

**Р. В. Яковенко**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: plodroma78@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7263-7092

**В. Ю. Лабунець**

аспірант кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: labunetsvladislav@ukr.net
orcid.org/0009-0005-1546-2595

РІСТ І ВРОЖАЙНІСТЬ ДЕРЕВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗОВАНОГО АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ

Оптимізація мінерального азотного живлення виступає одним з дієвих чинників за інтенсифікації садівництва та підвищення продуктивності плодкових насаджень. Забезпечення дерев азотом у продовж вегетаційного періоду є визначальним фактором формування надземної частини дерева, розвитку кореневої системи та підвищення врожайності насаджень. Потенційна продуктивність яблуневих садів включає в себе показники ефективної взаємодії між листовим покривом і накопиченням фітомаси окремими деревами та насадженням в цілому. Важливими показниками росту дерев є приріст діаметра штамбу, пагонів, сумарне нарощування фітомаси дерева, яке включає в себе потенційну продуктивність насаджень.

Розглянуто результати досліджень впливу оптимізованого азотного живлення на ростові показники та врожайність яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола на чорноземі опідзоленому в Правобережному Лісостепу України. Дослідження проводили в 2024–2025 рр. у дослідному насажденні яблуні навчально-виробничого відділу Уманського національного університету. Об'єктом досліджень були різні варіанти азотного живлення дерев яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола на підщепі М-26 за схеми садіння 4×1,5 м.

В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметру штамбу у сорту Рубінола більший на 11% ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення найвищий показник на ділянках виробничого контролю (N90). Приріст пагона досліджуваних сортів яблуні знаходиться в оптимальних межах (25–40 см). Збільшенню приросту пагона сприяли варіанти удобрення N90 і модель азотного живлення, де підвищення контролю становило, відповідно, 10,7–15,7 і 8,4–17,3%. За розрахункового внесення добрив (на основі показників нітрифікаційної здатності та моделі азотного живлення) підвищився врожай у дерев сорту Ред Топаз на 13–15% порівняно з абсолютним контролем і на 6–8% з виробничим. У сорту Рубінола перевищення виробничого контролю становило 14%.

Ключові слова: яблуня, сорти, Ред Топаз, Рубінола, азотне живлення, ріст дерев, урожайність насаджень.

R. V. Yakovenko

Doctor of Agricultural Science,
Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Head of the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: plodroma78@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7263-7092

V. Yu. Labunets

Graduate student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: labunetsvladislav@ukr.net
orcid.org/0009-0005-1546-2595

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF APPLE TREES UNDER OPTIMIZED NITROGEN FERTILIZATION

Optimization of mineral nitrogen nutrition is one of the key factors in the intensification of fruit growing and in increasing the productivity of orchards. Ensuring an adequate nitrogen supply to trees throughout the growing season is a decisive factor in the formation of the aboveground part of the tree, the development of the root system, and the enhancement of orchard productivity.

Nitrogen nutrition significantly affects the photosynthetic activity of the leaf apparatus. A sufficient nitrogen concentration in plant tissues stimulates chlorophyll biosynthesis, which enhances metabolic processes and promotes the differentiation of generative buds. This creates a physiological basis for obtaining high and stable yields.

The potential productivity of apple orchards encompasses indicators reflecting the effective interaction between the leaf canopy and the accumulation of phytomass by individual trees and by the orchard as a whole. Important indicators of tree growth include increases in trunk diameter, shoot growth, and the total accumulation of tree phytomass, which collectively determine the potential productivity of the plantation [2, 4].

The realization of the potential productivity of apple orchards results from the synergistic interaction between the structure of the assimilatory apparatus and the dynamics of organic matter accumulation, both at the level of the individual tree and of the agro-phytocenosis as a whole. The total biological biomass yield, including both vegetative organs and the marketable yield, is a comprehensive indicator of the adaptability and productivity of cultivar–rootstock combinations within specific growing zones characterized by diverse soil and climatic conditions.

The results of studies on the effect of optimized nitrogen nutrition on growth parameters and yield of apple cultivars Red Topaz and Rubinola grown on podzolized chernozem in the Right-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine are presented. The research was conducted in 2024–2025 in an experimental apple orchard of the Educational and Production Department of Uman National University. The objects of the study were different nitrogen nutrition treatments applied to apple trees of the cultivars Red Topaz and Rubinola grafted on M.26 rootstock, planted at a spacing of 4 × 1.5 m.

On average over the two years of research, the increase in trunk diameter of the cultivar Rubinola was 11% greater than that of Red Topaz. Among the fertilization treatments, the highest values were recorded in the production control plots (N90). Shoot growth of the studied apple cultivars was within the optimal range (25–40 cm). Increased shoot growth was promoted by the N90 treatment and by the nitrogen nutrition model, where the increase over the control was 10.7–15.7% and 8.4–17.3%, respectively.

Under calculated fertilizer application rates (based on nitrification capacity indicators and the nitrogen nutrition model), the yield of Red Topaz trees increased by 13–15% compared with the absolute control and by 6–8% compared with the production control. For the cultivar Rubinola, the yield exceeded the production control by 14%.

Key words: apple, cultivars, Red Topaz, Rubinola, nitrogen nutrition, tree growth, orchard productivity.

Постановка проблеми. Оптимізація мінерального азотного живлення виступає одним з дієвих чинників за інтенсифікації садівництва та підвищення продуктивності плодових насаджень. Забезпечення дерев азотом у продовж вегетаційного періоду є визначальним фактором формування надземної частини дерева, розвитку кореневої системи та підвищення врожайності дерев [1].

Азотне живлення впливає на фотосинтетичну активність листкового апарату. Достатня концентрація азоту в тканинах стимулює біосинтез хлорофілу, що активізує процеси метаболізму та сприяє диференціації генеративних бруньок. Це створює фізіологічне підґрунтя для отримання високих і стійких врожаїв [2, 3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Потенційна продуктивність яблуневих садів включає в себе показники ефективної взаємодії між листовим покривом і накопиченням фітомаси окремими деревами та насадженням в цілому. Важливими показниками росту дерев є приріст діаметра штамбу, пагонів, сумарне нарощування фітомаси дерева, яке включає в себе потенційну продуктивність насаджень [2, 4].

Реалізація потенційної продуктивності яблуневих насаджень є результатом синергетичної взаємодії між структурою асиміляційного апарату та динамікою акумуляції органічної речовини, як на рівні окремого дерева, так і агрофітоценозу в цілому. Сумарний біологічний вихід біомаси, що включає як вегетативні органи, так і врожай, є комплексним показником адаптивності та продуктивності сортопідщепних комбінацій

у конкретних зонах вирощування, які відрізняються різними ґрунтово-кліматичними умовами [1, 2, 5-7].

Метою статті є вивчення впливу оптимізованого азотного живлення на підтримання процесів наростання біомаси надземної частини, забезпечивши при цьому рівновагу між ростом і плодоношенням.

Методика дослідження. Дослідження проводили у дослідному саду яблуні Уманського національного університету з сортами Ред Топаз і Рубінола зі схемою садіння дерев 4×1,5 м на напівкарликовій підщепі М.26. Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений з вмістом гумусу в шарах 0–20 і 20–40 см відповідно 4,2 та 3,4%, вміст рухомих фосфатів складав 128 та 119 мг/кг, а калію – 230 та 131 мг/кг відповідно. Реакція ґрунтового розчину становила $pH_{\text{сол}} 6,0$.

Утримували ґрунт в міжрядді за дерново-перегнійною системою, у пристовбурній смузі – гербіцидний пар. Насадження яблуні не зрошували. Досліджувався вплив двох чинників: сортів і варіантів азотного живлення. Варіанти азотного живлення включали в себе: внесення у ґрунт 90 кг/га д.р. азоту (виробничий контроль); внесення азоту в ґрунт на основі показників нітрифікаційної здатності (доведення до оптимального вмісту в ґрунті азоту 22–25 мг/кг ґрунту); модель розрахунку азотного живлення (від рекомендованої доза віднімали фактичний вміст в ґрунті нітратного азоту за показником нітрифікаційної здатності); варіант де добрива не застосовували (абсолютний контроль). Азотні добрива (аміачна селітра) вносили весною за два тижні до початку цвітіння дерев.

Дослідження виконувались за стандартизованими загальноприйнятими методиками. При визначенні найменшої істотної різниці використовували багатофакторний дисперсійний аналіз [8, 9].

Основні результати дослідження. Приріст діаметра штамба яблуні є ключовим показником балансу між ростовими та генеративними процесами дерева впродовж вегетації. В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметра штамбу дерев яблуні сортів Ред Топаз і Рубінола залежав, як від сорту так й варіантів азотного живлення (табл. 1).

У 2024 році він був вищим у сорту Ред Топаз порівняно з Рубінолою, а серед варіантів удобрення - за внесення 90 кг/га д.р. азоту, де підвищення до контролю становило, відповідно, 55 і 75%. Варіанти з розрахунковим внесенням азоту мали дещо нижчі показники, хоча істотні порівняно з абсолютним контролем (без добрив). 2025 рік характеризувався зниженням приросту діаметру штамбу в дерев сорту Ред Топаз і підвищенням – у сорту Рубінола, що пояснюється різним навантаженням дерев врожаєм досліджуваних сортів. Серед варіантів азотного удобрення найвищий показник був у виробничому контролі (N_{90}) і за моделі розрахунку азотного живлення. Характеризуючи середні данні приросту діаметру штамба можна відмітити, що у сорту Рубінола даний показник на 11% вищий ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення показники на виробничому контролі і за моделі азотного живлення були вищими ніж

на абсолютному контролі в обох сортів, відповідно, на 68-76% і 38-47%.

Також одним із важливих ростових показників, що вказують на інтенсивність ростових процесів у надземній частині дерева, є середня довжина приросту пагона. У продовж років досліджень середня довжина пагона дерев яблуні дослідних сортів різнилася залежно сорту, варіантів удобрення та врожайності дерев (табл. 2).

Так, у 2024 році приріст пагонів у сорту Ред Топаз на ділянках дослідних варіантів був у межах 31,2-33,2 см і істотного збільшення порівняно з контролем не спостерігалось. Дерев сорту Рубінола мали дещо більший приріст пагонів і істотний у варіантах виробничого контролю (37,4 см) і моделі розрахунку азотного живлення (33,6 см). У 2025 році спостерігалось збільшення довжини середнього приросту пагона по всіх досліджуваних варіантах обох сортів, за виключенням у сорту Ред Топаз варіанта, де добрива не вносились (абсолютний контроль).

В середньому за два роки проведення досліджень середня довжина пагона досліджуваних сортів яблуні була в оптимальних межах (25-40 см) для інтенсивних насаджень і у варіантах N_{90} та моделі азотного живлення збільшення контролю становило, відповідно, 10,7-15,7 і 8,4-17,3%.

Одним з основних показників, що визначає продуктивність насаджень яблуні є врожайність дослідних дерев. Вона залежала від навантаження дерев плодами і погодних умов,

Таблиця 1

Приріст діаметра штамбу дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення, мм

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Середнє за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	2,2	1,6	1,9
	N_{90} (виробничий контроль)	3,4	3,0	3,2
	N за нітрифікаційною здатністю	3,2	2,2	2,7
	N модель розрахунку азотного живлення	2,8	2,8	2,8
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	1,6	2,6	2,1
	N_{90} (виробничий контроль)	2,8	4,6	3,7
	N за нітрифікаційною здатністю	2,0	3,2	2,6
	N модель розрахунку азотного живлення	2,0	3,8	2,9
<i>HIP₀₅</i>		0,2	0,3	-

Таблиця 2

Середня довжина пагона дерев яблуні залежно від азотного живлення, см

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Середнє за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	31,2	30,6	30,9
	N_{90} (виробничий контроль)	33,2	35,2	34,2
	N за нітрифікаційною здатністю	31,4	33,6	32,5
	N модель розрахунку азотного живлення	32,4	34,6	33,5
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	30,1	34,0	32,4
	N_{90} (виробничий контроль)	37,4	37,6	37,5
	N за нітрифікаційною здатністю	30,8	40,8	35,5
	N модель розрахунку азотного живлення	33,6	42,4	38,0
<i>HIP₀₅</i>		2,3	4,2	-

Таблиця 3

Урожайність дерев яблуні залежно від оптимізованого азотного живлення, см

Сорт (чинник А)	Удобрення азотом (чинник В)	Рік досліджень		Сумарна за два роки
		2024	2025	
Ред Топаз	0 (абсолютний контроль)	13,0	19,4	16,2
	N ₉₀ (виробничий контроль)	14,1	20,3	17,2
	N за нітрифікаційною здатністю	14,9	21,6	18,3
	N модель розрахунку азотного живлення	14,3	22,9	18,6
Рубінола	0 (абсолютний контроль)	14,8	11,7	13,3
	N ₉₀ (виробничий контроль)	16,7	13,3	15,0
	N за нітрифікаційною здатністю	15,7	14,5	15,1
	N модель розрахунку азотного живлення	15,8	14,4	15,1
HIP ₀₅		1,8	2,2	-

які склалися на весні 2025 року, коли відбулося часткове пошкодження квіток за рахунок пониження температури в період цвітіння дерев, особливо у сорту Рубінола, що негативно вплинуло на загальну врожайність дослідних дерев (табл. 3). У 2024 році дерева сорту Рубінола мали більшу врожайність на 1,8 т/га порівняно з сортом Ред Топаз, хоча дане збільшення було в межах похибки досліду. Серед досліджуваних варіантів найкращий результат отримано у виробничому контролі та за моделі розрахунку азотного живлення. У 2025 році врожайність сорту Ред Топаз підвищилася по всіх варіантах і найвищою була у варіантах з розрахунковою нормою азотного добрива. Перевищення виробничого і абсолютного контролів становило, відповідно, 11-18 і 6-13%. Деревя сорту Рубінола мали дещо нижчу врожайність, але вплив досліджуваних варіантів азотного живлення був подібним.

Характеризуючи середню за два роки врожайність дерев можна відмітити, що за оптимізації азотного живлення спостерігалось підвищення врожайності в дослідних варіантах. Так, у дерев сорту Ред Топаз врожайність у дослідних варіантах була у межах 16,2-18,6 т/га і Рубінола – 13,3-15,1 т/га. За розрахункового внесення добрив підвищення врожаю в дерев сорту Ред Топаз відбулося, відповідно, на 13-15% порівняно з абсолютним контролем і на 6-8% – з виробничим. У сорту Рубінола перевищення абсолютного контролю становило 14%.

Висновки. В середньому за два роки проведення досліджень приріст діаметру штамба у сорту Рубінола більший на 11% ніж у сорту Ред Топаз. Серед варіантів удобрення найвищий показник на ділянках виробничого контролю (N₉₀). Середній приріст пагона досліджуваних сортів яблуні знаходиться в оптимальних межах (25-40 см) для насаджень яблуні. Збільшенню приросту пагонів сприяли варіанти удобрення N₉₀ і модель азотного живлення, де підвищення контролю становило, відповідно, 10,7-15,7 і 8,4-17,3%.

За розрахункового внесення добрив (на основі показників нітрифікаційної здатності та моделі азотного живлення) підвищився на 13-15% врожай у дерев сорту Ред Топаз порівняно

з абсолютним контролем і на 6-8% з виробничим. У сорту Рубінола перевищення абсолютного контролю становило 14%.

Література

1. Копитко П. Г. Удобрення плодкових і ягідних культур. Київ: Вища школа, 2001. 205 с.
2. Яковенко Р.В. Основи підвищення продуктивності яблуні і груші за оптимізованого удобрення: Рефер. дис. докт. с.-г. наук. Умань. 2022. 40 с.
3. Wang G., Wang J., Han X., Chen R., Xue X., Xue X. Effects of spraying calcium fertilizer on photosynthesis, mineral content, sugar-acid metabolism and fruit quality of fuji apples. *Agronomy*. Vol. 12. № 10. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12102563.
4. Chou S., Chen B., Chen J., Wang M., Wang S., Croft H., Shi Q. Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 2020. Vol. 110. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105867.
5. Кондратенко Т.Є. Яблуня в Україні. Сорти. К.: Світ. 2001. 297 с.
6. Hou L., Liu Z., Zhao J., Ma P., Xu X. Comprehensive assessment of fertilization, spatial variability of soil chemical properties, and relationships among nutrients, apple yield and orchard age: A case study in Luochuan County, China. *Ecological indicators*. Vol. 122. 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107285.
7. Яковенко Р. В., Трушев І. М. Ріст і врожайність дерев яблуні сорту Чемпіон Арно залежно від оптимізованого удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 64–70. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-64-70
8. Кондратенко П. В., Бублик М. О. Методика проведення польових досліджень з плодovими культурами. Київ, 1996. 95 с.
9. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

References

1. Kopytko, P.H. (2001). Udobrennia plodovykh i yahidnykh kultur: navch. posib. [Fertilization of fruit and small fruit/berry crops]. Kyiv: Vyshcha shkola, 205 [in Ukrainian].

2. Yakovenko, R.V. (2022). Osnovy pidvyshchennia produktyvnosti yabluni i hrushi za optymizovanoho udobrennia: [Fundamentals of increasing the productivity of apple and pear under optimized fertilization]. refer. dys. Uman, 40 [in Ukrainian].

3. Wang, G., Wang, J., Han, X., Chen, R., Xue, X., Xue, X. (2022). Effects of spraying calcium fertilizer on photosynthesis, mineral content, sugar-acid metabolism and fruit quality of fuji apples. *Agronomy*. 12 (10). DOI: 10.3390/agronomy12102563.

4. Chou S., Chen B., Chen J., Wang M., Wang S., Croft H., Shi Q. (2020). Estimation of leaf photosynthetic capacity from the photochemical reflectance index and leaf pigments. *Ecol. Indic.* 110. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105867.

5. Kondratenko, T.Ie. (2001). Yablunia v Ukraini. Sorty. [Apple in Ukraine. Cultivars]. Kyiv: Svit, 297 [in Ukrainian].

6. Hou, L., Liu, Z., Zhao, J., Ma, P., Xu, X. (2021). Comprehensive assessment of fertilization, spatial variability of soil chemical properties, and relationships

among nutrients, apple yield and orchard age: A case study in Luochuan County, China. *Ecological indicators*. Vol. 122. DOI:10.1016/j.ecolind.2020.107285.

7. Yakovenko, R.V., Trushev, I.M. (2023). Rist i vrozhainist derev yabluni sortu Chempion Arno zalezno vid optymizovanoho udobrennia. [Growth and yield of apple trees of the Champion Arno cultivar depending on optimized fertilization]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2. 64-70. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-2-64-70 [in Ukrainian].

8. Kondratenko, P.V., Bublyk, M.O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy. [Methodology of conducting field experiments with fruit crops]. Kyiv, 95 [in Ukrainian].

9. Ieschenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: textbook. [Principles of doing the research in agronomy]. Vinnytsia: PP "TD Edelweis I Ko", 332 [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026