах (1981 р.)

Варіант	Томати свіжі	Томати солоні	Томатний сік	Розсіл
	NO ₃ , мг на 1 кг продукту		NO ₃ , мг на 1 л продукції	
Без внесення добрив	55,8	99,2	27,9	157,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,4	88,1	31,4	140,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	62,4	99,2	31,4	140,0
N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀	62,4	99,2	31,4	140,0
N ₄₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	62,4	88,1	31,4	140,0

2.2. Овочево-кормова дев'ятипільна сівозміна

Для вирішення задач збереження і відтворення родючості ґрунту, та отримання бездефіцитного балансу гумусу і на цій основі підвищення врожайності овочевих і інших культур, була проведена реконструкція стаціонарного дослід з введенням дев'ятипільної овочево-кормової сівозміни із застосуванням систем удобрення, направлених на підвищення норм внесення гною на гектар сівозмінної площі (табл. 15).

Таблиця 15. – Схема дослід після реконструкції сівозміни

№ вар.	Система удобрення в овочево-кормовій сівозміні (з розрахунку на 1 га сівозмінної площі)
1.	Без добрив (контроль)
2.	7 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)
3.	14 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)
4.	21 т гною (врозкид)
5.	N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)
6.	14 т гною (врозкид)
7.	7 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)
8.	14 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)
9.	21 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)
10.	14 т гною (врозкид) + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально)
11.	21 т гною (врозкид) + N ₁₅ P ₁₄ K _{12,5} (локально)
12.	28 т гною (врозкид)

2.2.1. Відтворення родючості чорнозему типового під впливом дев'ятипільної овочево-кормової сівозміни та тривалого застосування добрив

Агрономічна роль сівозміни, особливо в умовах інтенсивного землеробства – це узгодження вимог культурних рослин з кліматом, властивостями ґрунту, біологічними особливостями вирощування рослин.

За даними Інститут овочівництва і баштанництва НААН овочеві культури краще вирощувати в спеціалізованих сівозмінах з таким чергуванням: 1 – ячмінь з підсівом багаторічних бобових трав, 2 – багаторічні бобові трави 1-го року, 3 – багаторічні бобові трави 2-го року використання, 4 – огірки, 5 – пшениця озима, 6 – цибуля ріпчаста, 7 – томат, 8 – капуста білоголова пізньостигла, 9 – коренеплоди.

Оптимальні дози добрив вносяться під кожен культуру, за винятком коренеплодів, які добре використовують післядію добрив. Така сівозміна впливає на стабілізацію і збереження родючості ґрунту. На неудобреному ґрунті припинилося падіння вмісту гумусу, який спостерігали в овочевій сівозміні з просапними культурами (огірок, томат, капуста пізня, картопля) протягом 4-х ротаций (16 років). Знизилася кислотність (рН сольове) з 5,3 до 6,0, гідролітична кислотність – з 3,9 до 1,43 мекв/100 г ґрунту зросла сума поглинутих основ з 26,2 до 30,4 мекв/100 г ґрунту, зріс ступінь насиченості основами, збільшилася кількість рухомого фосфору та обмінного калію (табл.16).

Установлено, що при вирощуванні в сівозмінах багаторічних бобових трав у ґрунті накопичується азот за рахунок азотофіксуючих бактерій, а також велика кількість органічної речовини за рахунок непродуктивної частини врожаю (до 40–50 % від загальної біомаси рослин залишається в полі, їх заорюють). У біомасі міститься 91–118 кг/га азоту (N), 30–38 кг/га фосфору (P_2O_5) і 48–54 кг/га калію (K_2O).

Ефективне використання добрив за умов систематичного, тривалого їх використання в сівозмінах овочево-кормового типу є одним із факторів підвищення врожайності рослин.

Таблиця 16. – Агрохімічна характеристика ґрунту стаціонарного дослідів від тривалого застосування добрив у сівозміні після реконструкції (1967–2012 рр.)

	Система удобрення (з розрахунку на 1 га сівозмінної площі)	рН сольове		Гідролітична кислотність		Сума поглинених основ		Гумус, %		Рухомий фосфор		Обмінний калій	
		мг-екв/100 г ґрунту						мг/кг ґрунту					
		Роки досліджень											
		1967	2012	1967	2012	1967	2012	1967	2012	1967	2012	1967	2012
1	Без добрив (контроль)	5,3	6,0	3,9	1,43	26,2	30,4	4,4	4,17	96	102,6	90	139
2	7 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)	5,2	5,9	3,9	1,91	26,5	33,8	4,4	4,23	96	185,4	120	177
3	14 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)	5,2	5,7	4,1	2,07	25,9	30,6	4,4	4,35	103	226,8	139	183
4	21 т гною (врозкид)	5,2	6,1	4,1	1,36	26,5	33,6	4,4	4,25	104	168,6	134	184
5	N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)	5,4	6,0	4,1	2,07	26,2	32,4	4,5	4,16	99	166,8	119	211
6	14 т гною (врозкид)	5,0	5,9	4,1	1,24	25,3	33,3	4,4	4,39	97	162,0	120	195
7	7 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	5,3	6,0	4,1	1,91	26,1	31,1	4,4	4,23	111	177,6	131	214
8	14 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	5,2	6,1	3,9	1,74	25,6	31,2	4,3	4,28	100	161,4	128	205
9	21 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	5,3	6,2	3,9	1,38	25,5	31,0	4,3	4,30	100	180,6	145	193
10	14 т гною (врозкид) + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально)	5,2	5,9	4,1	2,05	25,9	30,8	4,3	4,27	104	183,6	136	148
11	21 т гною (врозкид) + N ₁₅ P ₁₄ K _{12,5} (локально)	5,3	6,2	4,0	1,33	26,3	32,9	4,4	4,23	106	197,4	147	190
12	28 т гною	5,3	6,2	4,0	1,38	26,0	32,9	4,4	4,28	106	199,8	148	178
	НІР _{0,95}	0,21	0,44	0,45	0,26	1,58	2,88	0,3	0,41	18,6	17,6	16,9	22,3

За результатами довготривалих досліджень визначено оптимальні системи удобрення під овочеві культури в овочево-кормовій сівозміні, які забезпечують приріст урожайності до 50%, сприяють припиненню деградаційних процесів у ґрунті, зниженню кількості органічної речовини (гумусу), зміни кислотно-лужних властивостей ґрунту, токсикозу, а також поліпшують агрофізичні властивості та фітосанітарний стан.

Для розширеного відтворення родючості ґрунту, підвищення врожайності овочевих культур на зрошуваних чорноземах Лівобережного Лісостепу України рекомендується:

В овочевих сівозмінах застосовувати органо-мінеральну систему удобрення, щоб на 1 га сівозмінної площі припадало не менше 20–25 т гною.

При розробці науково обґрунтованої системи удобрення в сівозміні необхідно мати два поля з багаторічними травами, два поля зернових, визначати оптимальні дози добрив під кожну культуру сівозміни окремо на підставі біологічних властивостей культур, агрохімічних показників ґрунту, рівня запланованого врожаю.

На чорноземах типових малогумусних з середнім рівнем забезпеченості поживними речовинами рекомендуються такі системи удобрення для овочевих культур в овочево-кормових сівозмінах:

– для одержання врожаю огірка – 27,0–40,0 т/га – гній 33–40 т/га + $N_{60-90} P_{60-120} K_{45-90}$ (врозкид), або 33 т/га гною + $N_{45} P_{30} K_{30}$ (локально);

– томата 41,0–63,0 т/га – мінеральна система удобрення – $N_{90-135} P_{120} K_{90}$ (урозкид) або $N_{60} P_{60} K_{45}$ (локально) по післядії органічних добрив (30–40 т/га гною);

– капусти пізньої 54,0–93,0 т/га – органо-мінеральна система удобрення 30 т/га гною + $N_{60-120} P_{60-120} K_{90-120}$ (урозкид), або 40 т/га гною + $N_{60} P_{60} K_{45}$ (локально), мінеральна система удобрення – $N_{120} P_{120} K_{90}$;

– цибулі на ріпку 24,0–28,0 т/га – органо-мінеральна система удобрення 30 т/га перегною + $N_{45} P_{45} K_{45}$ або мінеральна система удобрення $N_{120} P_{120-180} K_{120}$ (урозкид);

– буряка столового 45–65,0 т/га – $N_{30-60}P_{30-60}K_{60-120}$ (урозкид), або доцільно вирощувати по післядії добрив, внесених під попередні культури сівозміни, це забезпечує високий приріст урожаю до 50%.

Щоб запобігти нагромадженню надлишкового вмісту нітратів в продукції необхідно:

– уникати застосування підвищених (більше 150 кг/га діючої речовини) доз азотних добрив перед посівом чи висадкою розсади овочевих культур, здатних накопичувати багато нітратів (капуста, буряк столовий, зеленні культури);

– витримувати оптимальне співвідношення азоту до калію в складі мінеральних добрив ($N:K_2O$ як 1:1,5–2,0);

– обов'язково використовувати органо-мінеральні, фосфорно-калійні, або повільнодіючі добрива;

– при виборі форм азотних добрив перевагу слід віддавати амонійним формам азоту;

– уникати проведення пізніх азотних підживлень у другу половину вегетаційного періоду;

– доцільно частину загальної дози калійних добрив (30–40%) внести і підживлення не пізніше кінця липня місяця, в період формування качанів капусти та коренеплодів;

– застосовувати технологічні способи переробки та кулінарної доробки овочів, бланшування, промивання водою, зняття шкірки та ін.;

– при вирощуванні сортименту овочевих культур в господарствах розташованих в приміських, забруднених викидами важких металів районах, перевагу слід віддавати: огірку, томату, капусті як культурам, які володіють захисним механізмом їх накопичення.

У Лівобережному Лісостепу України на чорноземі типовому при зрошенні овочеві культури слід вирощувати в сівозмінах, де багаторічні трави і зернові види рослин займають не менше 45% площі, а овочеві – не більше 55%.

2.2.2. Продуктивність овочевих культур у дев'ятипільній овочево-кормовій сівозміні

Розроблені системи удобрення: мінеральна, органічна та органомінеральна забезпечували підвищення врожайності сільськогосподарських культур в кормовій сівозміні за період 2004–2014 рр. (табл.17–19).

Урожайність ячменю на контролі (без добрив) – 2,8 т/га та на варіанті (гній + NPK) – 4,1 т/га, багаторічних бобових трав першого року використання відповідно – 32,1 і 34,9 т/га; трав другого року використання – 27,3 і 30,4 т/га; пшениці озимої – 3,9 і 6,4 т/га; огірка – 25,3 і 35,6 т/га від внесення NPK.

Потрібно відмітити, що за рахунок низького рівня врожайності цибулі ріпчастої у 2009–2010 роках в середньому за роки досліджень урожайність без застосування добрив становила 6,2 т/га. Використання різних систем удобрення в сівозміні обумовлює підвищення урожайності культури на 19,4–37,1%. Найбільш оптимальним при вирощуванні цибулі ріпчастої є використання органічних добрив в сівозміні (як з внесенням мінеральних добрив, так і без них); приріст урожайності при цьому коливався в межах 2,0–2,3 т/га. За післядії 21 т/га гною та післядія 7 т/га гною + $N_{45}P_{45}K_{45}$ відмічено істотне зростання вмісту аскорбінової кислоти в цибулинах (7,11–7,33 мг/100 г).

Застосування органо-мінеральних систем удобрення (післядія 7–21 т/га гною + $N_{15-60}P_{14-57}K_{12,5-50}$) забезпечує зростання загальної урожайності томата на 10,5–11,5 т/га (39,8–43,6 %), внесення тільки мінеральних добрив – на 11,3 т/га (42,8 %). Післядія органічних добрив (14–28 т/га) мала найменший вплив на урожайність томата. За післядії 14 т/га гною + $N_{30}P_{28}K_{25}$ відмічалось суттєве зростання в плодах кількості сухої розчинної речовини та загального цукру, за післядії 21 т/га гною + локально $N_{15}P_{14}K_{12,5}$ – вміст сухої розчинної речовини та аскорбінової кислоти. Суттєве збільшення

кількості загального цукру в плодах також відмічалось за варіантами післядії 14 т гною + врозкид $N_{60}P_{57}K_{50}$ та 14 т гною + локально $N_{30}P_{28}K_{25}$ (3,51–3,63%).

Визначено, що в зрошуваній овочево-кормовій сівозміні за вирощування капусти білоголової пізньостиглої використання різних систем удобрення забезпечує підвищення урожайності на 17,3–19,4 т/га або 46,2–51,9% відносно контролю з урожайністю 37,4 т/га. Найбільш ефективним було використання органо-мінеральної системи удобрення (14 т/га гною + $N_{60}P_{57}K_{50}$, 7 т/га гною + $N_{30}P_{28}K_{25}$ та 14 т/га гною + локально $N_{30}P_{28}K_{25}$) та мінеральної ($N_{60}P_{57}K_{50}$); за даними системами удобрення загальна урожайність капусти становила 56,3–56,8 т/га.

Використання органо-мінеральної системи удобрення обумовлює суттєве зростання вмісту аскорбінової кислоти в головках капусти (27,57–27,99 мг/100 г); внесення тільки органічних добрив сприяє збільшенню вмісту сухої речовини (8,06%) та загального цукру (4,22%); застосування тільки мінеральних добрив – вмісту загального цукру (4,13%). Вміст нітратів в головках від внесення добрив зростає, але знаходився нижче рівня ГДК (500 мг/кг сирової маси).

Встановлено, що за вирощування буряка столового в зрошуваній овочево-кормовій сівозміні післядії різних систем удобрення забезпечує підвищення загальної урожайності на 6,2–16,1 т/га або 16,2–42,0% відносно контролю з урожайністю 38,3 т/га. Високий рівень урожайності (52,4–54,4 т/га) обумовлює післядії спільного використання органічних та мінеральних добрив (14–21 т/га органічних добрив + врозкид $N_{30}P_{28}K_{25}$, 21 т/га органічних добрив + локально $N_{15}P_{14}K_{12,5}$ з розрахунку на 1 га сівозмінної площі). Післядії використання органо-мінеральної системи удобрення забезпечує підвищення вмісту в коренеплодах аскорбінової кислоти (13,22–14,44 мг/100 г) та бетаніну (364–465 мг/кг), обумовлює тенденцію до зниження вмісту загального цукру.

Таблиця 17. – Урожайність зернових культур та багаторічних трав в зрошуваний овочево-кормовій сівозміні
(2004–2009 рр.)

Система удобрення в сівозміні	Урожайність, т/га			
	ячмінь	багаторічні трави 1 р.к.	багаторічні трави 2 р.к.	озима пшениця
Без добрив (контроль)	2,8	32,1	27,3	3,9
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	3,9	32,1	28,6	4,8
14 т гною	3,3	33,6	28,8	4,0
21 т гною	3,7	35,8	29,0	6,6
7 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	4,1	34,9	30,4	6,4
7 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	3,7	33,2	28,0	4,4
14 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	4,2	33,7	26,5	4,8
21 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	3,8	36,1	27,7	5,3
НІР _{0,95} за роками	0,31; 0,44; 0,32	2,7; 1,9; 2,2	2,5; 1,8; 4,2	0,48; 0,42

Таблиця 18. – Вплив різних систем удобрення на урожайність огірка в зрошуваній овочево-кормовій сівозміні, (2005–2007 рр.)

Система удобрення	Товарна урожайність, т/га	приріст, %
Без добрив (контроль)	25,3	–
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	31,8	26
14 т гною	31,2	23
21 т гною	36,0	42
7 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	35,6	41
7 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	32,4	28
14 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	35,2	39
21 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	36,4	44
НІР _{0,95} за роками	2,4; 1,6; 1,9	

Правильне використання добрив сприяє відтворенню родючості ґрунту, підвищенню продуктивності культур і зниженню собівартості продукції, тобто застосування добрив – це економічно вигідний технологічний прийом вирощування сільськогосподарських видів культур.

Динаміка зміни вмісту гумусу в чорноземі типовому в залежності від різних систем удобрення в овочево-кормовій сівозміні (1967–2012 рр.) свідчить про поступове підвищення вмісту гумусу (рис.1).

Вміст гумусу на варіанті 1 (без добрив) контролі в 1967 році був 4,39%; в 1984 – 3,89%; в 1994 – 3,89%; в 2005 – 4,11%; в 2012 – 4,17%.

На варіанті 10 (гній + NPK) відповідно: в 1967 р. – 4,30%; в 1984 р. – 3,93%; в 1994 р. – 4,03%; в 2005 р. – 4,17%; в 2010 р. – 4,30%.

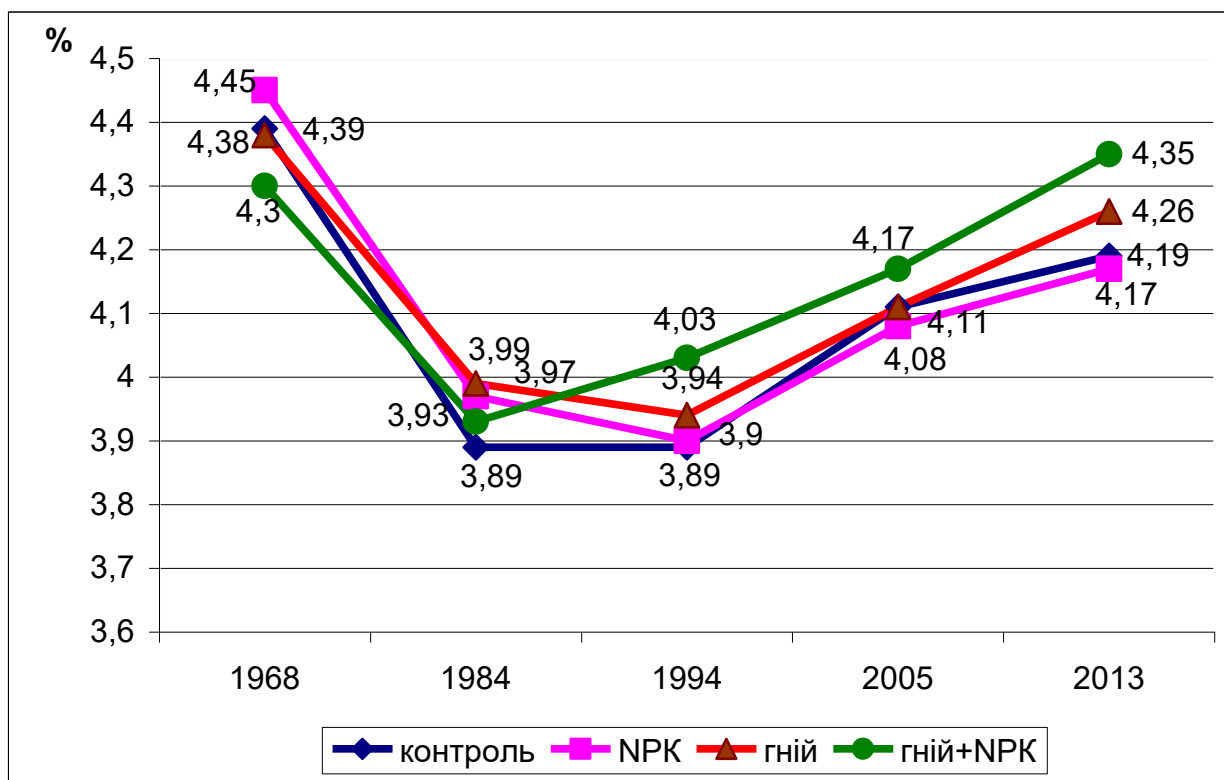


Рис.1. – Динаміка зміни вмісту гумусу в чорноземі типовому в залежності від різних систем удобрення в овочево-кормовій сівозміні (1967–2013 рр.)

Таблиця 19. – Вплив різних систем удобрення на урожайність овочевих рослин в зрошуваній овочево-кормовій сівоzmіні
(2009–2014 рр.)

	Система удобрення сівоzmіни (з розрахунку на 1 га сівоzmінної площі)	цибуля ріпчаста (2009– 2011 рр.)		томат (2010–2012 рр.)		капуста білоголова (2011–2013 рр.)		буряк столовий (2012– 2014 рр.)	
		загальна урожайність, т/га	приріст до контролю, %	загальна урожайність, т/га	приріст до контролю, %	загальна урожайність, т/га	приріст до контролю, %	загальна урожайність, т/га	приріст до контролю, %
1	Без добрив (контроль)	6,2	–	26,4	–	37,4	–	38,3	–
2	7 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	8,4	35,5	36,9	39,8	54,7	46,3	44,5	16,2
3	14 т гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	8,5	37,1	36,9	39,8	56,8	51,9	47,6	24,3
4	21 т гною	8,2	32,3	33,9	28,4	54,2	44,9	46,6	21,7
5	N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (врозкид)	7,4	19,4	37,7	42,8	56,3	50,5	50,4	31,6
6	14 т гною	7,0	12,9	33,9	28,4	55,3	47,9	44,8	17,0
7	14 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	7,8	25,8	37,6	42,4	55,5	48,4	48,7	27,2
8	21 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	7,8	25,8	37,9	43,6	54,9	46,8	52,4	36,8
9	7 т гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (врозкид)	7,4	19,4	37,0	40,2	56,7	51,6	48,7	27,2
10	14 т гною (врозкид) + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально)	7,6	22,6	37,5	42,0	56,6	51,3	54,4	42,0
11	21 т гною (врозкид) + N ₁₅ P ₁₄ K _{12,5} (локально)	7,6	22,6	37,7	42,8	55,6	48,7	53,9	40,7
12	28 т гною	7,9	27,4	34,2	29,5	56,0	49,7	48,7	27,2
НІР _{0,95} за роками		0,48; 0,42; 2,2		1,95; 3,26; 5,02		5,24; 6,07; 4,85		4,12; 4,75; 6,24	

2.2.3. Баланс поживних речовин в ґрунті

Зафіксовано підвищення вмісту рухомого фосфору та обмінного калію в ґрунті. Баланс поживних речовин за ротацію був від'ємним за азотом, фосфором і калієм на варіанті без добрив (контроль) у зв'язку з відчуженням елементів живлення, валовим урожаєм і непродуктивною його масою (таблиці 20–21). Для забезпечення позитивного балансу азоту, фосфору й калію при низькому вмісті їх рухомих сполук у ґрунті, необхідно вносити дози добрив, які значно перевищують відчуження цих елементів з поля, тобто на 1 га сівозмінної площі необхідно застосовувати органо-мінеральну систему удобрення з розрахунку 7 т/га гною + $N_{60} P_{57} K_{50}$ або 14 т/га гною + $N_{30} P_{25} K_{25}$ локально навесні залежно від наявності поживних елементів в ґрунті.

Добрива врозкид органічні і мінеральні рекомендовано застосовувати восени під зяблеву оранку. Локально мінеральні добрива вносити навесні перед сівбою під майбутній рядок, обов'язково з фіксацією рядків (можна фосфорно-калійні добрива внести восени, азотні – навесні перед сівбою по цих самих рядках) культиватором-рослинопідживлювачем, або комбінованою сівалкою разом з посівом на глибину 3–4 см нижче висіву насіння.

Правильне використання органічних та мінеральних добрив сприяє відтворенню родючості ґрунту, збільшенню продуктивності рослин і зниженню собівартості продукції, тобто застосування добрив в сівозміні – це економічно вигідний технологічний прийом вирощування сільськогосподарських видів рослин.

Економічну ефективність використання добрив при вирощуванні основних овочевих культур в зрошуваній овочево-кормовій сівозміні в повній мірі характеризує розрахунковий чистий прибуток та рентабельність виробництва. Чистий прибуток визначають як різницю між вартістю всього товарного врожаю культури та загальними витратами на її вирощування, включаючи вартість добрив та витрати на їх внесення.

Таблиця 20. – Баланс поживних речовин у ґрунті в овочево-кормовій сівозміні (1995–2003 рр.)

№ варіанта	Сумарно внесено за ротацією				Разом			Винос відчуженою продукцією		
	ґною, т/га	мінеральних елементів, (NPK кг діючої речовини)								
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль	—	—	—	—	—	—	789	253	638
3	136	540	510	450	1082	838	992	1076	351	831
5	—	540	510	450	540	510	450	1069	333	811
6	126	—	—	—	542	328	542	1046	414	885
10	126	270	255	225	812	583	767	1113	366	961

№ варіанта	Баланс			Коефіцієнт використання					
				з ґною, т/га			з мінеральних добрив		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	–789	–253	–638	–	–	–	–	–	–
3	+6	+487	+161	47,4	49,1	45,1	5,5	–	–
5	–529	+177	–361	–	–	–	51,8	15,7	38,4
6	–504	–86	–343	47,4	49,1	45,1	–	–	–
10	–301	+217	–194	47,4	49,1	45,1	24,8	–	33,8

Таблиця 21. – Баланс поживних речовин у ґрунті овочево-кормової сівозміни (2003–2014 рр.)

№ вар.	Сумарно внесено за ротацію							Винос відчуженою продукцією, кг/га			Баланс, кг/га			Коефіцієнт використання					
	Гною, т/га	Мінеральних добрив (д.р.)			Разом, кг/га д.р.									з гною			з мінеральних добрив		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
1	–	–	–	–	–	–	–	561	249	529	–561	–249	–529	–	–	–	–	–	–
3	126	540	510	450	1170	825	1156	820	324	730	+350	+501	+426	33,3	20,3	26,2	9,1	2,2	3,6
5	–	540	510	450	540	510	450	689	308	693	–149	+202	–243	–	–	–	23,7	11,6	36,4
6	126	–	–	–	630	315	706	771	313	714	–141	+2	–8	33,3	20,3	26,2	–	–	–
10	126	270	255	225	900	570	931	814	345	747	+86	+225	+184	33,3	20,3	26,2	15,9	12,5	14,7

2.2.4. Економічна ефективність застосування добрив

Застосовування добрив у сівозмінні забезпечує високий прибуток (табл. 22).

Найвищий чистий прибуток одержано від вирощування огірка при внесенні 66 т/га гною з мінеральними добривами в дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 26183 грн/га, рентабельність 99,8%. Від вирощування томатів при внесенні $N_{120}P_{120}K_{90}$ одержано чистий прибуток 23100 грн/га, рентабельність 69,1 %, від капусти білоголової пізньої прибуток одержано 22286 грн/га, при рентабельності 78,5% від застосування $N_{120} P_{120} K_{90}$.

Аналіз енергетичної ефективності застосування добрив показав, що основним показником, який характеризує ефективність технологічного процесу є коефіцієнт енергетичної ефективності, тобто вихід енергетичної маси в розрахунку на одиницю сукупної енергії [24]. Чим він є вищим, тим менше енергії витрачено на одиницю продукції.

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності внесення добрив найбільш високим був при вирощуванні капусти пізньостиглої (4,44 – 4,86), цибулі ріпчастої (4,12 – 4,25), томату (2,86 – 3,45), тоді як при вирощуванні огірку коефіцієнт біоенергетичної ефективності за внесення добрив становив 0,46 – 0,55. Слід зазначити, що значення коефіцієнту біоенергетичної ефективності не корелюють за показниками економічної ефективності використання добрив, що пояснюється різним рівнем накопичення енергії та різною поживною цінністю овочевої продукції.

У результаті досліджень виявлено, що застосування органомінеральної системи удобрення в овочево-кормовій сівозміні при зрошенні з розрахунку 14 т гною + $N_{60} P_{60} K_{50}$ (урозкид) , або 14 т гною + $N_{30} P_{30} K_{25}$ (локально) на 1га сівозмінної площі з використанням двох полів багаторічних бобових трав і культур суцільного посіву (зернових) забезпечує збереження й відтворення родючості ґрунту: кислотність (рН сольове) знизилася з 5,9 до 6,0; сума поглинутих основ збільшилася з 30,4 мекв/100 г ґрунту до 33,8 мекв/100 г

грунту, гумус – з 4,17% до 4,39%, рухомий фосфор – з 103 мг/кг до 2279 мг/кг; обмінний калій – з 139 до 214 мг/кг ґрунту (див. табл. 16) та підвищення продуктивності вирощуваних у сівозміні культур до 50% (див. табл. 17–19).

Овочеві рослини добре реагують на внесення з азотних добрив аміачної селітри, карбаміду, з фосфорних – (водно і цитратнорозчинні) суперфосфату простого й подвійного, преципітату, з калійних – калію хлористого, калію сірчаноокислого, калійної солі, калімагnezії. Також можна застосовувати складні добрива – нітрофоски, нітроамафоски, нітрофос, діамфос та інші додаючи недостатню кількість поживних речовин простими добривами.

З органічних добрив під овочі застосовують перегній, напівперепрілий гній великої рогатої худоби, та інших сільськогосподарських тварин (птиці, свиней, коней, овець), вермикуліт, Агровіт-Кор.

Таблиця 22. – Економічна ефективність застосування добрив під овочеві культури в сівозміні (2006–2014 рр.)

Варіант				Урожайність, т/га	Приріст урожаю, т/га	Вартість, грн./га		Чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %	Коефіцієнт біоенергетичної ефективності
Орг. добрива, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			урожаю	витрат			
Огірок										
—	—	—	—	18,3	—	36600	19941	16659	83,6	0,38
66	90	60	60	24,7	6,4	49400	23217	26183	99,8	0,55
	90	60	60	22,5	4,2	45000	20780	24220	99,8	0,46
Томати										
—	—	—	—	26,4	—	39600	26900	12700	47,2	2,15
	120	120	90	37,7	11,3	56550	33450	23100	69,1	3,45
	60	60	45	37,0	10,6	55500	32980	22520	68,3	2,86
Цибуля ріпчаста										
—	—	—	—	6,2	—	15550	11650	3900	33,5	3,56
36	45	45	45	7,8	1,6	19500	14470	5030	34,8	4,25
	90	90	90	7,4	1,2	18500	12940	5560	43,0	4,12
Капуста білоголова										
—	—	—	—	37,4	—	33660	21916	11744	53,6	3,62
30	120	120	90	54,7	17,3	49230	31120	18110	58,2	4,22
40	60	60	45	55,5	18,1	49950	29777	20173	67,7	4,86
	120	120	90	56,3	18,9	50670	28384	22286	78,5	4,44

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 Берестецкий, Надточий С.П. Содержание грибов-продуцентов фитотоксических веществ в почве при бессемянном выращивании сельскохозяйственных культур в севообороте (Фитотоксические свойства почвенных).
- 2 Болотських О.С. Селерові овочеві рослини (морква) // Все про город / За ред. О.С. Болотських. Київ: Урожай, 2000. С. 333–344.
- 3 Болотських О.С., Довгаль М.М. Методи біоенергетичної оцінки технологій в овочівництві і баштанництві // Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа. 2001. С. 166–183.
- 4 Бука А.Я. Микроорганизмы. Л.: 1978 С. 94–104 Методика проведения вегетационных опытов по изучению влияния биологической совместимости культур на их рост, развитие и урожай // Агрохимия и почвоведение. Київ: Урожай, 1978. Вип. 36. С. 99–103.
- 5 Воробьев С.А. О теории севооборотов в интенсивном земледелии // Весник с.-х. наук 1970, № 2. С. 1–11.
- 6 Гончаренко В.Ю., Ходєєва Л.П., Ткач Л.О. Гуца М.А. Система удобрення овочевих культур в сівозмінах // Удобрення овочевих культур / За ред. В.Ю. Гончаренка. Київ: Урожай, 1989. С. 92–109.
- 7 Гончаренко В.Ю. Ґрунти як середовище мінерального живлення овочевих культур та вимоги їх до поживних речовин // Удобрення овочевих культур / За ред. В.Ю. Гончаренка. Київ: Урожай, 1989. С. 4–7, 109–119.
- 8 Гончаренко В.Ю. Розробка та обґрунтування системи удобрення овочевих культур в Лісостепу України авт. дисертації доктора с.-г наук. Харків, 1995. 490 с.

- 9 Гончаренко В.Ю., Ходєєва Л.П., Гладкіх Р.П., Ткач Л.О., Балюк С.А. Вплив післядії добрив на продуктивність овочевої сівозміни і агрохімічні властивості чорнозему типового Лівобережного Лісостепу України // Вісник аграрної науки. 2001. № 2.
- 10 Гончаренко В.Ю. Удобрєння моркви столової. // Удобрєння овочевих культур / За ред. В.Ю. Гончаренка. Київ: Урожай, 1989. С. 59–64.
- 11 Гурова З.І Біологічна активність ґрунту у зв'язку з системним застосуванням добрив // Удобрєння овочевих культур / За ред. В.Ю. Гончаренка. Київ: Урожай, 1989. С. 109–118.
- 12 Краткий агроклиматический справочник Украины / Под ред. К.Т. Логвинова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 257 с.
- 13 Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. Київ: Урожай, 1990. 220 с.
- 14 Полупан М.І, Соловей В.Б, Кисіль В.І, Величко В.А. Визначник екологогенетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ: Колообіг, 2005. 306 с
- 15 Руководство по использованию орошаемых чернозёмов. РНТА. Харків, 1991. 27 с.
- 16 Сенников А.А Научно обоснованное размещение и специализация совхозов Украинской ССР // Вестник с.-х. науки. Київ: Урожай, 1970. № 4. С. 28–34.
- 17 Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений. Москва, 1962. 358 с.
- 18 Ходєєва Л.П., Гончаренко В.Ю., Балюк С.А та ін. Система удобрєння овочевих рослин в овоче-кормовій сівозміні на чорноземних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України при зрощенні. Методичні рекомендації. Харків, 2007. 21 с.