

was especially effectively promoted by the improvement of phosphorus nutrition of plants. A high correlation dependence was established between the damage of leaf apparatus of sugar beet by cercosporosis and the formation of a rotten mass of root crops ($r = 0.85$).

Key words: sugar beet, cercosporosis, leaf apparatus, gray rot, types and forms of fertilizers, nutrients.

УДК 634.11: 631.452: 631.8

DOI 10.31395/2415-8240-2021-98-1-34-47

ҐРУНТОВІ УМОВИ ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ПОВТОРНО ВИРОЩУВАНОВОГО ЯБЛУНЕВОГО САДУ ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО УДОБРЕННЯ

П. Г. КОПИТКО, доктор сільськогосподарських наук

Р. В. ЯКОВЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва

Розглянуто результати досліджень впливу довготривалого удобрення на основні показники родючості темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту та врожайність повторно вирощуваних дерев яблуні сортів Айдаред (на насіннєвій і вегетативній (М4) підщепках) і Кальвіль сніговий (на насіннєвій підщепі). Впродовж 85-річного періоду вирощування першого і другого покоління яблуні в дослідному саду застосовувалися органічне (40 т/га гною ВРХ), мінеральне удобрення ($N_{120}P_{120}K_{120}$) та їх поєднання (20 т/га гною + $N_{60}P_{60}K_{60}$), які вносили в старому насадженні раз у два роки восени під оранку в міжряддях на 18–20 см, а в новому повторному: гній, фосфорні та калійні добрива так само, а азотні половинними дозами щорічно навесні під культивування чи дискування на глибину 12–15 см. Встановлено, що органічне добриво краще, ніж мінеральні, забезпечувало формування показників родючості ґрунту (вміст гумусу і рухомих сполук та форм елементів живлення, реакцію ґрунтового середовища) й урожайності дослідних дерев яблуні, яка за всі роки плодоношення перевищила сумарні показники врожаю плодів Кальвіля снігового і Айдареда на насіннєвій та вегетативній підщепках, відповідно, на 34,8, 27,7 та 23,4 % порівняно з урожайністю на контрольних не удобрюваних ділянках і на 16,0, 15,8 та 13,2 % – на удобрюваних $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Ключові слова: повторна культура саду, удобрення, родючість ґрунту, врожайність, Айдаред, Кальвіль сніговий.

Постановка проблеми. Проблема науково обґрунтованого застосування добрив у насадженнях плодових культур, що тривалий період і повторно вирощуються на одному місці, залежно від зміни властивостей ґрунту під впливом удобрення, а також від особливостей підщеп, вікових періодів життя та плодоношення залишається недостатньо вивченою. Її вирішення можливо лише в багаторічних стаціонарних дослідженнях, оскільки вплив різних систем

удобрення на зміни властивостей ґрунту, що визначають його родючість, і відповідне реагування на них вирощуваних плодових дерев, проявляється не однаково впродовж довготривалого періоду їх застосування.

Аналіз досліджень і публікацій. В садовому агрофітоценозі ґрунт виступає основною складовою частиною, за участю якої відбуваються всі життєві функції в насадженні яблуні, зокрема, – обмінні процеси з оточуючим середовищем та акумулюється органічна речовина, що визначає його родючість і створює сприятливі умови для оптимального росту та плодоношення дерев [1–4]. В екосистемі яблуневого саду за тривалого періоду вирощування на одному і тому ж місці ускладнюється регулювання ґрунтових умов через специфічні зміни властивостей ґрунту, а також вікового стану ростових процесів і продуктивності та потреб плодових дерев у мінеральних елементах живлення. За повторного вирощування нових дерев, на місцях розкорчованих старих також негативно впливає ґрунтовтома, зумовлена попередньою культурою, що створює несприятливі умови кореневого живлення наступних молодих рослин [5–8]. За таких умов необхідні певні особливості застосування добрив у повторно вирощуваних насадженнях [9–12].

Нині спостерігається тенденція щодо ведення органічного садівництва для отримання цінної екологічно безпечної фруктової продукції [13–16]. У таких насадженнях, де обмежене використання мінеральних добрив, а пріоритетом є оптимізація мінерального живлення за рахунок раціонального удобрення, підвищується врожайність, покращуються якісні показники яблук і підвищується прибутковість виробництва [17–19].

Для вивчення цих питань дослідження проводились в яблуневому саду Уманського національного університету садівництва в довготривалому досліді з удобренням яблуні.

Мета досліджень. Встановлення рівня врожайності зимових сортів яблуні Айдаред (на насіннєвій і вегетативній (М4) підщепі) і Кальвіль сніговий (на насіннєвій підщепі) залежно від змін показників родючості ґрунту за тривалого удобрення в повторно вирощуваному насадженні.

Умови й методика досліджень. Дослід із першим поколінням саду було закладено у 1931 р. і реконструйовано у 1982–1984 рр. У старому дослідному саду до 1982 року вирощувався один сорт яблуні Кальвіль сніговий із площею живлення сильнорослих дерев 10х10 м. Ґрунт був темно-сірий опідзолений важкосуглинковий з вмістом гумусу на освоєних під сільськогосподарське використання площах від 2,5 до 4,5 % та різним співвідношенням гумінових і фульвокислот, залежно від територій та елементів рельєфу й профільної глибини [20]. Вміст гумусу перед садінням повторного саду в 0–20 см шарі ґрунту 2,41 %, у шарі 20–40 см – 2,23 %, нітратного азоту (за нітрифікаційною здатністю при 14-добовому компостуванні) 16,4 і 15,9 мг/кг ґрунту, P_2O_5 і K_2O (за методом Егнера – Ріма– Домінго) – 154 і 136 та 269 і 254 мг/кг ґрунту, рН – 5,2 і 5,3, сума увібраних основ – 25,0 і 26,0 мг-екв/100 г ґрунту. На збережених дослідних ділянках, які різно удобрювалися впродовж 50-річного періоду в

1984 році посаджено два сорти яблуні Кальвіль сніговий (на насіннєвій) і Айдаред (на насіннєвій і вегетативній (М4)) підщепах за схемою садіння 7×5 м.

Довготривалий дослід (з 1931 р.) включав такі варіанти: без добрив (контроль); гній 40 т/га (органічна система удобрення); $N_{120}P_{120}K_{120}$ (мінеральна система); гній 20 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$ (органо-мінеральна система). Гній і всі мінеральні добрива вносили у зазначених дозах через рік восени під оранку ґрунту в міжряддях на глибину 18–20 см. У новому, повторно вирощуваному, насадженні так само вносили гній і мінеральні фосфорні та калійні добрива, а азотне – в половинних дозах щорічно навесні під культивуацію чи дискування на глибину 12–15 см. Ґрунт у дослідному саду утримували під чистим паром.

Дослідження виконували за стандартизованими загальноприйнятими методиками [21–25]. Вплив систематичного удобрення саду на зміну показників родючості ґрунту вивчали протягом різних вікових періодів росту і плодоношення дослідних дерев.

Результати досліджень. У довготривалому досліді в старому саду встановлено, що за парового утримання ґрунту процеси мінералізації органічних речовин у ньому переважали над процесами їх гуміфікації і для підтримання достатнього рівня гумусованості ґрунтового середовища потрібно систематично поповнювати його органічними речовинами внесенням відповідних добрив. Це підтвердилося і в повторно вирощуваному саду результатами дослідження динаміки гумусу, представленими на рисунку 1.

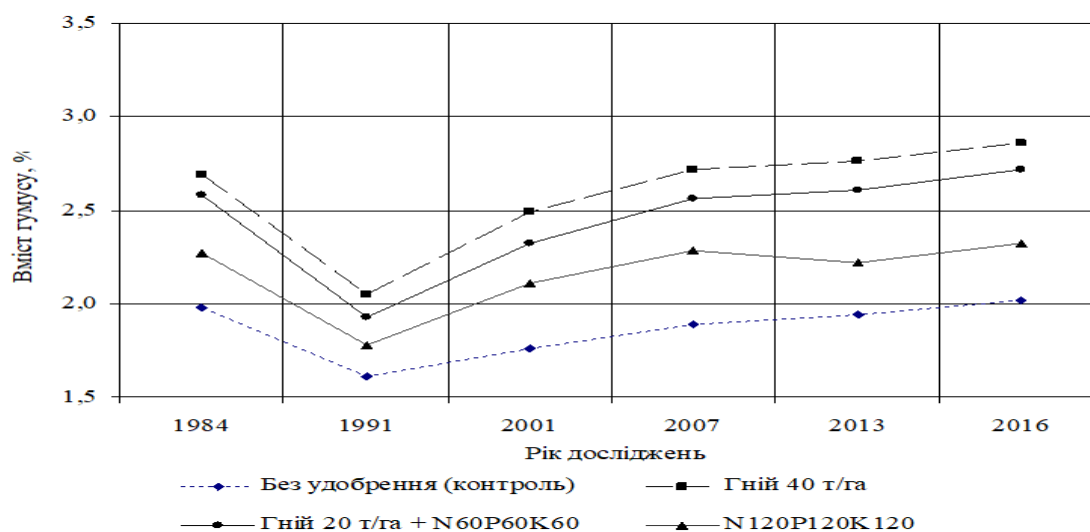
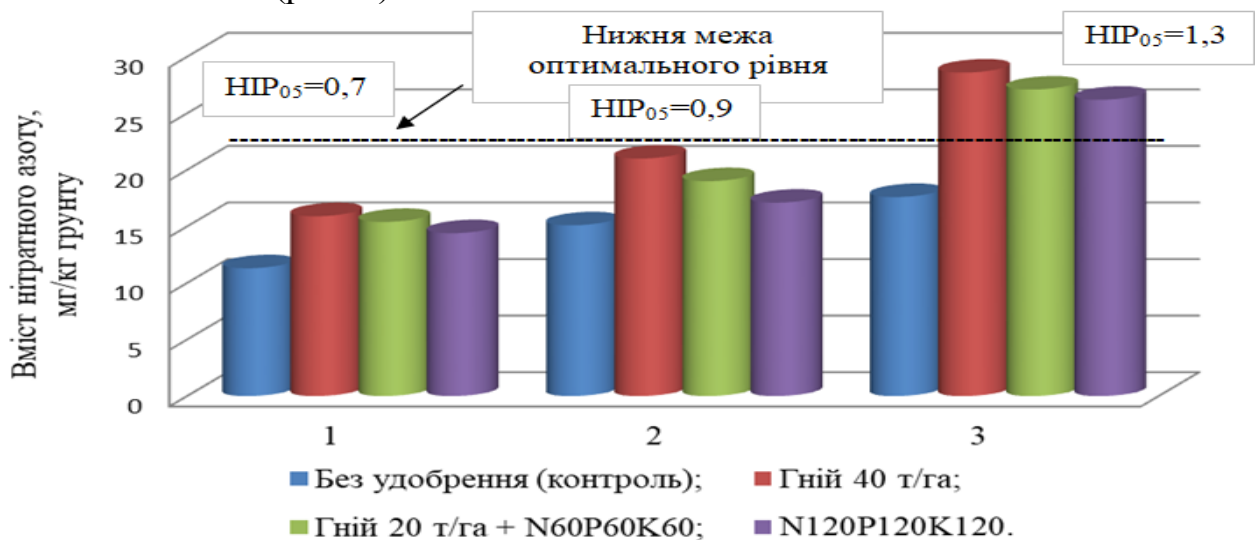


Рис. 1. Динаміка вмісту гумусу в шарі ґрунту 0–60 см протягом повторного вирощування яблуневого саду (1984–2016 рр.) за довготривалого удобрення, %

Встановлено, що впродовж початкового періоду росту повторно вирощуваних молодих дерев яблуні, коли ґрунт у міжряддях систематично оброблявся, а в нього від рослин поступало ще надто мало органічних речовин, вміст гумусу в кореневмісному шарі 0–60 см до 1991 року знизився на 0,37 % у неудобрюваному ґрунті і на 0,49–0,65 % – в удобрюваному, а пізніше до 2007 року підвищувався, після чого до 2013 встановилась відносна рівновага

гумусованості ґрунту й підвищення рівня цього показника сповільнювалося. Він був на найвищому рівні за органічної системи удобрення (2,72–2,76 %) і дещо нижчому – за органо-мінеральної (2,56–2,61 %) та значно нижчому – за мінеральної системи (2,22–2,28 %). Найнижчий рівень гумусованості ґрунту в усі роки досліджень був на контрольних неудобрюваних ділянках. Найбільшої величини він досягав у 2016 році – 2,02 %, Тобто, впродовж усього 85-річного періоду досліджень вміст гумусу був нижчий від початкового – 2,04 % в 1931 році перед закладанням першого покоління яблуневого дослідного саду.

Поживний режим ґрунту протягом вікових періодів росту і плодоношення на фонах різних систем удобрення яблуневого саду також значно змінювався (рис. 2).



1 – період росту і плодоношення (1990–1996 рр.); 2 – період плодоношення і росту (1997–2003 рр.); 3 – період плодоношення (2004–2016 рр.).

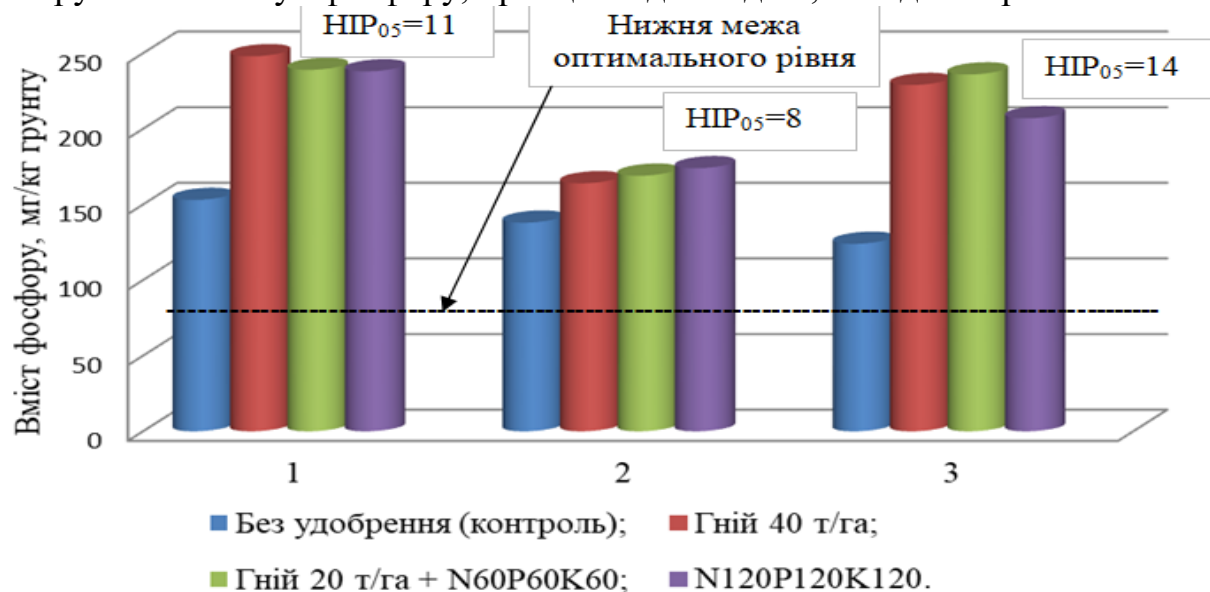
Рис. 2. Вміст нітратного азоту (за нітрифікаційною здатністю) в шарі ґрунту 0–40 см у період повторного вирощування яблуневого саду залежно від довготривалого удобрення, мг/кг ґрунту

Найвищий уміст нітратного азоту був у період повного плодоношення, а найнижчий – у період росту і плодоношення. На нашу думку, причиною цього було інтенсивне споживання азоту для формування вегетативних органів дерев й одночасне формування врожаю плодів. Так, у період росту і плодоношення вміст нітратного азоту в неудобрюваному ґрунті становив 11,3 мг/кг ґрунту. В удобрюваному ґрунті були істотно вищі показники його нітрифікаційної здатності – 14,4–15,9 мг N-NO₃/кг ґрунту, але цей вміст був меншим від оптимального для яблуні у шарі 0–40 см темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту – 22–25 мг/кг [1]. У період плодоношення і росту показник азотного живлення був дещо вищим у ґрунті всіх варіантів, а найнижчим – у неудобрюваному ґрунті контрольного варіанта. На удобрюваних ділянках вміст N-NO₃ був значно вищий – 17,1–21,0 мг/кг ґрунту, хоч і меншим від оптимального рівня. Лише за органічної системи удобрення

(внесення через рік 40 т/га гною) він майже досягав нижньої межі оптимального рівня – 22 мг/кг ґрунту.

У період повного плодоношення вміст нітратного азоту підвищився в ґрунті всіх удобрюваних ділянок. При цьому, найвищий показник відмічено у варіанті органічної системи удобрення, де перевищення контролю становило 63,0 %. У цьому останньому віковому періоді на ділянках варіантів з удобренням уміст нітратного азоту був дещо вищим оптимальних рівнів для яблуні на темно-сірому опідзоленому важкосуглинковому ґрунті.

Тривале удобрення яблуневого саду значно вплинуло також на вміст у ґрунті рухомих сполук фосфору, про що свідчать дані, наведені в рис. 3.



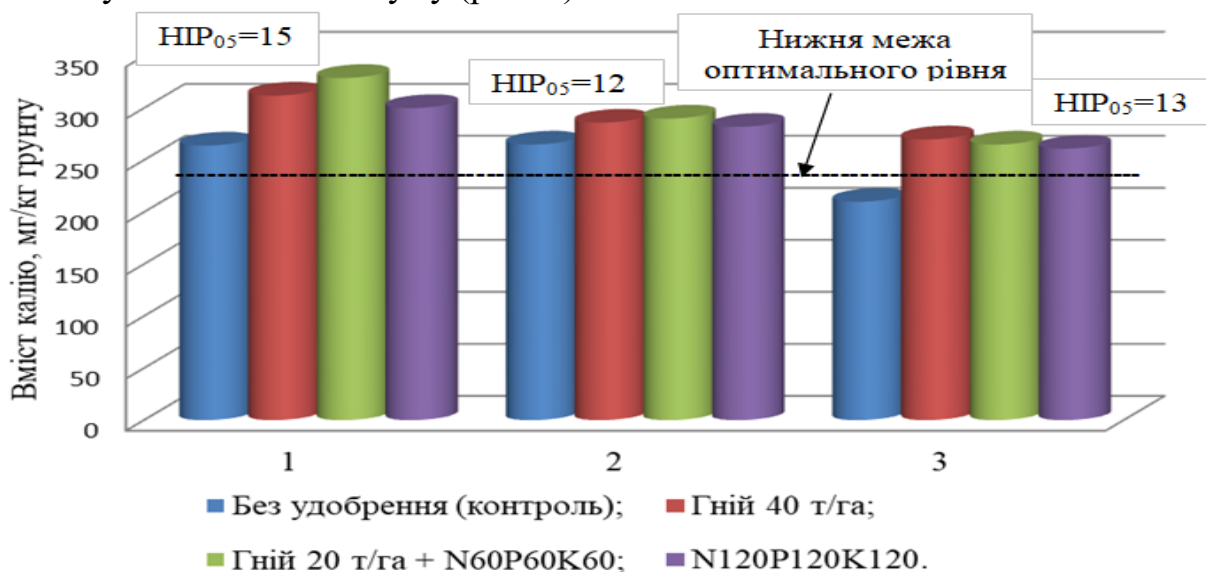
1 – період росту і плодоношення (1990–1996 рр.); 2 – період плодоношення і росту (1997–2003 рр.); 3 – період плодоношення (2004–2016 рр.).

Рис. 3. Вміст рухомих сполук фосфору (за методом Егнера-Рима-Домінго) в шарі ґрунту 0–60 см у період повторного вирощування яблуневого саду за довготривалого удобрення, мг/кг ґрунту

Так, у шарі ґрунту 0–60 см на всіх ділянках дослідів показники вмісту рухомих сполук фосфору в усі вікові періоди були високими та на 77,1–254,3 % перевищували оптимальні для яблуні рівні – 70–100 мг/кг ґрунту. Це, очевидно, в певній мірі зумовлювалось високим природним забезпеченням ґрунту рухомими сполуками фосфору. При цьому, на удобрюваних ділянках уміст рухомих фосфатів був істотно вищим від контрольного в усі періоди життя дерев. Найнижчий уміст їх був у ґрунті в період плодоношення і росту. Втім, такі високі перевищення вмісту P_2O_5 на удобрюваних ділянках, очевидно, не зумовлювали відповідного збільшення продуктивності плодових дерев, хоча на високих рівнях умісту в ґрунті азотного і калійного живлення для дерев яблуні потрібні й відповідні рівні фосфатів.

Вміст рухомих форм калію знаходився в оптимальних межах для яблуні (230–280 мг/кг ґрунту) в темно-сірому опідзоленому важкосуглинковому

ґрунті, за виключенням контрольного варіанта в період повного плодоношення, коли він був меншим оптимуму (рис. 4).



1 – період росту і плодоношення (1990–1996 рр.); 2 – період плодоношення і росту (1997–2003 рр.); 3 – період плодоношення (2004–2016 рр.).

Рис. 4. Вміст рухомих форм калію (за методом Егнера-Рима-Домінго) в шарі ґрунту 0–60 см у період повторного вирощування яблуневого саду залежно від довготривалого удобрення, мг/кг ґрунту

Серед досліджуваних варіантів удобрення в період росту і плодоношення та плодоношення і росту, найбільший уміст рухомого калію відмічено за органо-мінеральної системи удобрення. Він істотно перевищував показник контрольного варіанта на 9–25 %. У період повного плодоношення в ґрунті всіх варіантів удобрення спостерігалось зменшення вмісту калію, що зумовлено більшою врожайністю насаджень і, відповідно, активним споживанням цього елемента деревами. Серед досліджуваних систем удобрення найвищий вміст рухомих форм калію забезпечувала органічна система, де він був істотно вищим від контрольного в неудобрюваному ґрунті на 29,0 %.

Розглядаючи зміни впливу різних систем удобрення на кислотність ґрунтового середовища під насадженнями яблуні вирощуваних у двох ротаціях можна відмітити збільшення показника рН. Так, після 85-річного вирощування у верхньому шарі ґрунту 0–60 см на ділянках контрольного варіанта та з внесенням органічних і органо-мінеральних добрив цей приріст склав 0,16, 0,41 і 0,21 пункти відповідно (табл. 1). Внесення лише мінеральних добрив зумовлювало деяке збільшення кислотності ґрунту в шарі 0–60 см. Що стосується впливу систем удобрення на показник реакції розчину ґрунтового середовища, можна відмітити істотне збільшення рН ґрунту в кореневмісному шарі за органічної та органо-мінеральної систем удобрення. На нашу думку, зміни кислотності ґрунтового розчину на всіх ділянках дослідного саду, крім дії удобрення також могли бути пов'язаними з глибокою оранкою (до глибини 50 см) після викорчовування старого саду перед садінням нового.

Табл. 1. Вплив довготривалого застосування різних систем удобрення насаджень яблуні на зміну кислотності ґрунту (pH_{KCl}) в шарі 0–60 см за повторної культури (1984–2016 рр.).

Варіант удобрення	Після 50-річного застосування в старому саду	Після 85-річного застосування	Різниця зміни (+, -)
Без добрив (контроль)	5,16	5,32	+0,16
Гній 40т/га	5,50	5,91	+0,41
Гній 20т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	5,46	5,67	+0,21
$N_{120}P_{120}K_{120}$	5,12	5,10	-0,02
HIP_{05}	—	0,26	—

Відповідно до зміни ґрунтових умов за довготривалого удобрення насаджень яблуні змінювалась і їхня врожайність. Перший період росту і плодоношення відзначався невисоким рівнем показника у повторно вирощуваних молодих дерев сорту Кальвіль сніговий. При цьому, між варіантами різного удобрення достовірної різниці не виявлено, а на неудобрюваних (контрольних) ділянках урожайність була істотно нижчою (рис. 5).

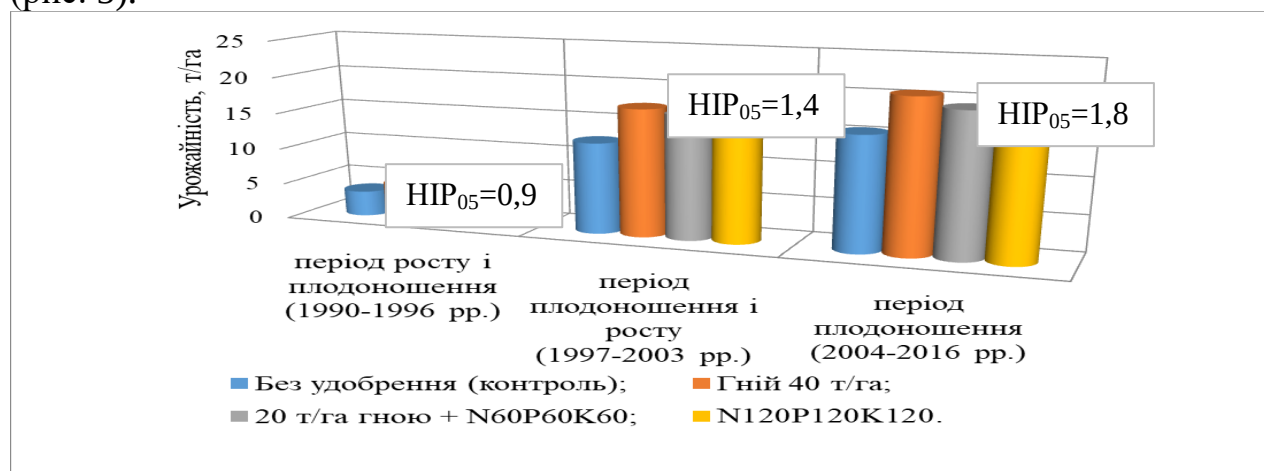


Рис. 5. Вплив системи удобрення на врожайність повторно вирощуваного насадження яблуні сорту Кальвіль сніговий на насіннєвій підщепі (1990–2016 рр.), т/га

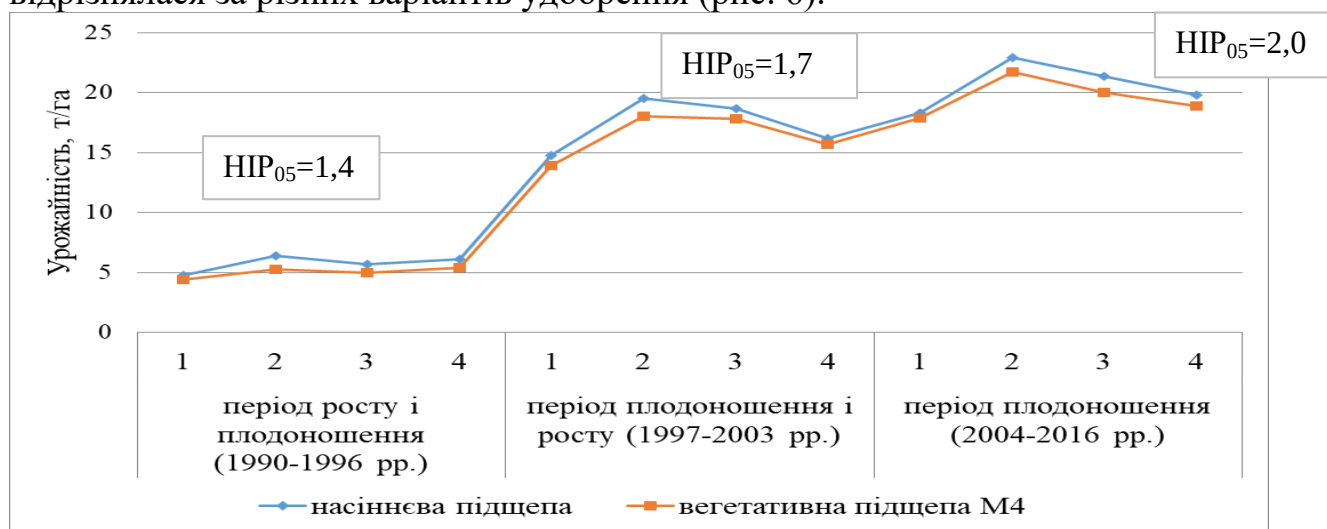
У період плодоношення і росту створені довготривалим систематичним удобренням фони мінерального живлення сприяли збільшенню врожайності дослідних дерев. Істотно вищою вона була за органічної та органо-мінеральної систем удобрення, порівняно з її рівнем у контрольному варіанті без удобрення, відповідно, на 39,2 і 34,4 % та з мінеральною системою – на 15,2 і 11,3 %.

У третьому періоді плодоношення врожайність дерев сорту Кальвіль сніговий у всіх досліджуваних варіантах удобрення була істотно вищою на 11–33 % від контрольної. За органічного й органо-мінерального удобрення вона

також істотно перевищувала на 18 та 10 % рівень урожайності у варіанті мінеральної системи. Між рівнями врожайності на ділянках, удобрюваних лише органічним добривом і в поєднанні з мінеральними істотної різниці не встановлено.

У різні вікові періоди росту і плодоношення спостерігався сильний прямий кореляційний зв'язок між врожайністю дерев сорту Кальвіль сніговий на насіннєвій підщепі та вмістом нітратного азоту ($r = 0,93 \pm 0,04$) й калію ($r = 0,89-0,98 \pm 0,03$) в ґрунті.

Урожайність сильнорослих дерев сорту Айдаред на насіннєвій підщепі впродовж усього продуктивного періоду була дещо вищою, порівняно з деревами на підщепі М4, що зумовлювалося меншою величиною крони за однакової схеми садіння 7x5 м. У перший період росту і плодоношення врожайність дерев на обох підщепах була ще досить низькою та мало відрізнялася за різних варіантів удобрення (рис. 6).



1 – Без удобрення (контроль); 2 – Гній 40 т/га; 3 – Гній 20 т/га N₆₀P₆₀K₆₀; 4 – N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀.

Рис. 6. Вплив підщеп та удобрення на врожайність дерев яблуні сорту Айдаред за повторної культури (1990–2016 рр.), т/га

У період плодоношення і росту врожай плодів значно зріс і найбільше за органічного та органо-мінерального удобрення, де він перевищував величину врожаю у контрольному варіанті, відповідно, на 34,8 та 27,1 %. У найбільш продуктивному третьому періоді плодоношення дерева Айдареда на насіннєвій підщепі в усіх варіантах із удобренням формували врожай плодів істотно вищий, ніж без удобрення, а на М4 за мінерального удобрення він істотно не відрізнявся від контрольного. Найвища врожайність дерев на обох підщепах була за органічного удобрення. Вона істотно перевищувала показники контрольного та варіанта з мінеральною системою, відповідно, на 4,6 і 3,1 та 3,8 і 2,8 т/га.

У різні вікові періоди росту і плодоношення спостерігався сильний прямий кореляційний зв'язок між урожайністю дерев сорту Айдаред на насіннєвій підщепі й М4 та вмістом нітратного азоту ($r = 0,95-0,98 \pm 0,02$) і калію ($r = 0,86-$

0,93 ± 0,02) та середній з фосфором ($r = 0,58-0,69 \pm 0,20$) в ґрунті.

Висновки. 1. Довготривале застосування органічної системи удобрення (внесення через рік 40 т/га підстилкового гною ВРХ) забезпечує формування оптимальної родючості темно-сірого опідзоленого важкосуглинкового ґрунту – внаслідок підвищення його гумусованості в кореневмісному шарі (0-60 см) на 0,7 %, поліпшення реакції ґрунтового розчину $pH_{\text{сол.}}$ 5,91 та збільшення вмісту основних макроелементів мінерального живлення плодових дерев яблуні: N-NO₃ до 28,6, P₂O₅ до 229, K₂O до 270 мг/кг ґрунту, а також поповнення його мікроелементами, що вносяться з органічним добривом.

2. Близькі параметри показників родючості ґрунту формуються і за органо-мінеральної системи удобрення при систематичному довготривалому внесенні половинних норм органічного та мінеральних добрив гною 20 т/га разом із N₆₀P₆₀K₆₀. Проте, за мінеральної системи (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) значно менше збільшується гумусованість і вміст доступних для живлення рослин макроелементів і зовсім не збагачується ґрунт на мікроелементи, підкислюється реакція ґрунтового середовища.

3. Створені оптимальні фони родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту довготривалим удобренням органічним добривом забезпечують істотне підвищення врожайності дерев яблуні сортів Айдаред і Кальвіль сніговий на насіннєвій підщепі – на 27,7 і 34,8 та сорту Айдаред на вегетативній М4 підщепі 23,4 % порівняно з величиною врожаю в контрольному варіанті без удобрення та, відповідно, за мінеральної системи на 15,8, 16,0, 13,2 %.

4. Найістотніший позитивний вплив органічної системи довготривалого удобрення саду на родючість ґрунту й відповідне підвищення продуктивності плодових дерев вказують на те, що таку систему варто застосовувати в органічному садівництві для отримання високоякісної фруктової продукції без застосування мінерального удобрення.

Література

1. Копитко П. Г. Удобрення плодових і ягідних культур. К.: Вища школа, 2001. 206 с.
2. Zhao Z. P., Tong Y. A., Liu F., Wang X. Y. Effects of different long-term fertilization patterns on Fuji apple yield, quality, and soil fertility on Weibei Dryland, Shaanxi Province of Northwest China. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 2013. № 24(11). P. 3091–3098.
3. Козак В.М. Агроекологічні основи збереження родючості ґрунтів в промислових насадженнях яблуні та їх якісна оцінка в садівництві України. Автореф. дис. д. с.-г. наук. Харків, 1999. 32 с.
4. Яковенко Р. В. Де якому саду місце. *Садівництво по українськи*. № 2. 2015. С. 74–75.
5. Попова В. П. Биоценотический подход к разработке технологий оптимизации пищевого режима садовых агроценозов. *Садоводство и виноградарство*. 2004. № 5. С. 2–5.
6. Серета І. І., Мовчан Н. Ф. Вплив довгострокового застосування

добрив на агрохімічні властивості темно-сірого опідзоленого ґрунту і продуктивність яблуні. *Садівництво*. 1998. Вип. 46. С. 95–98.

7. Szczygieł A., Zepp A. L. An occurrence and importance of apple replant disease in Polish orchard. *Acta Hort*. 1998. № 477. P. 99–101.

8. Wang Na, Joost W., Zhang F. Towards sustainable intensification of apple production in China —Yield gaps and nutrient use efficiency in apple farming systems. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. № 15 (4). P. 716–725

9. Кондаков А. К., Трунов Ю. В., Грезнев О. А., Сироткина О. А., Трунов А. А. Современная система минерального питания и удобрения плодовых и ягодных растений. *Достижение науки и техники АПК*. 2009. № 2. С. 22–23.

10. Kopytko P., Karpenko V., Yakovenko R. Mostoviak I. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agronomy Research*. 2017. № 15 (2). P. 444–455.

11. Winkelmann T., Smalla K., Amelung W., Baab G., Grunewaldt-Stöcker G. Apple Replant Disease: Causes and Mitigation Strategies. *Curr. Issues Mol. Biol*. 2019. № 30. P. 89–106.

12. Яковенко Р. В., Копитко П. Г. Врожайність насаджень яблуні та зміни агрофізичних властивостей і біологічної активності ґрунту за довготривалого удобрення. *Зб. наук. пр. УДАУ*. 2007. Вип. 64. С. 101–108.

13. Куян В. Г., Пелехатий В. М. Інтенсифікація і концентрація плодівництва та основні шляхи їх вирішення в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. № 180. С. 129–138.

14. Копитко П., Яковенко Р., Петришина І. Агроекологічні основи раціонального удобрення насаджень яблуні і груші. Матеріали міжн. наук-практ. конф. «Екологізація і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства». Тернопіль, 2014. С. 128–130.

15. Gasparatos D., Roussos P. A., Christofilopoulou E., Haidouti C. Comparative effects of organic and conventional apple orchard management on soil chemical properties and plant mineral content under Mediterranean climate conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2011. № 11 (4). P. 105–117.

16. Veberic R., Trobec M., Herbinger K., Hofer M., Grill D., Stampar F.: Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005. Iss. 85. P. 1687–1694.

17. Бичкова Л. І., Москаль О. І. Система удобрення й утримання ґрунту та екологічний стан садівництва. *Садівництво півдня України*. 2001. С. 98–112.

18. Копитко П. Розумне удобрення. *Садівництво по-українськи*. 2019. № 3. С. 48–50.

19. Mikulic Petkovsek M., Slatnar A., Stampar F., Veberic R. The influence of organic/integrated production on the content of phenolic compounds in

apple leaves and fruits in four different varieties over a 2-year period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010. Iss. 90. P. 2366–2378.

20. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. К: Урожай, 1994. 344 с.

21. ДСТУ 4289–2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.

22. ГОСТ 26208–91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Эгнера–Рима–Доминго. М.: Изд-во стандартов. 1992. 6 с.

23. ДСТУ ISO 10390–2001 Якість ґрунту. Визначення рН. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 7 с.

24. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ: Аграрна наука. 1996. 95 с.

25. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References

1. Kopytko, P. H. (2001). Fertilization of fruit and berry crops. Kyiv. 206 p. (in Ukrainian)

2. Zhao, Z. P., Tong, Y. A., Liu, F., Wang, X. Y. (2013). Effects of different long-term fertilization patterns on Fuji apple yield, quality, and soil fertility on Weibei Dryland, Shaanxi Province of Northwest China. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, no. 24 (11), pp. 3091–3098. (in Chinese).

3. Kozak, W. M. (1999). Agroecological bases of soil fertility preservation in industrial apple orchards and their qualitative assessment in horticulture of Ukraine. Author. of dis. To obtain the degree of PhD. Kharkiv, 32 p (in Ukrainian).

4. Yakovenko, R. V. (2015). Where's the garden's place. *Ukrainian Horticulture*, no. 2, pp. 74–75 (in Ukrainian).

5. Popova, V. P. (2004). Biocenotic approach to the development of technologies for optimizing the nutritional regime of garden agrocenoses. *Horticulture and Viticulture*, no. 5, pp. 2–5 (in Russian).

6. Sereda, I. I., Movchan, N. F. (1998). Influence of long-term application of fertilizers on agrochemical properties of dark gray podzolic soil and apple trees productivity. *Horticulture*, no. 46, pp. 95–98. (in Ukrainian).

7. Szczygieł, A., Zepp, A. L. (1998). An occurrence and importance of apple replant disease in Polish orchard. *Acta Hort.*, no. 477, pp. 99–101. (in Polish).

8. Wang, Na., Joost, W., Zhang, F. (2016). Towards sustainable intensification of apple production in China – Yield gaps and nutrient use efficiency in apple farming systems. *Journal of Integrative Agriculture*, no. 15(4), pp. 716–725. (in Chinese).

9. Kondakov, A. K., Trunov, Yu. V., Hrezniev, O. A., Sirotkina O. A., Trunov, A. A. (2009). Modern system of mineral nutrition and fertilization of fruit

and berry plants. *Achievement of science and technology of the agro-industrial complex*, no. 2, pp. 22–23. (in Russian).

10. Kopytko, P., Karpenko, V., Yakovenko, R. Mostoviak, I. (2017). Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agronomy Research*, no. 15 (2), pp. 444–455.

11. Winkelmann, T., Smalla, K., Amelung, W., Baab, G., Grunewaldt-Stöcker, G. (2019). Apple Replant Disease: Causes and Mitigation Strategies. *Curr. Issues Mol. Biol.*, no. 30, pp. 89–106.

12. Yakovenko, R. V., Kopytko, P. H. (2007). Yields of apple orchards and changes in agrophysical properties and biological activity of the soil with long-term fertilization. *Coll. scient. pap. USAU*, no. 64, pp. 101–108 (in Ukrainian).

13. Kuyan, V. G., Pelykhaty, V. M. (2012). Intensification and concentration of fruit production and main ways of their solution in different soil-climatic zones of Ukraine. *Scientific Bulletin of National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, no. 180, pp. 129–138 (in Ukrainian).

14. Kopytko, P., Yakovenko, R., Petryshina, I. (2014). Agricultural and ecological bases of rational fertilization of apples and pears. In: Ecologization and nature use in the system of optimization of relations of nature and society, Proceedings of International Scientific and Practical Conference. Ternopil, 128–130 (in Ukrainian).

15. Gasparatos, D., Roussos, P. A., Christofilopoulou, E., Haidouti, C.. (2011). Comparative effects of organic and conventional apple orchard management on soil chemical properties and plant mineral content under Mediterranean climate conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, no. 11 (4), pp. 105–117

16. Veberic, R., Trobec, M., Herbinger, K., Hofer, M., Grill, D., Stampar, F. (2005). Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, no. 85, pp. 1687–1694.

17. Bychkova, L. I., Moskal, O. I. (2001). Soil fertilization and retention system and ecological condition of horticulture. *Gardening in the south of Ukraine*, pp. 98–112. (in Ukrainian).

18. Kopytko, P. (2019). Clever fertilization. *Ukrainian Horticulture*, no. 3, pp. 48–50. (in Ukrainian).

19. Negvyha, M. V. (1994). Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine. Kyiv, 344 p. (in Ukrainian).

20. State Standard 4289–2004 Soil quality. Methods for determining organic matter. Kyiv: Derzspozhyvstandart Ukrainy, 2005, 8 p. (in Ukrainian).

21. GOST 26208–91 Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Egner – Rim – Domingo method. M.: Publishing house of standards, 1992. 6 p. (in Russian).

22. GOST 26208–91 Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Egner – Rim – Domingo method. M.: Publishing house of standards, 1992. 6 p. (in Russian).

23. DSTU ISO 10390–2007 National standard of Ukraine. The soil quality. Determination of pH. 2012. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine. (in Ukrainian).

24. Kondratenko, P. V., Bublik, M. O., Shestopal, O. M. (2006). Methodology of economic and energy estimation of types of plantings, varieties, investments in fixed capital, innovations and results of technological research in gardening. Kyiv (in Ukrainian).

25. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., Kostogryz, P. V. (2014). Fundamentals of research in agronomy. Vinnytsia (in Ukrainian).

Аннотация

Копытко П. Г., Яковенко Р. В.

Почвенные условия и урожайность повторно выращиваемых деревьев яблони в зависимости от длительного удобрения

Рассмотрено результаты исследований влияния длительного удобрения на основные показатели плодородия темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы и урожайность повторно выращиваемых деревьев яблони сортов Айдаред, на семенном и вегетативном (М4) подвоях, и Кальвиль снежный на семенном подвое.

На протяжении 85-летнего периода выращивания первого и второго поколений яблони в опытном саду применялись органическое (40 т/га навоза из под большого рогатого скота), минеральное удобрение ($N_{120}P_{120}K_{120}$) и их сочетание (20 т/га навоза + $N_{60}P_{60}K_{60}$), которые вносили в старом насаждении раз в два года осенью под вспашку в междурядьях на 18–20 см, а в новом повторном насаждении: навоз, фосфорные и калийные удобрения так же, а азотные в половинных дозах ежегодно весной под культивацию или дискование на глубину 12–15 см.

По результатам исследований установлено, что органическое удобрение лучше, чем минеральные обеспечивало формирование показателей плодородия почвы (содержание гумуса и подвижных соединений и форм элементов питания, реакцию почвенной среды) и урожайности опытных деревьев яблони, которая за все годы плодоношения превысила суммарные показатели урожая плодов Кальвиля снежного и Айдареда на семенном и вегетативном подвоях, соответственно, на 34,8, 27,7 и 23,4 % по сравнению с урожайностью на контрольных не удобряемых участках и на 16,0, 15,8 и 13,2 % – на удобряемых $N_{120}P_{120}K_{120}$. Близкие параметры показателей плодородия почвы формируются и по органо-минеральной системы удобрения при систематическом длительном внесении половинных норм органического и минеральных удобрений навоза 20 т/га вместе с $N_{60}P_{60}K_{60}$. Однако, по минеральной системы ($N_{120}P_{120}K_{120}$) значительно меньше увеличивается содержание гумуса и содержание доступных для питания растений макроэлементов и вовсе не обогащается почву микроэлементами, подкисляется реакция почвенной среды.

Ключевые слова: повторная культура сада, удобрение, плодородие почвы, урожайность, Айдаред, Кальвиль снежный.

Annotation

Kopytko P. H., Yakovenko R. V.

Soil conditions and yield of repeatedly grown apple orchard depending on long-term fertilizer application.

The issue of scientifically sound fertilizer application in fruit plantations, which are long-term and re-grown in one place remains insufficiently studied. To solve this problem is possible only in long-term stationary studies, as the impact of different fertilizer systems on changes in soil properties and tree productivity for a long period of their use.

The results of researches of long-term fertilizer influence on the main fertility indices of dark gray podzolic heavy loam soil and productivity of repeatedly grown apple trees of Idared varieties on seed and vegetative (M4) rootstocks and Calville snow on seedling rootstock are considered. During the 85-year period of growing the first and second generation of apple trees in the experimental garden, the organic fertilizer (40 t/ha of cattle manure), mineral fertilizer ($N_{120}P_{120}K_{120}$) and their combination (20 t/ha of manure + $N_{60}P_{60}K_{60}$) were applied in the old plantation every two years in autumn in plowing in rows at 18–20 cm, and in the new repetition: manure, phosphorus and potassium fertilizers as well, and nitrogen fertilizer in half doses annually in spring for cultivation or disk plowing to a depth of 12–15 cm.

As a result of research it was found that organic fertilizer better than mineral fertilizers provided the formation of soil fertility (humus and mobile compounds and forms of nutrients, soil reaction) and yield capacity of experimental apple trees, which for all years of fruiting exceeded the total yield of Calville snow and Idared on seedling and vegetative rootstocks, respectively, by 34.8, 27.7 and 23.4 % compared with the yield of the control non-fertilized areas and 16.0, 15.8 and 13.2 % – on those fertilized with $N_{120}P_{120}K_{120}$. Similar parameters of soil fertility indicators are formed by the organo-mineral fertilizer system with systematic long-term application of half the norms of organic and mineral fertilizers of manure 20 t/ha together with $N_{60}P_{60}K_{60}$. However, the mineral system ($N_{120}P_{120}K_{120}$) significantly less increases the humus content and content of macronutrients available for plant nutrition and does not enrich the soil with trace elements, acidifies the reaction of the soil environment.

Key words: re-cultivation of orchard, fertilizers, soil fertility, yield, Idared, Calville snow.