

ПОПОВНЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ І ГУМУСОВАНІСТЬ ГРУНТУ В ЯБЛУНЕВИХ САДАХ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

П. Г. КОПИТКО, доктор сільськогосподарських наук
Р. В. ЯКОВЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
І. П. ПЕТРИШИНА
Уманський національний університет садівництва

Досліджено баланс гумусу в метровому шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту та чорнозему опідзоленого під яблуневими дослідними садами за вивчення багаторічного їх удобрення (від садіння до 50-річного віку дерев) органічним (40 т/га гною від великої рогатої худоби) та мінеральними добривами ($N_{120}P_{120}K_{120}$), які вносились раз у два роки восени під оранку в міжряддях на глибину 18–20 см.

За 20-річний період (від 30- до 50-річного віку дослідних садів) у метровому шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту на неудобрюваних контрольних ділянках гумусу добавилось 27 т/га, а на удобрюваних гноєм – на 7 т/га більше та мінеральними добривами – на 6 т/га менше і в чорноземі опідзоленому, відповідно, 37 т/га та на 3 т/га більше й на 10 т/га менше. Такі зміни запасів гумусу зумовлювалися як різним поповненням органічними речовинами, так і, в більшій мірі, підвищенням в удобрюваному ґрунті біологічної активності, особливо інтенсивності процесів мінералізації органічної субстанції, зокрема і гумусових сполук. Також досліджено поповнення цих ґрунтів під садами органічною масою обпалого листя та тонкого ($d \leq 1$ мм) дрібного коріння, яке систематично наростає і відмирає, забезпечуючи кореневе живлення плодкових рослин. Такі результати зумовлювалися інтенсифікацією біологічної активності, зокрема процесів мінералізації, у верхніх шарах удобрюваних ґрунтів за вищої гумусованості, а також міграцією розчинних углиб метрового профілю. Подібні зміни гумусованості темно-сірого опідзоленого ґрунту спостерігалися й у наступному періоді повторного вирощування яблуні на тих же дослідних ділянках у 1984 – 2016 рр.

Ключові слова: насадження яблуні, органічне та мінеральні добрива, обпале листя, дрібне коріння, біологічна активність ґрунту, мінералізація, гумус.

Постановка проблеми. Для високої продуктивності плодкових насаджень важливо, щоб у комплексі з усіма технологічними заходами забезпечувалось оптимальне мінеральне живлення рослин. Це можливо лише за високої

родючості ґрунту, яка зумовлюється, поряд з достатнім умістом доступних сполук і форм мінеральних елементів, також біологічною активністю та фізико-хімічними властивостями ґрунтового середовища, що залежать від ступеня його гумусованості [1–3].

Аналіз досліджень і публікацій. У садах потрібен добре гумусований весь кореневмісний шар плодкових дерев для забезпечення кращого живлення всіма макро- та мікроелементами, завдяки утворенню їхніх хелатних сполук за наявності гумусових речовин, що стимулюють мікробіологічні та біохімічні процеси у ґрунтовому середовищі, а також разом із кореневими виділеннями – розвиток мікоризи у прикореневій зоні [4]. Особливо це важливо в плодкових насадженнях на карбонатних ґрунтах, де за добре гумусового ґрунтового профілю рослини краще живляться Fe, B, Mn, Zn та іншими елементами й менше хворіють хлорозом [5, 6]. Загалом для плодкових дерев на таких й інших ґрунтах важливе значення має потужність (глибина) гумусового горизонту для оптимізації мінерального живлення, особливо мікроелементами [1, 4].

За вирощування плодкових культур у кліматичних умовах достатнього природного зволоження та в зрошуваних садах за недостатнього вологозабезпечення таке поповнення відбувається за вирощування трав'янистої рослинності в залужених міжряддях [7, 8]. Але в незрошуваних насадженнях за кліматичних умов нестійкого та недостатнього зволоження залужувати міжряддя не ефективно, бо посилюється дефіцит ґрунтової вологи для плодкових рослин [9, 10]. Нині за потепління клімату не рідко такі умови спостерігаються й там, де раніше було достатнє природне вологозабезпечення агрофітоценозів, зокрема й садових.

У незрошуваних садах доводиться застосовувати парову систему утримання ґрунту, за якої дерева краще забезпечуються ґрунтовою вологою. Але за багаторічного вирощування плодкових культур у насадженнях з паровим утриманням ґрунту за систематичного його обробітку в міжряддях відбувається зменшення вмісту гумусу внаслідок переважання мінералізації над процесами гуміфікації у ґрунтовому середовищі [11, 12]. За такого утримання ґрунту в міжряддях саду вища його гумусованість підтримується систематичним органічним удобренням, а за мінерального її рівень нижчий і змінюється залежно від норм добрив [1, 13].

Більшість результатів досліджень, описаних у зазначених публікаціях отримано в дослідах, де не вивчалось безпосередньо які кількості сухої маси обпалого листя та дрібного коріння поступає в ґрунт за різного удобрення. А це важливо для визначення оптимальних норм органічного та мінеральних добрив, які б забезпечували постійне підтримання достатньо високої родючості ґрунту.

Мета досліджень. Встановити можливість поповнення органічними речовинами й гумусом ґрунту від самих плодкових дерев яблуні за підвищення їх продуктивності і, відповідно, збільшення маси опадів листя та дрібного коріння й інших органів на збагачених фонах мінерального живлення основними макроелементами (N, P і K) за багаторічного постійного застосування органічних і мінеральних добрив.

Умови й методика досліджень. Дослідження виконанні в дослідах із удобренням незрошуваних насаджень яблуні, що вирощуються на темно-сірому опідзоленому ґрунті та чорноземі опідзоленому важкосуглинкових за гранулометричним складом. Баланс гумусу розраховано в тривалих дослідах з удобренням яблуні органічним і мінеральними добривами за останні 20 років вирощування дослідних дерев від 30- до 50-річного їхнього віку. Досліди закладені в рік садіння садів, у яких вирощували на темно-сірому опідзоленому ґрунті сильнорослі дерева сорту Кальвіль сніговий і на чорноземі опідзоленому сорту Пепін литовський на насінневій підщепі. Схеми дослідів однакові з такими варіантами: 1) без удобрення (контроль), 2) внесення органічного добрива (гній підстилковий від великої рогатої худоби) і 3) внесення мінерального добрива (NPK). Вносили добрива раз у два роки восени, розсіваючи в міжряддях 40 т/га гною та по 120 кг/га N, P₂O₅ і K₂O (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀), і заробляли у ґрунт оранкою на глибину 18-20 см. Зміни запасів гумусу в метровій товщі ґрунту розраховані за різницею його вмісту на початку та в кінці 20-річного періоду досліджень на кожній дослідній ділянці за чотириразового повторення досліджуваних варіантів. Визначали вміст гумусу за ДСТУ [14].

Досліди з удобренням молодих насаджень яблуні мінеральними добривами, де досліджували насичення ґрунту дрібним корінням, закладені в рік садіння на таких же важкосуглинкових опідзолених ґрунтах: темно-сірому і чорноземі з розміщенням дерев на вегетативній підщепі М.3 – 5 x 4 м. У них вивчали в триразовому повторенні варіанти з різними нормами і співвідношеннями від 60 до 180 кг/га N, P₂O₅ і K₂O. Фосфорні та калійні добрива вносили щорічно восени під оранку чи дискування ґрунту в міжряддях на глибину до 15 см і азотні – напровесні під культивуацію на глибину 10–12 см.

Для вивчення розкладання та гуміфікації обпалого листя й тонкого ($d \leq 1$ мм) дрібного коріння та збагачення ґрунту гумусом від цих джерел органічних речовин проводили лабораторно-польовий дослід безпосередньо в дослідних садах, щоб ці процеси відбувалися за природних умов у різних шарах ґрунтового середовища до глибини 60 см, де розміщується основна частина кореневих систем плодкових дерев.

Масу обпалого листя визначали у межах кожної дослідної ділянки (повторення) всіх досліджуваних варіантів, а дрібного коріння за фракціями: живе, відмерле і гуміфіковане – також на всіх дослідних ділянках за методом «моноліта» та біологічну активність ґрунту [15, 16].

Для оцінювання точності досліджень і рівня достовірності результатів у роботі застосовували методи математичного аналізу: визначення відносної похибки середніх величин, дисперсійний з розрахунком найменшої істотної різниці та кореляційний аналізи показників досліджень [16].

Результати досліджень. За вирощування плодоносного дослідного яблуневого саду протягом 20 років (від 30- до 50-річного віку дерев) відбулися різні зміни запасів гумусу в метровому профілі ґрунту залежно від удобрення органічним і мінеральними добривами (табл. 1).

Табл. 1. Зміни запасів гумусу в ґрунті під дослідними насадженнями яблуні за 20-річний період (від 30- до 50-річного віку дерев)

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Темно-сірий опідзолений ґрунт			Чорнозем опідзолений		
		Початковий запас, т/га	Збільшення		Початковий запас, т/га	Збільшення	
			т/га	%		т/га	%
Без удобрення (контроль)	0–60	152	11	7	184	18	10
	60–100	47	16	34	68	19	28
Гній 40 т/га	0–60	189	14	7	225	19	8
	60–100	63	20	32	95	21	22
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0–60	170	3	2	218	9	4
	60–100	58	18	31	93	18	19

Неоднакові вихідні запаси гумусу були створені за вирощування дослідних насаджень у попередні 30 років. У цей попередній період за удобрення саду органічним добривом запаси гумусу зросли у метровому шарі темно-сірого опідзоленого ґрунту на 53 т/га і чорнозему опідзоленого – на 68 т/га, а за удобрення мінеральними добривами – відповідно, на 29 і 59 т/га порівняно з його запасами на неудобрюваних ділянках. Упродовж наступного 20-річного періоду за органічного удобрення в темно-сірому опідзоленому ґрунті гумусу добавилось на 7 т/га більше, ніж у контрольному варіанті без удобрення, а за удобрення мінеральними добривами збільшення його кількості було на 6 т/га меншим, ніж у неудобрюваному ґрунті. В чорноземі опідзоленому зростання запасів гумусу було близьким за органічного удобрення й без удобрення – відповідно на 40 і 37 т/га, а за мінеральних добрив – лише на 27 т/га.

Такі зміни запасів гумусу в різноудобрюваних ґрунтах зумовлювались як неоднаковим поповненням їх органічними речовинами, так і різною біологічною активністю ґрунтового середовища. Результати визначення останньої показали, що за органічного удобрення в темно-сірому опідзоленому ґрунті розкладання целюлози було інтенсивнішим, ніж без удобрення на 15 %, продукування CO₂ – на 36 % і N–NO₃ (за визначення нітрифікаційної здатності ґрунту) – на 118 %, за мінерального удобрення відповідні показники були: 9 %, 25 і 104 %, а в чорноземі опідзоленому вони становили, відповідно: 14 %, 60 і 69 % та 12 %, 72 і 84 %.

Отже, баланс гумусу в утримуваних за парового обробітку ґрунтах під плодовими насадженнями залежав як від поповнення його органічними речовинами, так і, в більшій мірі, від інтенсивності їх розкладання та мінералізації, які значно активізувались під впливом удобрення, особливо процеси мінералізації у верхніх шарах 0-20 і 20-40 см. Вірогідно, й тому запаси

гумусу більше зросли за слабкішої мінералізації у нижніх шарах (60–100 см). Крім того, в плодкових насадженнях також відбувається промивання розчинних гумусових речовин з верхніх у глибші шари ґрунтового профілю за дії елювіальних процесів ґрунтоутворення.

У неудобрюваному ґрунті процеси біологічної активності, зокрема мінералізації, менш інтенсивні, тому поповнення дослідних ґрунтів гумусовими речовинами відбувалось майже на рівні з органічним удобренням за додаткового внесення в ґрунт до 10 т/га сухої органічної маси за кожні два роки. А неудобрюваний та удобрюваний мінеральними добривами ґрунт не збагачувався додатково органічними речовинами без внесення органічного добрива. Тому збільшення в ньому гумусу відбувалося в основному завдяки органічної маси обпалого листя та інших органів і тканин, а також дрібного коріння, яке систематично наростає та відмирає, постійно оновлюючись для забезпечення живлення рослин мінеральними елементами разом з ґрунтовою водою. Удобрюваний ґрунт цією органічною масою поповнювався в більшій мірі за вищої продуктивності дерев на дослідних ділянках порівняно з контрольними. Відповідно на деревах нарощувалося більше листя та дрібного коріння, про що свідчать результати їх обліку в тривалих дослідях (табл. 2, 3), де досліджено баланс гумусу.

Табл. 2. Суха маса обпалого листя в середньому за п'ятирічний період із дерев 41- - 45-річного віку в тривалих дослідях з удобренням яблуні, т/га

Варіант досліджу	Сорт Кальвіль сніговий на темно-сірому опідзоленому ґрунті	Сорт Пепін литовський на чорноземі опідзоленому
Без удобрення (контроль)	2,88	3,16
Гній 40 т/га	3,59	3,82
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,47	3,64
НІР ₀₅	0,27	0,31

В них у середньому за п'ять років (від 41- до 45-річного віку дослідних дерев) на неудобрюваних ділянках виявлена суха маса обпалого листя сорту яблуні Кальвіль сніговий на темно-сірому опідзоленому ґрунті 2,88 т/га і сорту Пепін литовський на чорноземі опідзоленому – 3,16 т/га, а на удобрюваних гноєм вона більша відповідно на 0,71 і 0,66 т/га та мінеральними добривами – на 0,59 і 0,48 т/га, або відносно на 25 і 17 % та 21 і 15 %.

Сухої маси дрібного коріння в основному кореневмісному шарі (0 - 60 см) під 40-річними дослідними садами у розрахунку на гектарну площу в темно-сірому опідзоленому ґрунті було 5,88–8,24 т і в чорноземі опідзоленому – 6,82–9,99 т, що від всієї маси у метровому шарі становило 83,7–85,1 % та 83,9–84,5 %.

Табл. 3. Суха маса тонкого дрібного коріння під 40-річними деревами е тривалих дослідах з вивченням удобрення яблуні, т/га

Варіант досліду	Шар ґрунту, см	Сорт Кальвіль сніговий на темно-сірому опідзоленому ґрунті			Сорт Пепін литовський на чорноземі опідзоленому		
		Корені			Корені		
		живі	відмерлі	гуміфіковані	живі	відмерлі	гуміфіковані
Без удобрення (контроль)	0-20	0,92	0,84	1,01	1,02	0,98	1,15
	20-40	0,56	0,69	0,47	0,69	0,81	0,70
	40-60	0,45	0,38	0,36	0,51	0,49	0,47
	60-100	0,38	0,34	0,31	0,45	0,41	0,39
Гній 40 т/га	0-20	1,14	1,26	1,63	1,37	1,42	1,79
	20-40	0,82	1,05	0,62	1,08	1,26	0,93
	40-60	0,64	0,67	0,41	0,72	0,74	0,68
	60-100	0,56	0,58	0,47	0,67	0,66	0,59
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	1,12	1,21	1,54	1,35	1,33	1,66
	20-40	0,71	0,95	0,48	0,83	1,11	0,65
	40-60	0,53	0,63	0,37	0,60	0,80	0,53
	60-100	0,48	0,52	0,39	0,54	0,67	0,41

Вона, як і маса листя, також значно відрізнялась залежно від удобрення. На удобрюваних гноєм ділянках у темно-сірому опідзоленому ґрунті її було більше, ніж у контрольному варіанті без удобрення, на 2,56 т/га та в чорноземі опідзоленому на 3,17 т/га, а за удобрення мінеральними добривами, відповідно, на 1,86 і 2,04 т/га. У глибшому шарі 60 - 100 см дрібного коріння було значно менше: в темно-сірому ґрунті 1,03–1,61 т/га та в чорноземі опідзоленому 1,25–1,95 т/га або від загальної маси у метровому шарі – 15–16 % і 16 %. Збільшення маси дрібного коріння в удобрюваних ґрунтах було аналогічне як і в шарі 0 - 60 см, але величини досить малі – 0,36–0,67 т/га. Найбільше насичений дрібним активним корінням був верхній шар ґрунту 0-20 см: у темно-сірому ґрунті на неудобрюваних ділянках його було 41 % від всієї маси, за органічного удобрення – 41 % і за мінерального 43 % та в чорноземі опідзоленому відповідно 39; 38 і 43 %.

Аналогічне насичення дрібним корінням різних шарів ґрунтового профілю встановлено в інших проведених дослідженнях із удобренням насаджень яблуні 12-річного віку зі щільнішим розміщенням дерев – 5 × 4 м. У них основна маса такого коріння знаходилась у шарі 0-60 см: 83 % на

неудобрюваних і 85 % на удобрюваних ділянках темно-сірого опідзоленого ґрунту та 85 % і 84 % на відповідних ділянках чорнозему опідзоленого (табл. 4).

Табл. 4. Суха маса тонкого дрібного коріння в метровому шарі ґрунту в 12-річних насадженнях яблуні за різного мінерального живлення, т/га

Варіант дослідження	Шар ґрунту, см	Темно-сірий опідзолений ґрунт			Чорнозем опідзолений		
		Корені			Корені		
		живі	відмерлі	гуміфіковані	живі	відмерлі	гуміфіковані
Без удобрення (контророль)	0-60	2,63	2,00	2,10	2,58	1,97	1,82
	60-100	0,65	0,38	0,31	0,68	0,28	0,19
	0-100	3,28	2,38	2,41	3,26	2,25	2,01
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-60	3,70	2,34	2,35	3,25	2,12	2,14
	60-100	0,79	0,42	0,26	0,86	0,31	0,28
	0-100	4,49	2,76	2,61	3,91	2,43	2,32

В удобрюваному темно-сірому опідзоленому ґрунті маса всього дрібного коріння в шарі 0-60 см була на 1,66 т/га і в шарі 60-100 см на 0,13 т/га та в чорноземі опідзоленому відповідно на 1,14 т/га і 0,30 т/га більшою, ніж на неодобрюваних ділянках. Тобто основне та за удобрення додаткове насичення ґрунту органічною масою дрібного коріння відбувалося, головним чином, у кореневмісному шарі до глибини 60 см, а глибше його було мало.

Про те як ґрунт може поповнюватись гумусовими речовинами завдяки обпалому листю та дрібному корінню свідчать результати проведених лабораторно-польових досліджень на ділянках тих садових дослідів, в яких визначено баланс гумусу за різного удобрення. Як зазначено в табл. 5, після піврічного та річного періодів компостування листя й дрібного коріння з ґрунтом він помітно збагачувався гумусовими речовинами як від маси листя в шарі 0-20 см, так і від коріння в усіх шарах 60-сантиметрового профілю. При цьому динаміка розкладання та гуміфікації маси листя була інтенсивнішою – за півроку в шарі 0-20 см темно-сірого опідзоленого ґрунту вона розклалась на 12 % і чорнозему опідзоленого – на 6 % більше, ніж коріння, та гумусу утворилося також більше на 0,16 і 0,09 %. На кінець річного періоду маса листя розклалась теж більше, відповідно, на 19 і 11 %, а гумусу було більше в ґрунтосуміші з корінням на 0,04 і 0,11 %.

Ці результати свідчать про те, що органічна маса листя як інтенсивніше розкладалася й гуміфікувалася, так і швидше мінералізувалася, бо на кінець річного періоду в її суміші з ґрунтом було гумусу менше, ніж за піврічний період на 0,14 і 0,11 % (відносно на 22 і 19 %).

Табл. 5. Розкладання маси листя й дрібного коріння яблуні та підвищення вмісту гумусу на різній глибині ґрунтового профілю в дослідних садах

Шар ґрунту, см	Темно-сірий опідзолений ґрунт				Чорнозем опідзолений			
	за піврічного періоду		за річного періоду		за піврічного періоду		за річного періоду	
	1*	2	1	2	1	2	1	2
Листя								
0-20	52	0,63	82	0,49	53	0,58	73	0,47
Коріння								
0-20	40	0,47	63	0,53	47	0,49	62	0,58
20-40	28	0,37	34	0,44	46	0,55	54	0,63
40-60	20	0,33	29	0,40	42	0,47	50	0,56

Примітка. 1 - частка розкладання, %; 2 - збільшення вмісту гумусу, % до маси сухого ґрунту.*

А в ґрунтосумішах з корінням уміст гумусу постійно збільшувався впродовж річного періоду й дещо в більшій мірі в глибших шарах, де були менш інтенсивними процеси мінералізації. Крім того, в глибших шарах обох ґрунтів, важкосуглинкових за гранулометричним складом, знаходиться більше, ніж у поверхневому шарі, тонкодисперсних слабогумусованих глинистих мінералів, здатних інтенсивно закріплювати новоутворювані в них гумусові речовини, а також ті розчинні їхні сполуки, що промиваються вглиб із верхнього шару.

Отже, результати лабораторно-польового дослідження свідчать, що за розкладання опалого листя та дрібного відмерлого коріння в ґрунті саду відбуваються процеси їх гуміфікації і забезпечується збагачення його гумусом. Однак, у плодкових насадженнях від листо- та коренеопадку органічних речовин у ґрунт поступає набагато менше порівняно з компостованою в досліді ґрунтосумішшю, яка містила 2 % маси сухого листя чи коріння. У розрахунку на гектарну масу 20-сантиметрового шару ґрунту (2500 тонн) неудобрюваний ґрунт збагачувався обпалим листям Кальвіля снігового на 0,12 % і Пепіна литовського на 0,13 % та удобрюваний, відповідно на 0,14 % і 0,15 % з деяким переважанням за удобрення гноєм.

Суха маса дрібного коріння в сумі всіх облікованих категорій у шарі ґрунту 0-20 см на неудобрюваних ділянках відповідно становила 0,11 % і 0,13 % та в глибших шарах: 20-40 см – 0,06 % і 0,09 %, 40-60 см – 0,05 % і 0,06 %; на удобрюваних гноєм відповідні показники були: 0,16 % і 0,18 %; 0,10% і 0,13 %; 0,07 і 0,09 % та мінеральними добривами 0,16 % і 0,17 %, 0,09 % і 0,10 %, 0,06 % і 0,07 %. Близькі показники відносного поповнення ґрунту органічною масою обпалого листя та дрібного коріння виявлені також в інших дослідних садах.

Суша маса обпалого листя в них була в межах 1,21–3,97 т/га за різного їхнього віку та конструкцій, тобто становила 0,05–0,16 % до маси ґрунту в шарі 0–20 см. А маса дрібного коріння в 12-річних дослідних насадженнях із удобренням яблуні, що зазначена в табл. 5, на неудобрюваних ділянках темно-сірого опідзоленого ґрунту в шарі 0–60 см становила 0,09 % і в шарі 60–100 см – 0,03 % та в чорноземі опідзоленому відповідно 0,08 % і 0,02 %, а на удобрюваних ділянках відповідні показники були: 0,11 і 0,03 % та 0,10 і 0,03 %. Звичайно, таких кількостей органічних речовин, що поступають у ґрунт упродовж року, недостатньо для значного збагачення його гумусовими речовинами, але за багаторічного вирощування плодкових насаджень відбувається певне збільшення поповнення ґрунту ними, бо за річний період, як показали результати лабораторно-польових досліджень, не вся маса листя і коріння розкладається та утворені гумусові речовини не повністю мінералізуються. Відповідно, гумусованість ґрунту постійно підтримується на такому рівні, який забезпечується систематичним поповненням його обпалим листям та відмерлим дрібним корінням. Їхня маса більша за вищої продуктивності удобрюваних плодкових дерев, але в удобреному ґрунті за вищої гумусованості посилюються біологічні та біохімічні процеси. У результаті цього інтенсифікується мінералізація органічних, зокрема й гумусових речовин і відповідно збільшується вміст мінеральних сполук елементів живлення, зокрема азоту, що зазначається й іншими ученими [17, 18]. Тому рівень гумусованості ґрунту залежить як від збагачення органічними речовинами, так і, в більшій мірі, від біологічної активності ґрунтового середовища, особливо від інтенсивності процесів мінералізації.

Найбільше всі ці процеси (збагачення органічними речовинами та їх перетворення) відбуваються в кореневмісному шарі плодкових рослин до глибини 60 см, а в його межах найактивніше в шарі 0–20 см, куди надходить майже вся маса обпалого листя та який найбільше насичений активним дрібним корінням. У проведених дослідях встановлено тісний кореляційний зв'язок між насиченістю ґрунту загальною кількістю дрібного коріння і ступенем його гумусованості: в темно-сірому опідзоленому ґрунті $r = 0,710$ і в чорноземі опідзоленому – $0,892$, зокрема між масою живого коріння та вмістом гумусу відповідно $r = 0,670$ і $0,902$, відмерлого – $0,674$ і $0,921$ та гумуфікованого – $0,988$ і $0,776$ за рівня значимості для всіх коефіцієнтів $0,001$. Така тісна кореляція між масою всіх категорій коріння і ступенем гумусованості ґрунту свідчить, що всі вони є джерелами збагачення його органічними речовинами. Живе коріння, крім того, що після відмирання поповнює масу відмерлого й гумуфікованого, ще збагачує ґрунт своїми прижиттєвими виділеннями органічних речовин у процесі мінерального живлення.

Висновки. 1. За багаторічного удобрення плодкових насаджень у перший період росту молодих дерев підвищується гумусованість ґрунту, як від внесення органічного, так і мінеральних добрив, завдяки збільшенню нарощування біомаси їхніх органів, зокрема листя й коріння, та відповідного збагачення ґрунтового середовища органічними речовинами. Пізніше значно

інтенсифікується біологічна активність більш гумусованого удобрюваного ґрунту, особливо мінералізаційні процеси за його парового обробітку, що зумовлює інтенсивнішу мінералізацію органічних речовин, зокрема новоутворюваних гумусових. Тому збільшення кількості гумусу в удобрюваному ґрунті мало переважає цей процес у неудобрюваному, а за удобрення мінеральними добривами без додаткового внесення органічних речовин його добавляється навіть менше.

2. Процеси трансформації органічних речовин відбуваються переважно в основному кореневмісному шарі ґрунту і найінтенсивніше в поверхневому 0-20 см, куди поступають органічні добрива та основна маса обпалого листя й дрібного коріння, яким цей шар найбільш насичений. Глибші шари від основного кореневмісного збагачуються гумусом переважно завдяки міграції вглиб розчинних гумусових речовин, бо в них коріння надто мало. Це важливо враховувати у практиці удобрення плодових насаджень, щоб не допускати непродуктивних утрат поживних речовин і шкідливого забруднення підґрунтових вод розчинними органічними та мінеральними сполуками.

3. Розглянуті результати досліджень отримані в незрошуваних садах з сильнорослими деревами, що вирощуються з великими площами живлення за парової системи утримання ґрунту в міжряддях. Вони не повністю відповідають сучасним інтенсивним плодовим насадженням. Тому варто дослідити ріст і розміщення корневих систем слаборослих дерев на вегетативних підщепах, вирощуваних у насадженнях загущених конструкцій за зрошення різними способами та залуження міжрядь. Таких досліджень ще зовсім мало для обґрунтування ефективного й раціонального удобрення, зокрема способом фертигації, яке б забезпечувало високі врожаї доброякісних плодів без непродуктивних утрат поживних речовин і шкідливого забруднення ґрунту та навколишнього природного середовища.

Література

1. Копитко П. Г. Удобрення плодових і ягідних культур. Київ: Вища школа, 2001. 206 с.
2. Попова В.П., Сергеева Н.Н., Пестова Н.Г. Сохранение плодородия почвы и оптимизация питания садовых ценозов. *Садоводство и виноградарство*. 2006. № 4. С. 11–12.
3. Малюк Т.В., Пчолкіна Н.Г. Вплив тривалого вирощування плодових насаджень на гумусовий стан ґрунтів півдня України. *Садівництво*. 2012. Вип. 66. С. 155-161.
4. Иванов В. Ф., Иванова А. С., Опанасенко Н. Е.. Экология плодовых культур. Київ: Аграрна наука, 1998. 406 с.
5. Hilal M. H., Anter F. El., Damaty N. A. A chemical and biological approach towards the definition calcareous soil: 1. Movement and particle size of calcium carbonate fraction. *Plant and Soil*. 1973. Vol. 39 (3). P. 469-478.
6. Иванова А.С. Режим нитратного азота в карбонатных почвах под садами. *Агрехимия*. 1986. № 2. С. 11-17.

7. Amaya Atucha, Merwin Ian, A., Brown Michael, G. Long-term Effects of Four Groundcover Management Systems in an Apple Orchard. *Hort. Science*. 2011. № 46(8). P. 1176-1183.

8. Придорогин М. В., Придорогин В. К. Эффективность дерново-перегнойной системы содержания почвы в интенсивном карликовом саду яблони. *Садоводство и виноградарство*. 2010. № 3. С. 44-45.

9. Козак В. М., Каравач К. С. Урожайність та якість плодів яблуні залежно від систем утримання міжрядь саду на темно-сірому опідзоленому ґрунті. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 2. С 138-143.

10. Копитко П. Г., Нітруца К. М., Шимякін М. В. Фізичні властивості і формування водного режиму ґрунту за різних систем його утримання в саду. *Віснику Уманського ДАУ*. 2003. № 1–2. С. 13-50.

11. Бутило А. П., Берегуля Л. В. Агроекологічний моніторинг садового агрофітоценозу. *Збірнику наукових праць УНУС*. Ч 1. Вип. 73. С. 150-157.

12. Peng Xing-xing, Guo Zheng, Zhang Yu-Jiao, Li Gun. Quantitative simulation of the effect of long-term organic manure and chemical fertilizer application on water productivity and soil organic carbon contents of apple orchards in Weibel Highland. *Yourn. of Plant Nutrition and Fertilizers*. 2018. Vol. 24 (1), P. 33-43. <http://www.plantnutrifert.org>

13. Reganold J.P., Glover J.D., Fndrews P.K., Human H.R. Sustainability of three apple production systems. *Nature*. 2001. Vol. 19. P. 926–930.

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

15. *Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами* / П. В. Кондратенко, М.О. Бублик. Київ. 1996. 95 с.

16. *Основи наукових досліджень в агрономії* / В. О. Єщенко та ін. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

17. Wrona, D., Sadowski, A. Effect of nitrogen fertilisation and soilmanagement on soil mineral nitrogen in the apple orchard. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2004. № 12. P. 191-199.

18. Zhao Z. P., Yan S., Liu F., Ji P. H., Wang X. Y., Tong, Y. A. Effects of chemical fertilizer combined with organic manure on Fuji apple quality, yield and soil fertility in apple orchard on the Loess Plateau of China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineerin*. 2014. Vol. 7(2). P. 45–54.

References

1. Копытко, Р. Н. (2001). Fertilization of fruit and berry crops. Kyiv, 2001. 206 p.

2. Popova, V. P., Sergeeva, N. N., Pestova, N. G. (2006). Maintenance of soil fertility and optimization of garden coenoses supply. *Horticulture and Viticulture*, 2006, no. 4, pp. 11–12.

3. Maljuk, T. V., Pcholkina, N. G. (2013). Ecological problems of irrigated gardens in the south of Ukraine. *Agrochemistry and soil science*, 2013, no. 79, pp. 1-8.
4. Ivanov, V. F., Ivanova, A. S., Opanasenko, N. E. (1998). *Fruit crop ecology*. Kiev: Agrarian Science, 1998. 407 p.
5. Hilal, M. H., Anter, F. El., Damaty, N. A. (1973). A chemical and biological approach towards the definition calcareous soil: 1. Movement and particle size of calcium carbonate fraction. *Plant ant Soil*, 1973, Vol. 39, no. (3), pp. 469-478.
6. Ivanova, A. S. (1986). Nitrate nitrogen mode in the carbonate soils of gardens. *Agrochemistry*, 1986, no. 2, pp. 11-17.
7. Amaya, Atucha, Merwin Ian, A., Brown Michael, G. (2011). Long-term Effects of Four Groundcover Management Systems in an Apple Orchard. *Hort. Science*, 2011, no. 46(8), pp. 1176-1183.
8. Pridorogin, M. V., Pridorogin, V. K. (2010). Efficiency of sod-humic soil system in the intensive dwarf apple garden. *Horticulture and Viticulture*, 2010, no. 3, pp. 44-45.
9. Kozak, V. M., Karavach, K. S. (2013). Yield and quality of apple fruit depending on the systems of garden row spacing maintenance on the dark gray, podzolized soil. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 2013, no. 2, pp. 138–143.
10. Kopytko, P. H., Nitruca, K. M., Schemjakin, M. V. (2003). Physical properties and formation of water regime of soil under different systems of its maintenance in the garden. *Bulletin of Uman State Agrarian University*, 2003, no. 1-2, pp. 13–50.
11. Butylo, A. P., Beregulia, L. I. (2010). Agroecological monitoring of garden agrophytocenosis. *Collection of scientific works UNUS*, 2010, no. 73, pp. 150-157.
12. Peng, Xing-xing, Guo, Zheng, Zhang, Yu-Jiao, Li, Gun (2018). Quantitative simulation of the effect of long-tern organic manure and chemical fertilizer application on water productivity and soil organic carbon contents of apple orchards in Weibel Highland. *Yourn. of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2018, no. 24 (1), pp. 33-43. [http:// www.plantnutrifert.org](http://www.plantnutrifert.org)
13. Reganold, J. P., Glover, J. D., Fndrews, P. K., Human, H. R. (2001). Sustainability of three apple production systems. *Nature*, 2001, no. 19, pp. 926–930.
14. State Standard 4289–2004 Soil quality. Methods for determining organic matter. Kyiv: Derzspozhyvstandart Ukrainy, 2005, 8 p.
15. 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, 2006. 95 p.
16. Yeshchenko, V. O. (2014). *Fundamentals of research in agronomy*. Vinnytsia: Nichlava, 2014. 332 p.

17. Wrona, D., Sadowski, A. (2004). Effect of nitrogen fertilisation and soilmanagement on soil mineral nitrogen in the apple orchard. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2004, no. 12, pp. 191-199.

18. Zhao, Z. P., Yan, S., Liu, F., Ji, P. H., Wang, X. Y., Tong, Y. A. (2014). Effects of chemical fertilizer combined with organic manure on Fuji apple quality, yield and soil fertility in apple orchard on the Loess Plateau of China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2014, no. 7(2), pp. 45–54.

Аннотация

Копытко П. Г., Яковенко Р. В., Петришина И. П.

Пополнение органическими веществами и гумусированность почвы в яблоневых садах за разного удобрения

Целью исследований было установление возможности пополнения органическими веществами и гумусом почвы от самих плодовых деревьев яблони за повышение их продуктивности и, соответственно, увеличение массы осадка листьев и мелких корней и других органов на обогащенных фонах минерального питания основными макроэлементами (N, P и K) при многолетнем постоянном применении органических веществ и минеральных удобрений.

В процессе выполнения работ исследован баланс гумуса в метровом слое почвы под яблоневыми садами за изучение многолетнего их удобрения (от посадки до 50-летнего возраста деревьев) органическим (40 т/га навоза от крупного рогатого скота) и (N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀), которые вносились раз в два года осенью под вспашку в междурядьях на глубину 18-20 см. За 20 летний период (от 30-ти до 50-ти лет садов) у метровом слое темно-серой оподзоленной почвы на не удобряемых контрольных участках добавлено 27 т/га, а на удобряемых навозом - на 7 т/га больше, а за внесения минеральных удобрений - на 6 т/га меньше и в чернозёме оподзолённому, соответственно, 37 т/га и на 3 т/га больше и на 10 т/га меньше. Такие изменения запасов гумусу обусловлено разным пополнением органическими веществами, а также повышением в удобряемой почве биологической активности.

Также исследовано пополнение почвы под садом органической массой опавших листьев и мелких ($d \leq 1$ мм) корней, которые систематически образуются и отмирают, обеспечивая корневое питание плодовых растений. Эти источники пополняли органическими веществами наибольшие шар 0-20 см – всей массой листьев, а также 38,5 - 43,3 % мелкими корнями. Такие результаты обуславливались интенсификацией биологической активности, в частности процессов минерализации, в верхних слоях почвы при более высокой гумусированности, а также миграцией растворимых в глубь метрового профиля. Подобные изменения гумусированности темно-серой оподзоленной почвы наблюдались и в следующем периоде повторного выращивания яблони на тех же опытных участках в 1984–2016 гг.

Ключевые слова: насаждения яблони, органические и минеральные удобрения, опавшие листья, мелкие корни, биологическая активность почвы, минерализация, гумус.

Annotation

Копытко Р. Н., Yakovenko R. V., Petryshyna I. P.

Organic substances replenishment and high humus content of soil in the apple orchards under different fertilization

The balance of humus in a meter layer of dark gray, podzolized soil and podzolized chernozem of the experimental apple orchards and the study of their long-term fertilization was investigated (from the planting to 50-year old trees) with the use of organic (40 t/ha of cattle manure) and mineral fertilizers (N120P120K120), which were applied once in two years in autumn under the plowing in the row spacings at a depth of 18-20 cm. In the 20-year period (from 30- to 50-year-old experimental gardens) in a meter layer of dark gray podzolized soil on the non-fertilized control plots the amount of humus increased by 27 t/ha, and on the plots fertilized with manure – by 7 t/ha more and on the plots with mineral fertilizers – by 6 t/ha less and in podzolized chernozem – 37 t/ha and 3 t/ha more and 10 t/ha less respectively. Such changes in humus storage were caused by different replenishment of organic substances, and, to a greater extent, an increase in the biological activity of the fertilized soil, in particular the intensity of mineralization processes of organic matter, and in particular the humus compounds.

Also, the replanishment of such soils in the gardens by the organic mass of fallen leaves and thin ($d \leq 1\text{mm}$) small roots, which systematically grows and dies, providing root nutrition of fruit plants, was investigated. These sources supplemented with organic substances the layer of soil of 0-20 cm – with all the mass of leaves and 38,5-43,3% of the total roots, and the increase in humus content was in all roots of the layer of 0-60 cm: in non-fertilized areas of 11 t/ha in dark gray soil and 18 tons per hectare in chernozem, under organic fertilizers, by 14 and 19 t/ha, and under mineral fertilizers – by 3 and 9 t/ha respectively. The greatest quantity of humus was added in the layer 60-100 cm: 16 and 19 t/ha, 20 and 21 t/ha and 18 t/ha. Such results were conditioned by the intensification of biological activity, in particular mineralization processes, in the upper layers of fertilized soils at higher humus content, as well as the migration of soluble humus substances deep into the meter profile.

Key words: apple plantations, organic and mineral fertilizers, fallen leaves, small roots, biological activity of the soil, mineralization, humus.