

ПОКАЗНИКИ ЛИСТЯ ТА АРХІТЕКТОНІКА КРОНИ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ГРУНТОВОГО УДОБРЕННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ

І. М. ТРУШЕВ¹, доктор філософії

Б. О. ЧЕЦЬКИЙ¹, доктор філософії

І. О. КУЧЕР¹, доктор філософії

В. М. ПЕЛЕХАТИЙ², кандидат сільськогосподарських наук

¹ Уманський національний університет

² Поліський національний університет

У статті наведено результати досліджень особливостей формування листкового апарату та архітекtonіки крони й їх впливу на врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106 за ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено закономірності взаємозв'язку між біометричними показниками листкової поверхні, структурними параметрами крони та врожайністю насаджень. Визначено, що оптимальне поєднання розвитку листкового апарату і просторової організації крони сприяє підвищенню ефективності фотосинтетичної діяльності, покращенню показників плодоношення та стабільності врожаю. Отримані результати свідчать про важливу роль листкового апарату й архітекtonіки крони у формуванні продуктивності яблуні та підтверджують доцільність застосування інтегрованих систем удобрення при удосконаленні технологій вирощування культури.

Ключові слова: яблуня, Чемпіон Арно, ґрунтове удобрення, позакоренево підживлення, асиміляційна поверхня, параметри крони, урожайність.

Постановка проблеми. Продуктивність яблуні значною мірою визначається особливостями формування асиміляційного апарату та просторової організації крони дерева. Листковий апарат є основним органом фотосинтезу, від ефективності функціонування якого залежить інтенсивність утворення та накопичення органічної речовини, що безпосередньо впливає на процеси росту й плодоношення. Архітекtonіка крони відіграє важливу роль у формуванні світлового режиму, розподілі асимілятів та ефективності використання фотосинтетично активної радіації [1].

У сучасному інтенсивному садівництві важливого значення набуває оптимізація факторів, що регулюють ріст і розвиток дерев, серед яких система мінерального живлення посідає провідне місце. Забезпечення рослин макро- та мікроелементами сприяє формуванню листкової поверхні, підвищенню фотосинтетичної активності та покращенню показників продуктивності [2, 3].

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо продуктивності яблуні, питання комплексної оцінки взаємозв'язку розвитку листкового апарату,

архітектоніки крони та врожайності за різних систем удобрення залишаються актуальними. Особливої уваги потребує вивчення впливу інтегрованих систем живлення на формування асиміляційної поверхні та структури крони дерев.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Формування продуктивності плодкових культур тісно пов'язане з особливостями розвитку асиміляційного апарату рослин. Листковий апарат виступає основним фізіологічним елементом, що забезпечує процеси фотосинтезу, накопичення органічної речовини та реалізацію потенціалу врожайності. У численних дослідженнях відзначено, що площа листової поверхні, тривалість функціональної активності листя та інтенсивність фотосинтетичних процесів визначають рівень продуктивності дерев [4, 5]. У дослідженнях [6] також підтверджено важливу роль живлення у формуванні продуктивності яблуні. Відмічено, що система удобрення істотно впливає на вміст елементів живлення у листі, фотосинтетичну активність та врожайність дерев. Автори підкреслюють, що ефективність мінерального живлення визначається не лише дозами добрив, але й особливостями їх застосування.

Суттєвий вплив на розвиток листового апарату мають умови мінерального живлення. Дослідженнями Р.В. Яковенка [7] доведено, що оптимізація систем удобрення сприяє активізації ростових процесів, формуванню більшої листової поверхні та підвищенню продуктивності яблуні й груші. Автор наголошує на важливій ролі збалансованого забезпечення рослин елементами живлення у регулюванні фотосинтетичної активності.

Дослідженнями [8] встановлено, що застосування оптимізованого ґрунтового удобрення позитивно впливає на ріст, розвиток та врожайність дерев яблуні. Підвищення забезпеченості рослин елементами живлення сприяє покращенню біометричних показників листя, що безпосередньо пов'язано з інтенсивністю фотосинтетичних процесів. При цьому особливого значення набуває позакореневе підживлення, яке дозволяє оперативна коригувати фізіологічний стан рослин.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що продуктивність яблуні формується під впливом комплексу взаємопов'язаних факторів, серед яких ключову роль відіграють та умови мінерального живлення. Водночас питання комплексної оцінки взаємозв'язку цих показників у сучасних інтенсивних насадженнях потребують подальшого дослідження.

Мета досліджень – вивчити особливості формування листового апарату та архітектоніки крони й їх вплив на врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106 за ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення в умовах Правобережного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводили у яблуневому саду Уманського національного університету 2015 року садіння зі схемою розміщення дерев яблуні сорту Чемпіон Арно на підщепі ММ.106 4 × 1,5 м.

Схема досліду включає варіанти з ґрунтовим удобренням: без добрив (контроль), N₁₂₀P₉₀K₉₀ (виробничий контроль), NPK_{розрахунковий}. Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений. При закладанні досліду рівень забезпечення ґрунту нітратним азотом (за нітрифікаційною здатністю при 14-добовому

компостуванні) був недостатній (вміст N–NO₃ у шарі 0–40 см становив 19,7 мг/кг ґрунту, що менше оптимального рівня (25,0 мг/кг) на 5,3 мг/кг). Забезпечення рухомими формами фосфору і калію (за методом Егнера–Ріма–Домінго) відповідно було вищим і недостатнім в шарі 0–60 см (вміст P₂O₅ становив 157 мг/кг за оптимального 70–100 мг/кг і K₂O – 224 мг/кг, що менше оптимального рівня (230–280 мг/кг ґрунту) на 6 мг/кг). Тому для створення оптимального фону живлення азотом і калієм, за показниками агрохімічних аналізів згідно з відповідними рекомендаціями [3] була розрахована норма азотного та калійного добрива для доведення вмісту N–NO₃ і K₂O в ґрунті до оптимальних рівнів, яка становила 37,6 кг N і 96 кг K₂O на 1 га. Далі ґрунт у досліді аналізували щорічно і за результатами аналізів розраховували норми азотного добрива для підтримання оптимального вмісту N–NO₃ у кореневмісному шарі ґрунту (0–40 см). Норма азотного добрива за три роки досліджень були в межах 27–38 кг N на 1 га саду. Добрива в ґрунт приштамбової смуги вносили навесні (селітра аміачна) та восени (суперфосфат гранульований і калій хлористий) із наступною їх заробкою.

Всі дослідження, виміри та обліки виконували за апробованими й стандартизованими методиками, описаними в методичній літературі [9, 10]. Статистичну обробку проводили методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерних програм.

Результати досліджень. Одним із важливих показників, що впливає на продуктивність насаджень є стан асиміляційної поверхні дерева. За період проведення досліджень показник кількості листя на деревах сорту Чемпіон Арно залежав від виду та строків внесення добрив і змінювався в межах 1393–1545 шт./дер. (рис. 1)

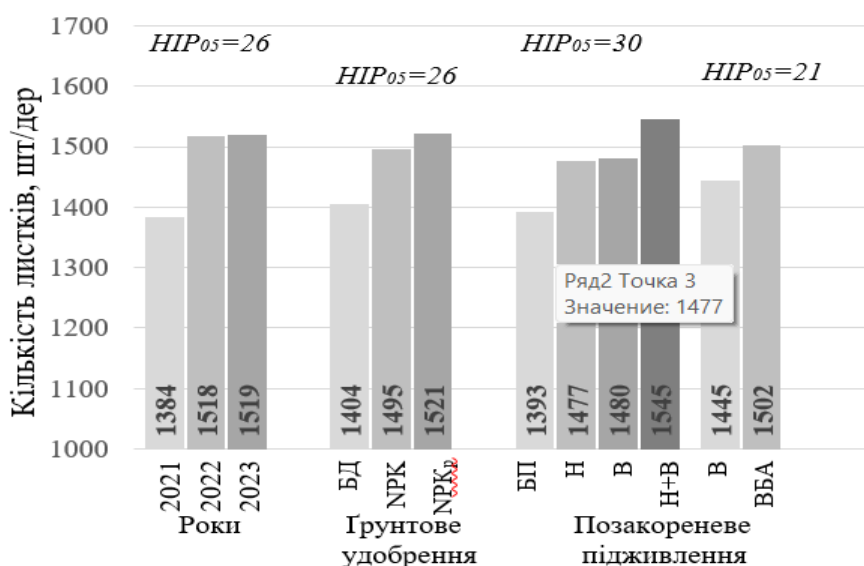


Рис. 1. Кількість листя у дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення, шт./дер: (БД – без добрив, NPK – N₁₂₀P₉₀K₉₀, NPK_p – NPK_{розрахунковий}, БП – без підживлення (вода), Н – навесні (азот + бор), В – восени (азот + бор), Н+В - навесні + восени (азот + бор), В – вода, ВБА - Вуксал Біо Аміоплант) – результати дисперсійного аналізу.

В середньому за роки досліджень кількість листків істотно різнилась та переважала у 2023 році – 1519 шт./дер. Застосування розрахункових норм добрив позитивно вплинуло на облистяність дерев, забезпечивши збільшення кількості листя на 8 % порівняно з варіантом без удобрення. Позакореневе внесення азоту та бору у весняний і осінній періоди забезпечило виражений ефект, зумовивши збільшення кількості листя на 11 % порівняно з контрольним варіантом. Крім того, застосування біостимулятора - антистресанта Вуксал Біо Аміноплант сприяло додатковому підвищенню цього показника на 4 % порівняно з варіантом, де дерева обробляли водою.

Всередньому за період проведення досліджень площа листової пластинки істотно різнилась та переважала у 2022 та 2023 роках, відповідно на 9 і 11 % показник 2021 року (рис. 2).

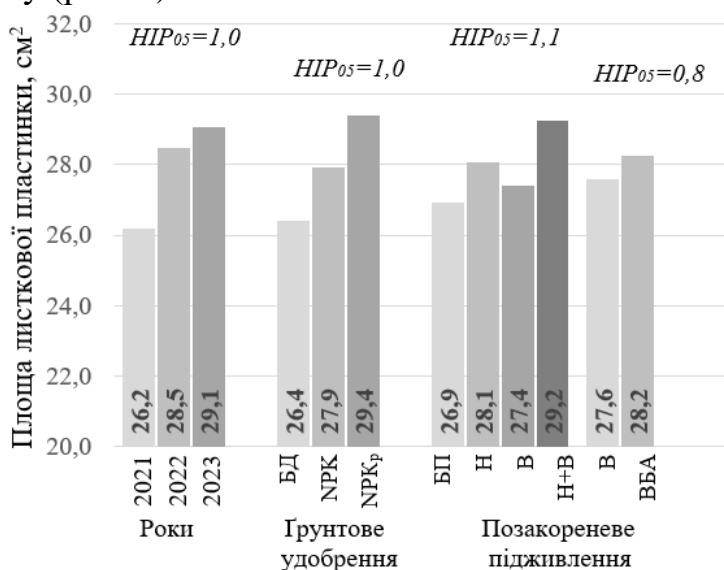


Рис. 2. Площа листової пластинки у дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення, см²:

(БД – без добрив, НПК – N₁₂₀P₉₀K₉₀, НПК_р – НПК_{розрахунковий}, БП – без підживлення (вода), Н – навесні (азот + бор), В – восени (азот + бор), Н+В - навесні + восени (азот + бор), В – вода, ВБА – Вуксал Біо Аміноплант) – результати дисперсійного аналізу.

Оптимізоване внесення добрив сприяло збільшенню досліджуваного показника на 11 % порівняно з контролем (без добрив). Позакореневе підживлення навесні та восени азотом і бором сприяло збільшенню площі листка на 9 % порівняно з ділянками без підживлень. Внесення біостимулятора – антистресанта істотного впливу на зміну показника не мало.

Висока продуктивність насаджень залежить від оптимального співвідношення процесів росту та плодоношення, що безпосередньо пов'язано з розмірами крони [11]. Проведені дослідження показали, що застосування ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення значно вплинуло на показник об'єму крони (рис. 3).

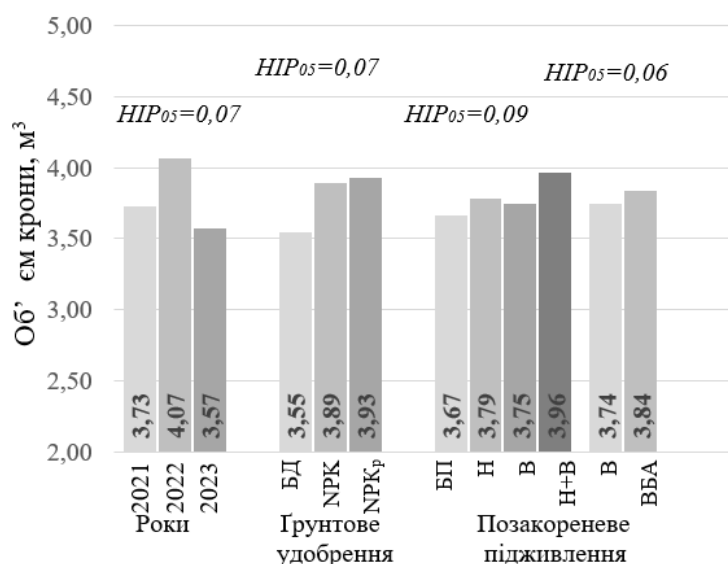


Рис. 3. Об'єм крони у дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення, м³: (БД – без добрив, НРК – N₁₂₀P₉₀K₉₀, НРК_p – НРК_{розрахунковий}, БП – без підживлення (вода), Н – навесні (азот + бор), В – восени (азот + бор), Н+В - навесні + восени (азот + бор), В – вода, ВБА – Вуксал Біо Аміноплант) – результати дисперсійного аналізу.

Об'єм крони за роки проведення досліджень суттєво варіював і досяг максимального значення у 2022 році – 4,07 м³, що достовірно перевищувало показники решти років. Систематичне внесення добрив у варіанті виробничого контролю (N₁₂₀P₉₀K₉₀) та розрахункових доз мінеральних добрив у варіанті з оптимізованим удобренням забезпечувало збільшення об'єму крони на 11 % порівняно з контролем (без удобрення). Додаткові позакореневі підживлення у весняний та осінній періоди сприяли істотному збільшенню досліджуваного показника відносно інших варіантів досліду. Крім того, відмічено позитивну тенденцію до збільшення об'єму крони за застосування Вуксал Біо Амінопланту.

Врожайність насаджень є одним із основних показників ефективності застосування добрив. У процесі досліджень встановлено істотний вплив системи удобрення на рівень врожайності дерев яблуні сорту Чемпіон Арно.

У середньому за роки досліджень (рис. 4) найвищий рівень урожайності зафіксовано у 2023 році – 31,9 т/га. Цей показник був на 9 % вищим порівняно з 2021 роком і перевищував результати 2022 року на 55 %. Отримані дані свідчать про вагомий вплив погодних умов у поєднанні з системою живлення на формування врожаю.

Використання оптимізованої системи удобрення сприяло підвищенню врожайності на 4 % порівняно з традиційним внесенням мінеральних добрив у нормі N₁₂₀P₉₀K₉₀ та на 32 % – відносно контрольного варіанта без удобрення. Це підтверджує ефективність збалансованих систем живлення, адаптованих до потреб дерев у різні періоди вегетації. Важливим чинником зростання продуктивності було позакореневе підживлення азотом і бором, проведене у весняний та осінній періоди, яке забезпечило підвищення врожайності на 17 % порівняно з варіантами без обробок. Крім того, застосування біостимулятора Вуксал Біо Аміноплант збільшило рівень врожайності на 7 % (1,9 т/га).

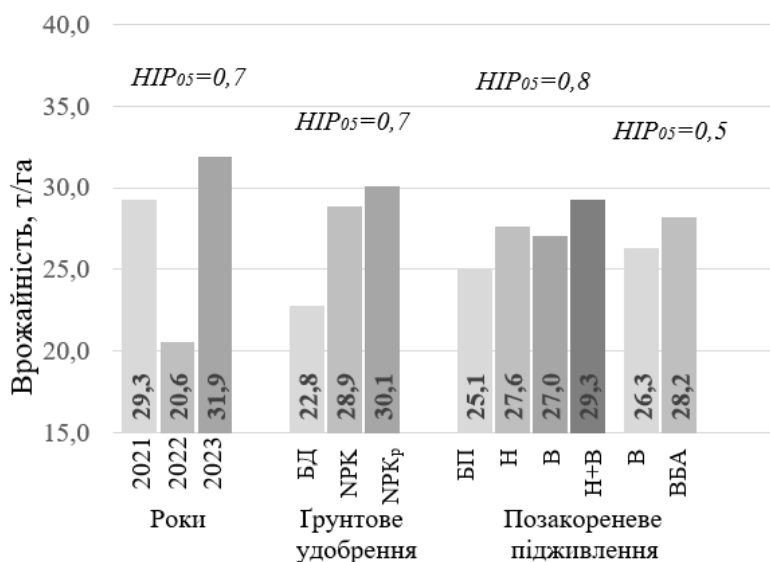


Рис. 4. Врожайність плодів яблуни сорту Чемпіон Арно залежно від ґрунтового удобрення та позакореневого підживлення, т/га: (БД – без добрив, НПК – $N_{120}P_{90}K_{90}$, НПК_р – НПК_{розрахунковий}, БП – без підживлення (вода), Н – навесні (азот + бор), В – восени (азот + бор), Н+В - навесні + восени (азот + бор), В – вода, ВБА - Вуксал Біо Аміноплант) – результати дисперсійного аналізу.

Висновки. Застосування розрахункових норм добрив і позакореневих підживлень азотом та бором забезпечувало істотне збільшення кількості листків (на 8–11 %) та площі листкової пластинки (на 9–11 %), що сприяло формуванню потужнішої асиміляційної поверхні. На цьому фоні відзначено збільшення об'єму крони – до 4,07 м³ (11 % до контролю), що створювало оптимальні умови для поєднання процесів росту й плодоношення.

Підвищення параметрів листкового апарату та крони безпосередньо відобразилося на врожайності, максимальний її рівень (31,9 т/га) отримано у 2023 році. Оптимізована система удобрення забезпечила приріст урожаю на 4 % порівняно з виробничим контролем ($N_{120}P_{90}K_{90}$) і на 32 % - відносно варіанту без удобрення, тоді як позакореневі підживлення підвищили врожайність на 17 %, а використання Вуксал Біо Аміноплант – на 7 %.

Таким чином, збалансоване ґрунтове живлення у поєднанні з позакореневими підживленнями є ефективним інструментом формування високої продуктивності насаджень через оптимізацію ростових процесів і фотосинтетичної діяльності дерев.

Література:

1. Chaploutskyi A. M., Holovatyj P. A., Butsyk R. M. Formation of the leaf apparatus of apple trees depending on the shape of the crown and the time of pruning. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2024. Вип. 105, Ч. 1. С. 137–145. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-137-145.
2. Trushev I. M., Yakovenko R. V. The impact of optimised fertilisation on the yield and quality of apple fruit. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2025. Вип. 106. Ч.1. С. 179–188. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-179-188.

3. Копитко П. Г. Удобрення плодових і ягідних культур. Київ: Вища школа, 2001. 206 с.
4. Яковенко Р. В. Основи підвищення продуктивності яблуні і груші за оптимізованого удобрення: *Автореф. дис. ... д. с.-г. н.*: 06.01.07 – плодівництво. Умань: УНУС, 2022. 40 с.
5. Dorigoni A., Micheli F. The fruit wall: are tall trees really necessary. *European fruitgrowers magazine*. 2015. № 6. P. 10–13.
6. Ljavić Dž., Đekić N., Janković M. Influence of cultivar and fertilization treatment on the yield and leaf nutrients content of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Heliyon*. 2023 May 22;9(6). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16321.
7. Яковенко Р. В. Вплив оптимізованого удобрення на листкову поверхню та врожайність груші за повторного вирощування. *Вісник Харківського НАУ*. 2021. № 1. С. 144–155.
8. Яковенко Р. В., Трушев І. М. Ріст і врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від оптимізованого удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 64–70. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-64-70.
9. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ. 1996. 95 с.
10. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця. 2014. 332 с.
11. Wójcik P. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Warszawa. 2009. 252 p.

References:

1. Chaploutskyi, A. M., Holovaty, P. A., & Butsyk, R. M. (2024). Formation of the leaf apparatus of apple trees depending on the shape of the crown and the time of pruning. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 105(1), 137–145. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-137-145>
2. Trushev, I. M., & Yakovenko, R. V. (2025). The impact of optimised fertilisation on the yield and quality of apple fruit. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 106(1), 179–188. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-179-188>
3. Копитко, П. Г. (2001). *Fertilization of fruit and berry crops*. Vyscha Shkola. [in Ukrainian].
4. Yakovenko, R. V. (2022). *Fundamentals of increasing the productivity of apple and pear trees under optimized fertilization* (Extended abstract of Doctor's thesis). Uman. [in Ukrainian].
5. Dorigoni, A., & Micheli, F. (2015). The fruit wall: Are tall trees really necessary. *European Fruitgrowers Magazine*, (6), 10–13.
6. Ljavić, Dž., Đekić, N., & Janković, M. (2023). Influence of cultivar and fertilization treatment on the yield and leaf nutrients content of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Heliyon*, 9(6), e16321. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16321>
7. Yakovenko, R. V. (2021). The influence of optimized fertilization on leaf surface area and pear yield under repeated cultivation. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, (1), 144–155. [in Ukrainian].

8. Yakovenko, R. V., & Trushev, I. M. (2023). Growth and yield of apple trees of the Champion Arno cultivar depending on optimized fertilization. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, (2), 64–70. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-2-64-70>
9. Kondratenko, P. V., & Bublyk, M. O. (1996). *Methods of field research with fruit crops*. Kyiv. [in Ukrainian].
10. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Vinnytsia. [in Ukrainian].
11. Wójcik, P. (2009). *Fertilizers and fertilization of fruit trees*. Warszawa. [in Polish].

Annotation

Trushev I. M., Yakovenko R. V., Chetskyi B. O., Kucher I. O., Pelekhatyi V.M. Leaf traits and crown architecture of apple trees depending on soil fertilization and foliar feeding

The article presents the results of studies on the peculiarities of leaf apparatus formation and crown architecture, as well as their influence on the productivity of apple trees of the ‘Champion Arno’ cultivar grafted on MM.106 rootstock under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Patterns of relationships between biometric parameters of leaf area, structural characteristics of the crown, and orchard yield were established. It was determined that the optimal combination of leaf apparatus development and spatial organization of the crown contributes to increased efficiency of photosynthetic activity, improved fruiting performance, and yield stability.

As a result of the conducted studies, a close relationship was established between the parameters of the assimilative surface, crown growth characteristics, and the yield level of apple trees of the ‘Champion Arno’ cultivar. Optimization of mineral nutrition and the application of foliar fertilization enhanced growth processes, which positively affected the formation of orchard productivity. The application of calculated fertilizer rates and foliar fertilization with nitrogen and boron ensured a significant increase in the number of leaves (by 8–11%) and leaf blade area (by 9–11%), contributing to the development of a more powerful assimilative surface. Under these conditions, an increase in crown volume up to 4.07 m³ (11% compared to the control) was observed, creating optimal conditions for balancing growth and fruiting processes. The application of the biostimulant ‘Vuksal Bio Aminoplant’ further enhanced the positive effect. An increase in the parameters of the leaf apparatus and crown was directly reflected in yield performance, with the maximum level (31.9 t/ha) obtained in 2023. The optimized fertilization system provided a 4% increase in yield compared to the production control (N₁₂₀P₉₀K₉₀) and a 32% increase relative to the unfertilized treatment, while foliar fertilization increased yield by 17% and the application of the biostimulant ‘Vuksal Bio Aminoplant’ by 7%.

Thus, balanced soil nutrition combined with foliar fertilization is an effective tool for achieving high orchard productivity through the optimization of growth processes and photosynthetic activity of trees.

Key words: *apple tree, ‘Champion Arno’, soil fertilization, foliar fertilization, assimilative surface, crown parameters, yield.*