Міністерство освіти і науки України
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра плодівництва і виноградарства

Допущено до захисту

«___» (_____) 2025 року

Зав. кафедри, д. с.-г. н., професор

_____Роман ЯКОВЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра

ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ ЯБЛУНІ ЗИМОВОГО СТРОКУ ДОСТИГАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКУ ПІДРІЗАННЯ КОРЕНІВ В УМОВАХ НВВ УМАНСЬКОГО НУС

Виконав: студентка ІІ курсу, групи 21-мс
спеціальності 203 Садівництво,
плодоовочівництво та виноградарство
освітньо-професіної програми
Садівництво та виноградарство
Чабанюк Анастасія Олегівна

Керівник: Андрій ЧАПЛОУЦЬКИЙ

Умань 2025

Зміст

Вступ…….6
Розділ 1. Підрізування коренів (огляд літератури)……8
1,1 Мета та значення підрізування коренів……....8
1.2 Особливості виконання підрізування коренів в яблуневому саду…….....9
1.3 Строки пізрізування коренів……..…….10
Розділ 2. Умови, об’єкти і методика проведення дослідження ……..…...13
2.1. Місце проведення досліджень і характеристика ґрунту……..13
2.2. Погодні умови…….13
2.3. Об’єкти досліджень ……...…16
2.4 Схема досліду…….……..…17
2.5 Методика проведення обліків і спостережень……..…….18
2.6 Охорона навколишнього природнього середовища …….……..….19
2.7 Охорона праці та техніка безпеки в плодоносних насадженях яблуні ..…...21
Розділ 3. Результати досліджень…….…….24
3.1 Фітометричні показники росту дерев яблуні залежно від строку підрізування коренів……..24
3.2 Показники продуктивності дерев яблуні залежно від строку підрізування коренів ……...31
Розділ 4. Економічна ефективність вирощування дерев яблуні залежно від строку підрізування коренів ……...…….36
Висновки…….……39

Рекомендації виробництву…..…..……..40
Список використаних джерел……...41
Додатки ……..45

Вступ

Садівництво є галуззю агропромислового комплексу України, що забезпечує внутрішнє споживання, експортний потенціал та продовольчу безпеку країни. За даними Державної служби статистики України, площі під промисловими садами перевищують 210 тис. га, з яких понад 65 % займають яблуневі насадження інтенсивного типу. Яблуня залишається домінуючою плодовою культурою завдяки своїй харчовій цінності, універсальності використання плодів, високій рентабельності виробництва. Проте сучасні виклики такі як зміна клімату, деградація ґрунтів, зростання вимог до екологічної безпеки змушують переосмислювати традиційні підходи до вирощування яблуні. Інтенсифікація виробництва, що передбачає щільність посадки (2500 4000 дерев/га), використання карликових підщепах (М9, М26, Р14) та механізованих процесів, дозволяє досягати врожайності 50 80 т/га [1, 2] .

У цьому контексті механізовані процеси набувають особливого значення. Підрізування кореневої системи — агротехнічний прийом, що застосовується для контролю вегетативного росту дерев, формування компактної кореневої архітектури, підвищення плодоношення та адаптації дерев до щільнішої посадки. Ця операція, виконується спеціальними тракторними агрегатами на глибині 8 15 см уздовж рядів, дозволяє обмежити надмірний ріст пагонів на 30

40 %, стимулюючи генеративний розвиток рослин і підвищуючи якість плодів. Проте механічне втручання в кореневу зону супроводжується ризиками: пошкодженням активних коренів (до 15 20 % маси), порушенням водно-фізичних властивостей ґрунту, стресом рослин і потенційним зниженням стійкості до посухи чи патогенів [3,4] .

Актуальність дослідження підрізування коренів у яблуневому саду зумовлена потребою оптимізації сили росту дерев та їх продуктивності. Підрізування коренів впливає на баланс між кореневою системою та надземною частиною, стимулює формування крони та покращує продуктивність. Цей агрозахід дозволяє контролювати розмір крони за рахунок стримання сили росту, що дає змогу підвищувати щільність посадок і полегшувати механізований догляд за насадженнями. Тому дослідження ефективних методів підрізування коренів є важливим для розвитку сучасних інтенсивних садів.

Метою дослідження є наукове обґрунтування та розробка технологічних параметрів механізованого підрізування кореневої системи яблуні в інтенсивних насадженнях

Об'єктом дослідження є процес механізованого підрізування кореневої системи яблуні в інтенсивних насадженнях.

Предметом дослідження — залежність продуктивності, фізіологічного стану дерев від технологічних параметрів операції.

Практичне значення отриманих результатів запропоновано ефективний строк підрізання коренів дерев яблуні.

.

РОЗДІЛ 1. ПІДРІЗУВАННЯ КОРЕНІВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Мета та значення підрізування коренів

Підрізування кореневої системи є одним із найефективніших агротехнічних прийомів регулювання росту та плодоношення яблуні в сучасних інтенсивних насадженнях. Основна мета цього заходу полягає в штучному обмеженні об’єму кореневої системи, що призводить до керованого стресу і перерозподілу пластичних речовин від вегетативного росту до генеративного розвитку. Завдяки цьому досягається комплекс позитивних ефектів, які неможливо отримати лише обрізуванням крони чи хімічними ретардантами.

Насамперед підрізування коренів дозволяє підтримувати оптимальні розміри крони на карликових підщепах протягом усього продуктивного періоду саду. Це запобігає надмірному вегетативному росту пагонів (зменшення приросту на 35 55 %), підвищує освітленість внутрішньої частини крони та полегшує механізовані операції: обприскування, обрізування, проріджування зав’язі та збирання врожаю. Регулярне підрізування скорочує витрати на ручну обрізку на 30 40 % і підвищує ефективність використання техніки [5].

Друга важлива мета — стимулювання плодоношення. Обмеження кореневої системи знижує рівень ендогенних гіберелінів і підвищує

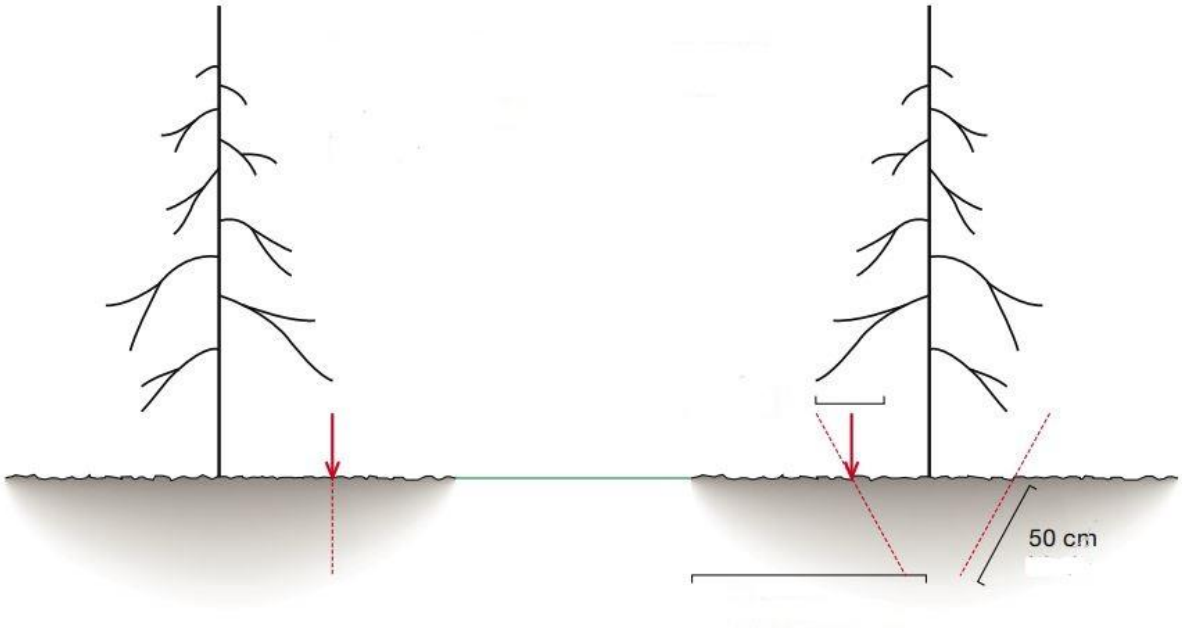
концентрацію абсцизової кислоти, що сприяє диференціації генеративних бруньок. У середньому частка плодоносних утворень зростає на 20 35 %, індекс плодоношення підвищується з 0,3 0,4 до 0,6 0,8, а стабільність врожаю забезпечується навіть у роки з природною періодичністю.

Третя мета — покращення якості плодів і скорочення хімічного навантаження. Перерозподіл асимілятів на користь репродуктивних органів збільшує середню масу плода на 8 15 г, підвищує цукристість і покращує забарвлення завдяки кращому проникненню світла та накопиченню антоціанів. Водночас зменшується потреба в хімічних ретардантах [6].

Значення підрізування коренів це технологія, що підвищує рентабельність інтенсивного садівництва на 18 28 %, подовжує економічно вигідний період експлуатації насаджень і знижує екологічне навантаження. У поєднанні з краплинним зрошенням і точним моніторингом цей прийом стає невід'ємною складовою біологізованих систем вирощування яблуні, забезпечуючи стабільно високі врожаї (60 90 т/га) при мінімальному впливі на довкілля [7].

1.2 Особливості виконання підрізування коренів в яблуневому саду

Виконання підрізування кореневої системи в інтенсивних яблуневих садах вимагає точного дотримання технологічних параметрів, щоб досягти контролю росту без шкоди для дерев. Ця операція проводиться механізованими агрегатами, які дозволяють швидко обробляти великі площі з мінімальним стресом для рослин. Основний принцип полягає в створенні вертикальних щілин у ґрунті вздовж рядів, що перетинають основну масу абсорбційних коренів, стимулюючи дерево до глибшого проникнення кореневої системи та перерозподілу ресурсів на користь плодоношення [8].



Для реалізації підрізування використовують спеціальні механізми, прикріплені до тракторів адаптованих до міжрядь 3 3,5 м. Ножі з регульованим кутом нахилу леза (15 25°) забезпечує вертикальний розріз, а за ним слідує прес-колесо, що ущільнює ґрунт і запобігає проникненню гербіцидів чи патогенів у рани. У сучасних системах, застосовують GPS-навігатори для точного проходу, або комбіновані агрегати з ріжучими дисками шириною 10 15 см [9]..

Процес починається з підготовки: перевірка техніки на герметичність гідравліки, калібрування глибини та налаштування на обох сторонах рядка. Трактор рухається рівномірно, з лезом, зануреним у ґрунт, створюючи щілини. Після проходу проводиться полив (200 300 мм/га) для прискорення регенерації коренів і мульчування для збереження вологи. Оптимальна глибина зрізу становить 40 см, щоб охопити 70 80% поверхневих коренів без пошкодження основної кореневої маси; глибше — ризик стресів і гнилей, як Phytophthora. Відстань від стовбура становить 0,3 0,5 м.

Швидкість руху агрегату критична для якості зрізу: оптимально 2 4 км/год, щоб лезо проходило плавно без ривків, забезпечуючи чистий розріз і мінімальне ущільнення ґрунту. При вищій швидкості (понад 5 км/год) зріз стає нерівним, підвищуючи ризик інфекцій, а нижча уповільнює процес. У посушливих умовах, як у степовій зоні України, рекомендують 2 2,5 км/год з

обов'язковим зволоженням перед проїздом. Частота — щорічна в молодих садах (1 3 роки) для формування компактної кореневої системи, чергова в зрілих, з моніторингом вмісту мінералів у листі (N, K, Mg), оскільки операція знижує їх засвоєння на 5 10%, вимагаючи підживлення вздовж щілин [10].

Особливості залежать від ґрунту та клімату: на чорноземах щілини закриваються за 2 3 тижні, на піщаних — потребують мульчі; у вологі роки ефект слабший, тому комбінують з дефіцитним зрошенням. Ризики мінімізують, уникаючи періоду цвітіння (зменшує зав'язь на 15%) і застосовуючи дезінфекцію лез. Загалом, правильне виконання перетворює підрізування на інструмент стійкості саду, підвищуючи врожайність на 15 20%.

1.3 Строки підрізування коренів в яблуневому саду

Підрізування кореневої системи яблуні є важливим агротехнічним заходом для контролю вегетативного росту та стимулювання плодоношення в інтенсивних насадженнях. Оптимальні строки цієї операції визначаються фазою розвитку дерева, кліматичними умовами та метою втручання, оскільки вони впливають на регенерацію коренів, гормональний баланс і врожайність. За рекомендаціями AHDB та MSU Extension, основний період — зима або рання весна, коли дерево перебуває в стані спокою, що мінімізує стрес і дозволяє швидке відновлення. У цей час (лютий березень) корені не активні, а ґрунт стабільний, що полегшує механізоване виконання з глибиною 40 см [11].

Ранні дослідження, як то робота Ferree (1992), показали, що підрізування в стані спокою зменшує ріст пагонів на 40 50 %, збільшує розмір плодів на 10 15 % і знижує періодичність плодоношення. Весняне підрізування (березень квітень) дає подібний ефект, але з ризиком уповільнення фотосинтезу на 15 20 % через активізацію транспірації, як зафіксовано в експериментах Basile et al. (1990). Літнє підрізування (червень липень) застосовують для додаткового контролю в спекотних регіонах, де воно посилює стійкість до посухи, але вимагає поливу, оскільки дерево витрачає більше енергії на регенерацію [12,13].

Останні дослідження 2020 2025 рр. уточнюють ці строки з урахуванням кліматичних змін і точного землеробства. У статті Uselis et al. (2020) на сортах 'Rubin' у Литві підрізування в листопаді грудні на підщепі M.9 знизило ріст на 35 %, підвищило врожайність на 18 % і покращило якість плодів (цукристість +1,2 % Brix), без негативного впливу. Автори рекомендують уникати даної операції під час цвітіння (квітень травень), оскільки це збільшує ризик опадання зав'язі на 10 15 % [14]. У роботі Wang et al. (2020) літнє підрізування (липень, після завершення росту пагонів) продемонструвало зниження транспірації на 25 %, але з компенсацією через глибше кореневе проникнення, що актуально для посушливих зон України [15, 16].

Зимове підрізування (листопад січень) оптимальне для Полісся та Лісостепу, з урожайністю +22,6 % порівняно з контролем, особливо при комбінації з літнім (червень). У степовій зоні рекомендують ранньовесняне (кінець лютого) для уникнення заморозків, з ефектом подовження продуктивності саду на 3 5 років.

Ці результати підкреслюють гнучкість строків: зимові — для базового контролю, весняні — для балансу, літні — для адаптації. Впровадження дозволяє скоротити ретарданти на 40 %, підвищуючи рентабельність на 20 %.

Розділ 2. Умови, об’єкти і методика проведення дослідження

2.1. Місце проведення досліджень і характеристика ґрунту

Дослідження впливу різних норм регуляторів росту на плодові дерева проводили в інтенсивному яблуневому саду Уманського національного університету. Дослідні насадження закладено 2015 року, тому на момент експерименту дерева сорту Фуджі, щеплені на слаборослій карликовій підщепі М9, перебували у фазі повного плодоношення, що дало змогу об’єктивно оцінити як коротко-, так і довгострокові ефекти застосування препаратів.

Ділянка має рівнинний рельєф із незначним нахилом на південь, що забезпечує рівномірне сонячне освітлення протягом дня та ефективний відтік надлишкової вологи під час опадів.

Ґрунт — важкосуглинковий чорнозем з високими агрофізичними характеристиками. Орний шар містить велику частку дрібних пилуватих фракцій (0,02 0,05 мм), завдяки чому має добру водопроникність і аерацію. Вміст гумусу у верхньому горизонті становить близько 2,7 %, що свідчить про

високу його природну родючість. З глибиною за профілем щільність ґрунту дещо зростає, проте в кореневмісному шарі зберігається рихла структура та достатня пористість для аерації. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної — pH 6,7 [17], що є оптимальним для засвоєння яблунею основних елементів живлення. Ґрунт добре забезпечений рухомими формами макро- та мікроелементів, необхідних для інтенсивнго типу насаджень.

Таким чином, сприятливе поєднання рельєфу, високородючого важкосуглинкового чорнозему та його оптимальних фізико-хімічних властивостей створює ідеальні умови для формування високопродуктивних насаджень та отримання достовірних результатів при вивченні дії регуляторів росту

2.2. Погодні умови

Черкаська область, розташована в центральній частині України в Лісостеповій зоні та характеризується помірно-континентальним кліматом, що формується під впливом частих атлантичних циклонів, арктичних вторгнень та континентальних мас повітря з переважно південного сходу. За багаторічними даними середньорічна температура повітря становить +8,5 10 °C, з тенденцією потепління на 1,5 2 °C за останні 30 років щороку. За рахунок зсуву меж агрокліматичних зон на північ, що робить більшу частину області придатною для степового землеробства, з ризиками для традиційних садів і лісів [18].

Зима в області м'яка, з середньою температурою січня близько 5,9 °C (абсолютний мінімум зафіксовано 34 °C у 1979 р.). Тривалість періоду з температурами нижче 0 °C близько 100 110 днів, з нестабільним сніговим покровом протягом зими(висота 10 20 см, тривалістю 60 80 днів). Весна настає рано, з середньодобовою +5 °C у березні, але з частими поверненнями холодів (заморозки до 5 °C до травні). Літо тепле, з максимумом у липні +19 22 °C (абсолютний максимум +39 °C у 2010 р.), тривалістю до 90 100 днів. Опади розподілені нерівномірно: близько 550 650 мм/рік, з максимумом восени (60 70

% річних), що сприяє родючим чорноземам, але викликає ерозію на схилах. Вітровий режим помірний (середня швидкість 3 4 м/с, переважний західний), з туманами (20 30 днів протягом року) та грозами.

Протягом 2025 року погодні умови Черкащини супроводжувались аномально теплим початок року з дефіцитом опадів, що перейшов у вологу весну та спекотне літо з екстремальними явищами. У 2025 році середньорічна температура повітря була суттєво вищою за середню багаторічну. Особливо значні відхилення спостерігалися в зимово-весняний період: січень виявився аномально теплим (+5,5 °С до норми), березень — на 4,2 °С теплішим, що зумовило ранній старт вегетації плодових культур вже в кінці лютого — на початку березня. Травень, навпаки, був холоднішим за норму на 2,3 °С, що уповільнило весняний ріст пагонів. У літні місяці температура перевищувала багаторічні значення на 1,5 °С, що сприяло інтенсивному накопиченню цукрів у плодах, але водночас посилювало водний стрес у період дефіциту опадів у червні. Загалом середня температура за вегетаційний період (IV–X) склала 15,6 °С, що на 0,9 °С перевищує середню багаторічну норму [19, 20].

Таблиця 2.2.1

Характеристика погодних умов 2025 року

Місяць	Температура повітря, ^{0}C		Відносна вологість повітря, %		Кількість опадів, мм	
	2025	Сер. багаторічне	2025	Сер. багаторічне	2025	Сер. багаторічне
Січень	2,1	-3,4	86	86	12,4	38
Лютий	-3,9	-2,3	74	85	7,8	34
Березень	6,7	2,5	67	82	12,5	36
Квітень	10,3	9,7	61	68	26,9	41
Травень	13,1	15,4	74	64	101,8	52
Червень	19,3	19,0	63	66	11,2	81

Липень	22,4	20,9	65	67	112,3	68
Серпень	19,7	20,1	63	68	23	49
Вересень	16,2	14,5	65	73	51,8	61
Жовтень	8,4	8,3	86	80	91,3	43
Листопад		2,1		87		43

Рівень відносної вологості повітря у 2025 році загалом був близьким до середніх багаторічних значень, проте з вираженими відхиленнями у окремі місяці. У зимові та ранньовесняні місяці (січень–березень) вологість була нижчою за норму на 4–15 %, що в поєднанні з підвищеною температурою прискорювало випаровування вологи з ґрунту. У травні–червні відмічено чергування періодів підвищеної (74 %) і зниженої (63 %) вологості, що ускладнювало регуляцію транспірації рослин. Найвища вологість (86–87 %) фіксувалася в жовтні–листопаді, що разом із помірними температурами сприяло затяжному вегетаційному періоду та підвищувало ризик розвитку грибкових захворювань у кінці сезону.

Розподіл опадів у 2025 році характеризувався високою нерівномірністю та значними відхиленнями від норми. За вегетаційний період (IV–X місяці) випало 418,3 мм опадів, що на 23 % перевищує середню багаторічну суму (395 мм). Критично низька кількість опадів спостерігалася в червні (11,2 мм, лише 14 % норми), що призвело до вираженого водного дефіциту в період інтенсивного росту пагонів і наливання плодів. Натомість травень (101,8 мм, 195 % норми), липень (112,3 мм, 165 % норми) та жовтень (91,3 мм, 212 % норми) виявилися надзвичайно дощовими, що спричинило перезволоження ґрунту, ускладнення захисту насаджень у липні [20].

2.3. Об’єкти досліджень.

Підщепа М9 (Malling 9) — найпоширеніша у світі карликова підщепа для яблуні, виведена у 1912 1917 рр. на дослідній станції East Malling (Велика

Британія) Дж. Хаттоном. Вона належить до клонових вегетативно розмножуваних підщеп і є еталоном карликовості: висота щепленого дерева становить лише 25 35 % від сильнорослої сіянцевої підщепи, тобто 2,0 3,0 м залежно від сорту та умов живлення. Завдяки цьому М.9 дозволяє створювати високощільні насадження 3000 5500 дерев/га з раннім вступом у плодоношення (2 3-й рік після посадки) і врожайністю 50 90 т/га вже на 5 6-й рік [21].

Коренева система М.9 поверхнева, мичкувата, з великою кількістю дрібних абсорбційних коренів, що робить дерева чутливими до посухи та дефіциту вологи у верхньому шарі ґрунту. Тому в садах обов'язковим є наявність краплинного зрошення та мульчування приштамбових смуг. Підщепа погано анкерує дерево, тому в насадженнях потрібна опора — шпалера або індивідуальні кілки протягом усього терміну експлуатації (15 20 років). М9 добре сумісна практично з усіма сучасними промисловими сортами [22].

Серед переваг — висока продуктивність на одиницю площі, раннє плодоношення, відмінна якість плодів і можливість повної механізації всіх процесів. Водночас М.9 вимоглива до родючості ґрунту, чутлива до низьких температур кореневої системи (вразлива при 12… 14 °C у зоні коренів), схильна до ураження фузаріозом і вогняним бактеріозом, а також потребує ретельного контролю росту через сильну вегетативну активність багатьох сортів. У сучасних садах використовують покращені клони М9 (Pajam-2, EMLA, Nic 29, T337), які мають кращу стійкість до хвороб і дещо сильніший ріст [23].

Сорт яблуні Фуджі є одним з найпопулярніших і найпоширеніших у світі, відомим своєю винятковою солодкістю, хрусткістю та тривалим періодрм зберігання. Дерева сорту Фуджі характеризуються сильним ростом, досягаючи висоти 2,5 3 м на карликових підщепах (М9, М26) та 4 5 м на напівкарликових. Крона компактна, округла, з середньою густотою, що полегшує механізацію в інтенсивних садах. Квітки рожеві потребують перехресного запилення (сумісні з Гала, Гренні Сміт чи Ханікрісп). Плоди дозрівають пізно — жовтень

листопад. Дерева врожайні, з продуктивністю 50 80 т/га, потребують нормування зав'язі [24].

Плоди Фуджі великі (150 200 г), круглої форми злегка сплющені, з товстою шкіркою, жовто-зеленим основним забарвленням з рожево-червоними смугами чи плямами. М'якоть кремово-біла, щільна, соковита, хрустка, з дрібними клітинами, що не темніє при розрізанні [25]. Смак насичено-солодкий (цукристість 14 18% Brix), з легкою кислинкою та нотками меду чи груші, низьким вмістом кислот (0,3 0,5%). Аромат делікатний, фруктовий. Завдяки високому вмісту пектину та сухої речовини (16 18%), яблука ідеальні для свіжого споживання, соків, сидру, соусів чи випічки — шкірка тримає форму при термообробці. Зберігаються до 6 12 місяців у холодильнику (0 4°C, 90% вологості), зберігаючи хрусткість і смак [26, 27].

2.4 Схема досліду

Сад яблуні сортів Фуджі та Хоней Крісп вирощених на підщепі М.9. Дерева сформовані за формою крони струнке вертено. Дерева в саду висаджені з півночі на південь, з шириною міжряддя 4 м, відстанню між деревами в ряду 1 м. Встановлена шпалера з залізобетонних стовпчиків.

Грунт в саду утримувався за дерново-перегнійною системою, а біля дерев обприскували гербіцидами системної дії двічі за сезон.

Таблиця 2.2

Схема досліду

Помологічний сорт	Строк обробки
Фуджі	Без підрізування (к)
	Весна
	Осінь
Хоней Крісп	Без підрізування (к)

	Весна
	Осінь

Дослідні дерева згідно схеми досліду підрізували корені на глибину 40 см та 40 см від штамбу паралеьно ряду.

Дослід включав 6 варіанти, з 4-разовим повторенням кожного варіанта по п’ять досліджуваних дерев у повторності.

2.5 Методика проведення обліків і спостережень

У процесі роботи застосовували комплекс польових, лабораторних і статистичних методів збору та обробки даних.

Діаметр крони визначали за допомогою мірної рейки, проводячи вимірювання на рівні основних скелетних гілок у двох взаємно перпендикулярних напрямках (північ південь і схід захід). За середнім значенням цих двох вимірів розраховували діаметр крони.

Приріст діаметра штамба встановлювали за різницею між вимірюваннями, проведеними на початку та наприкінці вегетаційного періоду на висоті 20 см від поверхні ґрунту.

Загальну листову поверхню одного дерева розраховували шляхом множення загальної кількості листків на середню площу одного листка, визначену методом висічок.

Кількість плодів обліковували окремо на кожному дереві в обліковій ділянці. Середню масу одного плоду отримували шляхом зважування середньої проби зі 100 плодів, відібраних пропорційно з усіх ярусів крони, з наступним діленням загальної маси проби на кількість плодів. Урожайність з гектара визначали множенням середньої кількості плодів на одному дереві на середню масу одного плоду та на кількість дерев на гектарі.

Товарність плодів оцінювали шляхом сортування за вимогами чинного стандарту [28].

Обробку отриманих даних здійснювали за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу та кореляційно-регресійного аналізу. Достовірність різниць між варіантами встановлювали за критерієм найменшої істотної різниці (НІР) при рівні ймовірності 0,95.

2.6 Охорона навколишнього природного середовища.

Екологія в садівництві виступає системним підходом до збереження природних ресурсів, біорізноманіття та родючості ґрунтів за умови збільшення врожайності й якості плодів. Промислові сади України охоплюють понад 200 тис. га, з яких 70 % становлять сучасні інтенсивні яблуневі насадження на карликових підщепах. Щосезону тут виконується механізовані операцій, таких як обробка ґрунту, обрізування, обприскування та збирання плодів. За даними НААН, ці процеси призводять до ущільнення ґрунту, ерозії та викидів CO_2 від дизельної техніки. Екологічна деградація знижує врожайність, підвищує витрати на відновлення і створює загрозу для експортних ринків через вимоги GlobalG.A.P. та EU Green Deal. Екологізація садівництва стає обов'язковою умовою розвитку садівництва. До 2030 року Україна має скоротити викиди парникових газів у сільському господарстві та ерозію грунтів [29].

Механізовані процеси залишаються основним джерелом екологічних ризиків разом з хімічними обробками. Обробка ґрунту шляхом дискування чи оранки ущільнює верхній шар грунту, руйнує пори що особливо небезпечно на схилах. Обприскування вентиляторними обприскувачами супроводжується зносом пестицидів вітром, забруднюючи повітря, ґрунти і водойми. Механізоване обрізування та підрізування коренів формує органічні рештки, а їх спалювання продукую CO_2. Збирання врожаю та транспортування додає викиди дизельного палива та шум понад 85 дБ.

Корекція екологічного впливу ґрунтується на мінімальному обробітку грунтуу, точному землеробстві, біологізації та цифровізації. Заміна оранки на чизелювання, strip-till або no-till із посівом сидератів, таких як гірчиця, фацелія

чи жито, зменшує ущільнення грунту, зберігає вологу і нарощує вуглецеві запаси. Точне обприскування за допомогою дронів, роботизованих систем із штучним інтелектом чи тунельних обприскувачів скорочує дрейф крапель і економить пестициди. Компостування гілок і листя з подальшим використанням як мульчування міжрядь повертає 60 70 % органічної речовини в ґрунт. Антиерозійні заходи, зокрема контурна посадка на схилах, доповнюються гідротехнічними спорудами. Моніторинг стану ґрунту й рослин здійснюється датчиками вологості, пенетрометрами, та метеостанціями з програмним забезпеченням [30].

У садах на підщепі М9 із міжряддями 3,2 м застосовують вузькі трактори висотою до 2 м із тиском на ґрунт нижче 80 кПа, що обмежує ущільнення 10 %. Механізоване обрізування з подрібненням гілок на місці створює мульчу в обсязі 3 5 т/га. Підрізування коренів ножами проводиться лише по осі рядка, мінімізуючи порушення структури.

Екологічні стандарти, визначені ДСТУ 8322:2015, ISO 14001 та GlobalG.A.P. IFA v6, вимагають наявність екологічного паспорта господарства з картами ерозії, щорічним аналізом ґрунту та розрахунком вуглецевого сліду. Органічна сертифікація за EU Organic забороняє синтетичні хімікати, дозволяючи лише біопрепарати та механічний обробіток [31].

Економічний ефект проявляється в зниженні витрат на паливо, економії пестицидів, зростанні врожайності завдяки оздоровленому ґрунту.

Екологія в садівництві забезпечує баланс між продуктивністю та збереженням довкілля. Механізовані процеси за умови мінімалізації, точності та біологізації перетворюються на інструмент стійкості, а не деградації [32].

2.7 Охорона праці та техніка безпеки в плодоносних насадженнях яблуні

Охорона праці в яблуневому саду є ключовим елементом сільськогосподарської діяльності, особливо під час виконання механізованих

робіт. Вона спрямована на збереження здоров'я та життя працівників, запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням. За даними законодавства України, зокрема Закону "Про охорону праці", ця система включає правові, організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи. Важливість дотримання охорони праці полягає в тому, що механізовані операції, такі як обрізування крони, обприскування, підрізування коріння чи збирання врожаю, пов'язані з високими ризиками травмування від рухомих частин обладнання, падіннями, впливом надлишкового шуму, вібрації, пилу та хімікатів. Недотримання розроблених правил може призвести до серйозних наслідків, включаючи травмування чи летальні випадки, а також економічні втрати для господарства через простої та компенсації. У яблуневому саду, де дерева висаджені щільно, ризики посилюються через обмежений простір і нерівну поверхню ґрунту. Правильна організація праці підвищує її продуктивність, знижує травматизм і сприяє сталому розвитку садівництва [33].

Основні правила охорони праці базуються на нормативних актах, таких як Кодекс законів про працю України та галузеві інструкції. До робіт допускаються лише особи старше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку та інструктаж. Перед початком механізованих робіт обов'язковий первинний інструктаж на робочому місці з демонстрацією безпечних методів. Працівники повинні бути ознайомлені з пристроями, обладнаннями, небезпечними зонами та засобами захисту. Заборонено одночасне виконання механізованих і ручних робіт на одній ділянці саду, щоб уникнути зіткнень і травматизму. Техніка має проходити регулярний технічний огляд, перевірятися кріплення, ріжучі елементи, гальма, захисних кожухів і сіток на кабіні трактора. Під час роботи необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: окуляри, рукавиці, захисний одяг, респіратори від пилу та шуму. Робочі зони огороджуються сигнальними стрічками, а рух транспорту обмежується. Після завершення робіт обладнання фіксується в транспортному положенні, а ріжучі частини закриваються кожухами [34].

Особливості охорони праці в яблуневому саду пов'язані в тому числі і з сезонністю та специфікою культур. Механізовані роботи, як обрізування крони, проводяться взимку або ранньою весною, коли ґрунт може бути слизьким, що підвищує ризик травмувань. Для механізованого обрізування дерев (наприклад, формування плодової стіни), використовуючи трактори з ріжучими дисками. Перед початком перевіряють стан машини, встановлюють захисні сітки на склі та радіаторі, а кріплення ріжучих елементів контролюють кожні три години. Зрізані гілки на ділянці видаляють лише після завершення операції, щоб уникнути зачеплення. Під час обприскування пестицидами додаються вимоги до вентиляції та використання протигазів, респіраторів, а роботи припиняються за сильного вітру.

Окремо варто виділити підрізування коріння механізовану операцію для контролю росту дерев, особливо на карликових підщепах, для формування компактної крони. Вона проводиться трактором з спеціальним ножем, для обмеження надмірного росту пагонів і покращення врожайності. Ризики включають пошкодження коренів, що може призвести до засихання дерева, а також травми від гострих ножів, вібрації машини та пилу від ґрунту. Операцію планують у періоди спокою (весна чи осінь), уникаючи посухи, щоб не стресувати дерева. Правила безпеки передбачають мінімальну відстань працівників від рухомих частин (не менше 1 м), низьку швидкість трактора (2-3 км/год), обов'язкове використання захисного взуття та рукавиць. Після підрізування проводять полив для відновлення, а ділянку оглядають на наявність відкритих коренів [35].

Дотримання охорони праці в яблуневому саду під час механізованих робіт, включаючи підрізування коріння, не лише мінімізує ризики, але й оптимізує технологічні процеси. Регулярні навчання, технічний контроль і використання сучасного обладнання запорука безпечної та ефективної праці.

Розділ 3. Результати досліджень

3.1 Фітометричні показники росту дерев яблуні залежно від строку підрізування коренів

Діаметр крони є важливим показником, що характеризує інтенсивність вегетативного росту та просторову архітектоніку дерева, безпосередньо впливаючи на світловий режим крони, ефективність фотосинтезу та потенційну врожайність насаджень.

У сорту Фуджі діаметр крони у контрольному варіанті становив 1,20 м, тоді як весняне підрізування коренів зменшило його до 1,18 м (–0,02 м; –1,7%), а осіннє — до 1,13 м (–0,07 м; –5,8%). Лише осінній варіант перевищує $НІР_{05}$=0,06 м, що свідчить про статистично достовірний ефект, тоді як весняне

підрізування впливає лише як тенденція. Середнє значення діаметра крони для сорту Fuji становить 1,17 м.

Таблиця 3.1

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення діаметра крони, м

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Діаметр крони, м
Фуджі	Без підрізування (к)	1,2
	Весна	1,18
	Осінь	1,13
Хоней Крісп	Без підрізування	1,35
	Весна	1,22
	Осінь	1,14
$НІР_{05}$		0,06

У сорту Honey Crisp діаметр крони у контрольному варіанті був 1,35 м, навесні він зменшився до 1,22 м (–0,13 м; –9,6%), восени — до 1,14 м (–0,21 м; –15,6%). Обидві різниці перевищують $НІР_{05}$, що підтверджує статистичну достовірність зменшення крони при обох строках підрізування. Середнє значення діаметра крони у Honey Crisp — 1,24 м, що демонструє більшу чутливість сорту до втручання в кореневу систему порівняно з Fuji.

У межах усіх варіантів підрізування середній діаметр крони по строках становить: без підрізування — 1,275 м, весна — 1,20 м, осінь — 1,135 м. Тенденція чітка: осіннє підрізування зменшує діаметр крони більш виражено, весняне — помірно.

Осіннє підрізування коренів забезпечує істотне зменшення діаметра крони обох сортів, особливо у Honey Crisp, тоді як весняне підрізування має помірний

ефект, що залежить від сортових особливостей росту та здатності кореневої системи до регенерації

Приріст діаметра штамба відображає, наскільки стабільно дерево нарощує багаторічну деревину впродовж вегетації, а отже — є індикатором балансу між вегетативним розвитком і навантаженням. Будь-які втручання, що змінюють функціональну активність кореневої системи, можуть спрямовано впливати на цей показник.

У сорту *Fuji* навіть помірне обмеження кількості коренів змінило динаміку приросту: якщо в контролі дерева додавали 6,6 мм, то після весняного втручання приріст зменшувався на 0,8 мм (приблизно –12%), а після осіннього — на 1,5 мм (–23%). Остання різниця фактично сягає межі $НІР_{05}$=0,7 мм і навіть перевищує її більш ніж удвічі, що дозволяє трактувати вплив осіннього підрізування як статистично підтверджений. Середній рівень приросту штамба в *Fuji* за всіма варіантами становить 5,83 мм, що вказує на помітну чутливість сорту до зміни кореневої системи.

У *Honey Crisp* тенденція подібна за напрямом, але дещо інша за масштабом: з контрольних 6,8 мм приріст знижується до 6,0 мм при підрізуванні навесні (–0,8 мм; –12%) і до 5,3 мм восени (–1,5 мм; –22%). Обидві різниці наближаються до межі істотності, а для осіннього варіанта вона перевищує $НІР_{05}$ майже вдвічі, що підтверджує системну реакцію сорту на обмеження кореневого живлення. Середнє значення приросту штамба для *Honey Crisp* становить 6,03 мм — трохи вище, ніж у *Fuji*, але з подібним характером реагування на втручання.

Таблиця 3.2

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на Приріст діаметра штамба, мм

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Приріст діаметра штамба. мм
Фуджі	Без підрізування (к)	6,6

	Весна	5,8
	Осінь	5,1
Хоней Крісп	Без підрізування	6,8
	Весна	6,0
	Осінь	5,3
$НІР_{05}$		0,7

Якщо проаналізувати фактор строку незалежно від сорту, можна побачити чітку градацію: контрольні варіанти в середньому забезпечували 6,7 мм приросту, весняне підрізування — 5,9 мм, осіннє — 5,2 мм. Така послідовність демонструє, що чим ближче підрізування до фази завершення активного коренеутворення, тим сильніше воно впливає на приріст штамба обох сортів.

Підрізування коренів, особливо осіннє, помітно зменшує приріст діаметра штамба в обох сортів, що свідчить про його ефективність як інструмента стримування надмірного вегетативного росту через перерозподіл ресурсів.

Довжина однорічних пагонів є чутливим індикатором інтенсивності вегетативного росту, який інтегрує реакцію дерева на обмеження кореневої системи та визначає подальший баланс між ростом і плодоношенням. Саме цей показник першим сигналізує про структурні зрушення в ростових процесах за змінених умов живлення та водозабезпечення коріння.

У сорту Фуджі контрольні дерева без підрізування коренів формували середню довжину пагонів 33,3 см. Весняне підрізування знизило цей параметр до 22,2 см (зменшення приблизно на 33%), а осіннє — до 16,1 см (скорочення вже майже на 52% відносно контролю). Таким чином, навіть в межах одного сорту проявляється чітка градація ефекту: від помірного гальмування росту навесні до посиленого стримування вегетативного нарощування після осіннього втручання.

Таблиця 3.3

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення довжини

пагонів

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Довжина пагонів, см
Фуджі	Без підрізування (к)	33,3
	Весна	22,2
	Осінь	16,1
Хоней Крісп	Без підрізування	42,1
	Весна	27,0
	Осінь	23,1
$НІР_{05}$		5

У Хоней Крісп вихідні значення були вищими, що відповідає його схильності до посиленого росту: без підрізування середня довжина пагонів становила 42,1 см. Після весняного підрізування приріст скоротився до 27,0 см (приблизно –36%), а після осіннього — до 23,1 см (–45% відносно контролю). Хоча масштаб зменшення також виражений, він дещо менш контрастний порівняно з Фуджі, що свідчить про більш стійку ростову активність Хоней Крісп.

Незалежно від варіанта підрізування, середні значення у Хоней Крісп були стабільно вищими, ніж у Фуджі: у середньому по факторах у контролі різниця становила 8,8 см, навесні — 4,8 см, а восени — 7,0 см. При цьому найменша істотна різниця ($НІР_{05}$ = 5 см) дозволяє вважати всі відмінності між варіантами в межах кожного сорту статистично значущими.

Підрізування коренів однозначно зменшує довжину однорічних пагонів, причому найсильніше — за осіннього проведення робіт. Реакція виразніша у Фуджі, тоді як Хоней Крісп демонструє дещо стійкіший ріст, але тенденції зберігаються в обох сортів

Інтенсивність *приросту пагонів* закономірно знижувалася після підрізування коренів, і в обох сортів ця реакція проявилася доволі чітко. У насадженні сорту Фуджі контрольні дерева формували найбільший сумарний приріст (14,6 м/дер), тоді як весняне обмеження кореневої системи скорочувало його приблизно на метр (13,3 м/дер)..

Таблиця 3.4

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення загальної довжини приросту

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Загальна довжина приросту, м/дер
Фуджі	Без підрізування (к)	14,6
	Весна	13,3
	Осінь	12,3
Хоней Крісп	Без підрізування	16,2
	Весна	14,3
	Осінь	13,8
$НІР_{05}$		1,2

Осіннє підрізування посилювало стримувальний ефект, зменшуючи довжину приростів до 12,3 м/дер

Для сорту Хоней Крісп характер реакції був аналогічним, хоча абсолютні значення приросту виявилися вищими, що узгоджується з його притаманною сортовою силою росту. Без підрізування дерева формували 16,2 м/дер приростів; після весняного підрізування показник знижувався до 14,3 м/дер, а після осіннього — до 13,8 м/дер.

$НІР_{05}$ = 1,2 м підтверджує статистичну різницю між варіантами та дає змогу розглядати зменшення приросту як прямий наслідок підрізування коренів, а не як випадкові коливання ростової активності дерев.

Листкова поверхня є одним із ключових показників функціонального стану дерева, оскільки саме вона визначає потенційну інтенсивність фотосинтезу, продуктивність крони та загальний ресурс формування врожаю. Будь-який вплив на кореневу систему неминуче відображається на площі листкового апарату, змінюючи баланс між ростовими процесами та генеративними.

У сорту Фуджі контрольний варіант характеризується загальною листковою поверхнею 15,3 тис. м²/га. Весняне підрізування коренів зменшило цей показник до 14,2 тис. м²/га, тоді як осіннє забезпечило ще більш відчутне скорочення — до 13,1 тис. м²/га (–14% відносно контролю). Таким чином, у дерев сорту Фуджі осіннє підрізування позначається на дереві помітніше й проявляється зменшенням листкової маси.

У Хоней Крісп базові значення були дещо вищими, ніж у Фуджі: 16,4 тис. м²/га без підрізування коренів. Після весняного втручання загальна площа листків скоротилася а 10 % до 14,8 тис. м²/га, а після осіннього — до 13,3 тис. м²/га (–19% відповідно). Варто відзначити, що насадження Хоней Крісп демонструє більш виражене зменшення показника відносно контролю, ніж Фуджі, що може вказувати на його більшу чутливість до обмеження кореневого живлення або інший характер перерозподілу асимілятів у відповідь на кореневий стрес.

Незалежно від обробки Хоней Крісп стабільно зберігав більшу листкову поверхню, ніж Фуджі: різниця становила 1,1 тис. м²/га у контролі, 0,6 тис. — за весняного підрізування і 0,2 тис. — восени. Проте за наближення показників до $НІР_{05}$ = 2,0 тис. м²/га більшість міжсортових відмінностей не перевищують порогу істотності, тоді як різниця між строками підрізування в межах одного сорту значно виразніша й перевищує 1–2 тис. м²/га. Отже, головним фактором варіативності виступає саме строк підрізування, а не сортові особливості.

У межах обох сортів зберігається тенденція: максимальна листкова поверхня спостерігається у контролі, менша — після весняного підрізування, і

найнижча — після осіннього. Це свідчить про системне зменшення функціональної активності крони зі підрізуванням коренів.

Таблиця 3.5

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення загальної листової поверхні

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Загальна листова поверхня, тис. $м^2$/га
Фуджі	Без підрізування (к)	15,3
	Весна	14,2
	Осінь	13,1
Хоней Крісп	Без підрізування	16,4
	Весна	14,8
	Осінь	13,3
$НІР_{05}$		2,0

Підрізування коренів у обох сортів викликає зменшення загальної листкової поверхні, причому найпомітніший ефект притаманний осінньому втручанню. Хоней Крісп загалом формує більшу листкову масу, проте його зниження відносно контролю є більш контрастним, що вказує на високу чутливість сорту до обмеження кореневої системи.

3.2 Показники продуктивності дерев яблуні залежно від строку підрізування коренів.

Кількість квіток є індикатором потенційної врожайності яблуні, оскільки відображає фізіологічну реакцію дерева на баланс ростових і генеративних процесів. Будь-яке втручання у кореневу систему впливає на розподіл асимілятів, а відтак — і на формування квіткових бруньок.

У насадженнях сорту Фуджі контрольний варіант забезпечив 583 квітки на дерево. Після весняного підрізування коренів кількість квіток збільшилася до

675 шт/дер тоді як осіннє підрізування спричинило ще виразніше зростання показника — до 738 шт/дер. Подібний напрямок реакції свідчить про посилення генеративного розвитку за рахунок часткового обмеження вегетативного росту.

Таблиця 3.6

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення кількості квіток

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Кількість квітів, шт/дер
Фуджі	Без підрізування (к)	583
	Весна	675
	Осінь	738
Хоней Крісп	Без підрізування	622
	Весна	738
	Осінь	850
$НІР_{05}$		74

У дерев сорту Хоней Крісп картина ще виразніша: без підрізування було формувалося 622 квітки, тоді як весняне втручання підвищило цей показник до 738 шт/дер (+19%), а осіннє — до 850 шт/дер (+37%). Порівняно з Фуджі, Хоней Крісп демонструє більшу чутливість сорту до регуляції кореневої системи.

Незалежно від сорту, осіннє підрізування забезпечує найбільше значення кількості квіток: у Фуджі різниця між осіннім варіантом і контролем становить 155 шт/дер, у Хоней Крісп — 228 шт/дер. При цьому обидві величини перевищують $НІР_{05}$ = 74, що підтверджує статистичну істотність.

Весняне підрізування також формує достовірні відмінності від контролю: +92 шт у Фуджі й +116 шт у Хоней Крісп, що також перевищує поріг

істотності. Отже, у межах обох сортів вплив строку підрізування є статистично обґрунтованим.

У межах обох сортів зберігається односпрямована тенденція: контроль < весна < осінь. Такий градієнт указує на поступове зміщення ресурсів дерева з вегетативної зони в генеративну в міру посилення кореневого обмеження, що є типовою адаптивною відповіддю плодових культур на зменшення доступності кореневого простору.

Підрізування коренів істотно підвищує кількість квіток в обох сортів, Сорт Хоней Крісп виявляє дещо вищу чутливість до кореневого обмеження, однак визначальним чинником зростання кількості квіток залишається саме строк підрізування.

Навантаження дерев плодами у сорті Фуджі в контрольному варіанті забезпечив 8,4 кг/дер. Весняне підрізування призвело до зростання навантаження до 9,7 кг/дер, тобто приріст становив близько 15% відносно контролю. Осіннє підрізування підсилювало цей ефект ще більше — до 10,6 кг/дер (+26%). Обидві різниці перевищують $НІР_{05}$=1,2, що свідчить про статистично достовірний вплив строків підрізування коренів на продуктивність дерева.

Подібний, але виразніший характер реакції спостерігається в сорту Хоней Крісп*:* від 9,0 кг/дер у контролі до 10,6 кг/дер після весняного підрізування і до 12,2 кг/дер після осіннього (+36%). Порівняно з Фуджі, Хоней Крісп демонструє більшу реакцію на кореневе обмеження, оскільки різниця між контролем і осіннім підрізуванням майже вдвічі більша, ніж у Фуджі.

При оцінці середніх значень незалежно від строків підрізування Хоней Крісп має стабільно вищий рівень навантаження дерев плодами (10,6 кг/дер проти 9,6 кг/дер у Фуджі), однак міжсортові відмінності в межах окремих строків не в усіх випадках перевищують межу істотності. У контролі різниця становить 0,6 кг/дер, що менше за $НІР_{05}$=1,2 і не є достовірна. У весняному варіанті різниця між сортами дорівнює 0,9 кг/дер — також нижче порогу. Лише

в осінньому варіанті підрізування міжсортова різниця сягає 1,6 кг/дер, тобто перевищує межу статистичної істотності.

Таблиця 3.7

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення навантаження дерев плодами

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Навантаження дерев плодами, кг/дер
Фуджі	Без підрізування (к)	8,4
	Весна	9,7
	Осінь	10,6
Хоней Крісп	Без підрізування	9,0
	Весна	10,6
	Осінь	12,2
$НІР_{05}$		1,2

Підрізування коренів достовірно збільшує навантаження дерев плодами в обох сортів, причому найефективнішим є осіннє виконання, яке підсилює продуктивність на 26–36% та формує статистично значущі міжсортові відмінності на користь Хоней Крісп.

Урожайність є важливим показником функціонування плодового насадження, що відображає генеративний потенціал дерев та результативність агротехнічних втручань.

У Фуджі підрізування коренів зумовило чітке нарощування врожайності: порівняно з контролем урожай збільшився приблизно на 16% у варіанті з весняним підрізуванням та на 27% — восени. Проте лише осіннє підрізування (різниця 5,6 т/га) перевищує $НІР_{05}$=3,3, що дозволяє вважати ефект статистично доведеним.

У Хоней Крісп амплітуда реакції є більшою: урожайність зростає від 22,4 т/га у контролі до 26,6 т/га після весняного підрізування та до 30,6 т/га при

осінньому підрізуванні (+36%). Обидві різниці — 4,2 та 8,2 т/га відповідно — перевищують поріг істотності, тому ефект підрізування коренів у цьому сорті є статистично підтвердженим незалежно від строку виконання.

Таблиця 3.8

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення урожайності

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Урожайність, т/га
Фуджі	Без підрізування (к)	21
	Весна	24,3
	Осінь	26,6
Хоней Крісп	Без підрізування	22,4
	Весна	26,6
	Осінь	30,6
$НІР_{05}$		3,3

Розглядаючи фактори незалежно від сорту, можна виділити системну тенденцію: урожайність у варіантах з весняним та особливо осіннім підрізуванням стабільно перевищує контрольну на 15–35%. Таким чином, реакція носить характер послідовного наростання і демонструє виражений позитивний градієнт.

Підрізування коренів суттєво підвищує урожайність, причому найбільший і достовірний ефект забезпечує осінній строк виконання, а сорт Хоней Крісп демонструє виражено сильнішу продуктивність порівняно з Фуджі.

Товарна якість плодів істотно змінювалася залежно від строку підрізування коренів, і ця тенденція простежувалась у обох сортів. У дерев сорту Фуджі найнижчу частку товарної продукції зафіксовано у контрольному варіанті (63%), тоді як весняне підрізування забезпечило різке збільшення значення показника до 88%. Осіннє підрізування також покращувало товарність, проте не настільки виразно — 82%.

Таблиця 3.9

Вплив строку підрізування коренів дерев яблуні на значення товарної якості плодів

Помологічний сорт	Строк підрізування коренів	Товарна якість плодів, %
Фуджі	Без підрізування (к)	63
	Весна	88
	Осінь	82
Хоней Крісп	Без підрізування	69
	Весна	87
	Осінь	85
$НІР_{05}$		7

Схожий, але більш виразний ефект спостерігали у насаджені Хоней Крісп: без підрізування товарна частка плодів становила 69%, тоді як весняне підрізування коренів підвищувало її до 87%, а осіннє — до 85%. Обидва способи майже зрівнювали якість плодів, що може вказувати на здатність ефективніше реагувати на різні строки регуляції кореневого живлення.

$НІР_{05}$ = 7% підтверджує достовірність різниць між варіантами, що дозволяє вважати ефект підрізування коренів не випадковим, а системним.

Розділ 4. Економічна ефективність вирощування яблуні сортів Фуджі та Хоней Крісп залежно від строку підрізування коренів.

Економічна оцінка ефекту від підрізування коренів є ключовим інструментом для визначення доцільності технологічних змін у промисловому

садівництві, оскільки поєднує збільшення урожайності та якості врожаю з витратами на виробництво й формує рентабельність виробництва. Саме показники вартості продукції, собівартості, чистого прибутку та рівня рентабельності дозволяють об’єктивно оцінити економічну результативність підрізування кореневої системи та спрогнозувати ефективність впровадження прийому у виробничих садах [36, 37].

У сорту Фуджі найвідчутніше економічне зростання спостерігалося після осіннього підрізуваннякоренів, що забезпечило збільшення вартості валової продукції на 225,8 тис. грн/га порівняно з контролем, тоді як весняна обробка дала 162,6 тис. грн/га додаткової виручки**.** При цьому витрати залишалися практично сталими (коливання в межах 2 %), що дозволило зменшити собівартість на 19–24 %**,** а рівень рентабельності підвищити з 97 % до 142–160 %**.** Отже, економічний ефект від підрізування був зумовлений не збільшенням витрат, а приростом продуктивності

Сорт Хоней Крісп демонстрував схожу закономірність, проте з вищою економічною віддачею: осіннє підрізування забезпечило приріст вартості продукції на 367,7 тис. грн/га**,** тоді як весняне – на 234,5 тис. грн/га. Зменшення собівартості (до 11,27 тис. грн/т**,** що на 23 % нижче за контроль) та суттєве збільшення рівня урожайності спричинили підвищення рівня рентабельності до 193 %, що є найвищим показником серед усіх варіантів. Витрати ж зберігалися практично на рівні контролю, що підтверджує техніко-економічну стабільність агрозаходу.

У міжсортовому порівнянні економічний ефект від осіннього підрізування був стійким та системним: додатковий чистий прибуток становив 219,0 тис. грн/га у Фуджі та 349,7 тис. грн/га у Хоней Крісп**,** що свідчить про чітку тенденцію до максимізації фінансової віддачі за умов пізнього підрізування кореневої системи. Весняне підрізування також забезпечувало позитивну ефективність, але з меншим прибутком – 156,4 тис. грн/га та 224,0 тис. грн/га відповідно.

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування яблуні сортів Фуджі та Хоней Крісп залежно від строку підрізування коренів.

	Фуджі			Хоней Крісп		
	контроль	весна	осінь	контроль	весна	осінь
урожайність, т/га	21.0	24.3	26.6	22.4	26.6	30.6
у тому числі додаткова	-	3.3	5.6	1.4	5.6	9.6
ціна 1 тони, грн	30601.0	33136.8	32646.5	30642.0	32973.0	33016.2
вартість продукції, грн	642621.0	805224.2	868396.9	686380.8	877081.8	1010295.7
у тому числі додаткова	-	162603.2	225775.9	43759.8	234460.8	367674.7
витрати на виробництво, грн/га	327018.9	333190.6	333749.2	329637.2	337492.2	344973.1
собівартість 1т	15572.3	13711.5	12547.0	14715.9	12687.7	11273.6
умовна сума чистого прибутку, грн/га	315602.1	472033.6	534647.7	356743.6	539589.6	665322.6
у тому числі додаткова	-	156431.5	219045.6	41141.5	223987.5	349720.5
рівень рентабельності, %	97	142	160	108	160	193

Осіннє підрізування коренів є економічно найрезультативнішим прийомом як для Фуджі, так і для Хоней Крісп, забезпечуючи максимальний приріст чистого прибутку й рентабельності без істотного збільшення витрат. Таким чином, агрозахід може розглядатися як високоефективний інструмент інтенсифікації плодового виробництва.

Висновки

1. Підрізування коренів сприяє збільшенню діаметра крони, причому найбільший ефект спостерігається при осінньому підрізуванні, а сорт Хоней Кріспдемонструє більшу чутливість порівняно з Фуджі.
2. Обмеження коренів стримує приріст штамба, з зменшенням показника при осінньому підрізуванні, особливо у Фуджі.

3. Підрізування коренів знижує довжину пагонів, при цьому Хоней Крісп зберігає більшу вегетативну активність, ніж Фуджі.
4. Сумарна довжина приросту: Підрізування коренів зменшує загальну довжину приросту, але Хоней Крісп зберігає більшу силу росту порівняно з Фуджі
5. Загальна листова поверхня зменшується в наслідок підрізування коренів, з чітким зниженням у осінньому варіанті та більшою стабільністю реакції у Хоней Крісп.
6. Підрізування коренів стимулює генеративний розвиток, збільшуючи число квіток у весняному та осінньому варіантах обох сортів.
7. Навантаження дерев плодами: обмеження кореневої системи сприяло підвищенню навантаження плодами, особливо при осінньому підрізуванні, а Хоней Крісп демонструє сильнішу реакцію.
8. Підрізування коренів покращує врожайність обох сортів, з максимальною значенням при осінньому строку виконання.
9. Обмеження коренів істотно підвищує частку товарних плодів.

Рекомендації виробництву

У насадження яблуні в Правобережному Лсостепу України рекомендовано виконувати підрізування коренів у осінній строк для підвищення генеративної продуктивності та товарної якості плодів

Список використаної літератури

1. Приймачук М. М., Бурлака А. І., Оратівський С. І. Рекомендації по вирощуванню яблуні в колективних, фермерських господарствах та на присадибних ділянках. Львів, 2006. 16 с.

2. Омельченко І. К. Наукові основи підвищення продуктивності насаджень яблуні // *Садівництво*. 1990. Вип. 89. С. 17 27.
3. Поперечна О. В. Яблука. Прогноз врожаю в Європі // *Садівництво по-українськи*. 2015. № 5. С. 12 15.
4. Жигадло В. Тенденції у зовнішній торгівлі плодоовочевою продукцією у 2009 році : матеріали конференції «Комерційне плодоовочівництво, квітництво та озеленення», 25 лютого 2010 р. Київ, 2010. 19 с.
5. Гриник І. О., Якимчук О. М. Вплив підрізування кореневої системи на продуктивність яблуні в інтенсивних насадженнях // *Садівництво і виноградарство*. 2024. Вип. 77. С. 94 103.
6. Кондратенко П. В. Сучасні технології регулювання росту і плодоношення яблуні. Київ : Інститут садівництва НААН, 2023. 188 с.
7. Best practice for root pruning in apples and pears / AHDB Horticulture. 2019. Режим доступу: https://horticulture.ahdb.org.uk/knowledge-library/best-practice-for-root-pruning-in-apples-and-pears
8. Root pruning guide for apple trees to reduce excessive vigor / MSU Extension. East Lansing : Michigan State University, 2015. Режим доступу: https://www.canr.msu.edu/news/root_pruning_guide_for_apple_trees_to_reduce_excessive_vigor
9. Root pruning apple trees to control excessive vigor in 2011 / MSU Extension. East Lansing : Michigan State University, 2011. Режим доступу: https://www.canr.msu.edu/news/root_pruning_apple_trees_to_control_excessive_vigor_in_2011
10. Controlling Growth of Apple Trees / UMass Amherst. Amherst : University of Massachusetts, 2024. Режим доступу: https://ag.umass.edu/fruit/fact-sheets/controlling-growth-of-apple-trees
11. Uselis N. та ін. Effects of growth control on yield and fruit quality of the apple cultivar ‘Rubin’ // *Agricultural and Food Science*. 2020. Vol. 29. P. 245 252.

12. Wang Y. та ін. Measurements and modeling of hydrological responses to summer pruning in dryland apple orchards // *Journal of Hydrology*. 2020. Vol. 591. Art. 125562.
13. Хоменко І. І. та ін. Продуктивність дерев яблуні залежно від форми крони та строку обрізування // *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 1. С. 45 52.
14. Ferree D. C. Time of root pruning influences vegetative growth, fruit size, biennial bearing, and yield of 'Jonathan' apple // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1992. Vol. 117, № 2. P. 198 202.
15. Best practice for root pruning in apples and pears / AHDB Horticulture. 2019. Режим доступу: https://horticulture.ahdb.org.uk/knowledge-library/best-practice-for-root-pruning-in-apples-and-pears
16. Root pruning guide for apple trees to reduce excessive vigor / MSU Extension. 2015. Режим доступу: https://www.canr.msu.edu/news/root_pruning_guide_for_apple_trees_to_reduce_excessive_vigor
17. Придатність ґрунтів під сади і ягідники / за ред. П. Д. Поповича. Київ : Урожай, 1981. 160 с.
18. Загальна інформація. Черкаська обласна державна адміністрація. Режим доступу: https://ck-oda.gov.ua/heohrafichne-polozhennya/
19. Адаменко Т. Зміна агрокліматичних зон України через потепління // Укргідрометцентр. 2019. Режим доступу: https://18000.com.ua/strichka-novin/cherez-poteplinnya-cherkashhina-postupovo-vxodit-do-novoï-klimatichnoi-zoni/
20. Природні особливості: географія, клімат і ландшафти. Канівська міська рада. Режим доступу: https://kanivrada.com.ua/pryrodni-osoblyvosti/
21. Webster A. D. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2004. Vol. 32, № 1. P. 83 97.

22. Wertheim S. J., Webster A. D. Rootstocks and interstocks // *Apples: Botany, Production and Uses* / ред. D. C. Ferree, I. J. Warrington. Wallingford : CABI Publishing, 2003. P. 157 176.
23. Robinson T. L. Advances in apple culture worldwide: new training systems and rootstocks // *Acta Horticulturae*. 2011. Vol. 903. P. 77 84.
24. Fuji Apples Information and Facts / Specialty Produce. Режим доступу: https://specialtyproduce.com/produce/Fuji_Apples_914.php
25. Apple variety Fuji / Nursery Oberhofer. Режим доступу: https://www.oberhoferb.com/en/fuji.php
26. Early Fuji Apples Information and Facts / Specialty Produce. Режим доступу: https://specialtyproduce.com/produce/Early_Fuji_Apples_11387.php
27. Fuji Apples: History, Identifying Characteristics, Taste & Cultivation / Mississippi Greens. 2025. Режим доступу: https://mississippigreens.com/fuji-apples/
28. Доспехов Б. Д. Методика польового досліду. Київ : Агропроміздат, 1985. 305 с.
29. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» : від 25.06.1991 № 1264-XII (зі змінами) // *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. Ст. 546.
30. Стратегія екологічної безпеки України на період до 2030 року : затв. Указом Президента України від 15.03.2021 № 111/2021 // *Офіційний вісник України*. 2021. № 25. Ст. 1124.
31. ДСТУ 8322:2015. Екологічні критерії для оцінки стану садівничих агроценозів. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 42 с.
32. Галушко В. П., Кондратенко П. В. Екологізація інтенсивного садівництва: ґрунтозахисні технології. Київ : Аграрна наука, 2022. 288 с.
33. Закон України «Про охорону праці» : від 14.10.1993 № 2694-XII (зі змінами) // *Відомості Верховної Ради України*. 1993. № 49. Ст. 445.

34. Інструкція з охорони праці при виконанні механізованих робіт у плодових насадженнях : затв. наказом Мінагрополітики України від 15.03.2018 № 142. Київ : Мінагрополітики України, 2018. 42 с.
35. Купчик М. П., Гандзюк М. П. Основи охорони праці. Київ : б. в., 2000. 256 с.
36. Пасхавер, Б. Й. Економічна ефективність інноваційних технологій у сільському господарстві. Економіка АПК. 2020. № 6. С. 3–14.
37. Збарський, В. К., Саблук, Р. П., Малік, М. Й. Економіка сільського господарства. – Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки», 2017. 542 с.

Додаток А
ДВОХФАКТОРНИЙ ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Показник: урожайність
Одиниця визначення даних t/ga
Градацій фактора А - 2 В - 3 Повторностей - 4

A	B	Середнє	Повторності			
1	1	21.00	18.60	21.00	23.40	21.00
1	2	24.25	26.40	23.10	24.50	23.00
1	3	26.58	23.00	28.00	26.80	28.50
2	1	22.38	21.30	25.50	22.20	20.50
2	2	25.60	25.40	28.90	24.30	23.80
2	3	30.63	33.30	31.00	28.90	29.30

Середнє по досліду - 25.07 t/ga

Середнє по фактору A

1	23.94
2	26.20

Середнє по фактору B

1	21.69
2	24.93
3	28.60

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені вільності	Середній квадрат	F
Загальна	311.63	23		
Повторносте	12.46	3		
Фактора A	30.60	1	30.60	6.79
Фактора B	191.39	2	95.69	21.25
Фактора AB	9.63	2	4.82	1.07
Залишок	67.55	15	4.50	

Фактор	Сила впливу	HIP
A	0.10	1.85
B	0.61	2.26
AB	0.03	3.20
Залишок	0.26	

Точність Досліду = 4.23% Варіація даних = 14.68%

Додаток Б

	Діаметр крони	*Приріст діаметра штамба*	*Довжина приросту*	*Заг довжина приросту*	*Загальна листова*	*кількість квіток*	*наванта ження*	*Урожа йність*	*тов якіс ть*
Діаметр крони	1.00								

Приріст діаметра штамба	0.85	1.00							
Довжина приросту	0.91	0.94	1.00						
Заг довжина приросту	0.91	0.89	0.98	1.00					
Загальна листова	0.94	0.98	0.96	0.92	1.00				
кількість квіток	-0.58	-0.82	-0.63	-0.49	-0.76	1.00			
Навантаження плодами	-0.58	-0.82	-0.64	-0.49	-0.76	1.00	1.00		
Урожайність	-0.58	-0.82	-0.64	-0.49	-0.76	1.00	1.00	1.00	
тов якість	-0.50	-0.74	-0.73	-0.61	-0.67	0.75	0.75	0.75	1