

АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПАГОНІВ І ЛИСТКІВ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ ТА ФОРМИ КРОНИ

О. Б. ЛИТВИНЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

В. В. ЗАМОРСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук
Уманський національний університет

В умовах ННВ УНУ проведено дослідження фотосинтетичного потенціалу нових імунних сортів яблуні. Представлено аналіз анатомічних параметрів пагонів та жилок листків яблуні залежно від сорту та формування крони. Викладено оригінальні дані вимірювань кори, флоєми, ксилеми та судин флоєми пагонів імунних сортів яблуні, а також ширини жилки листка та її флоєми, товщини листової пластинки. Встановлено суттєві міжсортіві та міжформові відмінності.

Ключові слова: яблуня, імунні сорти, форми крони, анатомія пагонів, анатомія листків.

Постановка проблеми. Вирощення екологічно чистої продукції залишається актуальним технологічним завданням садівництва. В сучасних насадженнях яблуні питання зменшення пестицидного навантаження є основою для рекомендацій щодо вирощування висотоварної продукції зерняткових плодів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному садівництві значну увагу приділяють сортам яблуні з імунністю до парші, що дозволяє зменшити хімічні обробки та підвищити екологічність виробництва. Одним із важливих аспектів є фотосинтетичний потенціал таких сортів [1]. Фотосинтетична активність залежить від морфології листової пластинки, пігментного складу, продигової провідності та фотохімічної ефективності. Імунні сорти характеризуються вищим вмістом хлорофілу, стабільним пігментним комплексом, підвищеною фотохімічною ефективністю та кращими показниками газообміну. Незважаючи на високий фотосинтетичний потенціал, врожайність деяких імунних сортів залежить від особливостей морфогенезу бруньок та морфології листків і пагонів [2]. Слід відмітити, що імунні сорти добре адаптуються до інтенсивних садів, демонструючи високу фотосинтетичну активність навіть у нижніх ярусах крони [3, 4].

Відомі важливі дослідження, в яких наведено результати порівняння фізіологічних та анатомічних характеристик двох сортів яблунь з двома лідерами (*Malus domestica* Borkh.) [5]. Вони були проведені на Корейському півострові та включали морфологічні дослідження продигової провідності та водного потенціалу листка, структуру клітини нижнього епідермісу листків, питому вагу листка, параметри ксилеми.

Важлива роль в транспорті вироблених пластичних речовин до кореневої системи та води з мінеральними складовими відповідно з кореневої системи до бруньок відводиться ксилемі та флоємі пагонів. Ксилемні судини — це мережі розподілу води, які передають воду та мінерали до головного листя, вегетативних пагонів і плодів. Характеристики ксилеми пагонів, такі як розмір судини, впливають на фізіологічні функції листя плодових дерев [5]. Анатомічні характеристики судин ксилеми відіграють вирішальну роль у гідравлічній провідності рослини. Встановлено [6], що структура судин ксилеми змінюється серед рослин, щеплених різними сортами за нормальних кліматичних умов. Результати анатомічних досліджень мають значення для того, які форми крони дерев яблуні здійснюють найменшу мінливість за дії навколишнього середовища за вегетаційний період.

Методика досліджень. Проводили дослідження трьох імунних сортів яблуні: Флоріна, Ред Топаз та Моді, які вирощувались на підщепі М.9 та мали дві форми крони : «грузбек» та «французська вісь». Проаналізовано анатомічні параметри пагонів (кора, флоєма, ксилема, судини флоєми) та листкових жилок (ширина жилки, флоєми, товщина листка) у сортів «Моді», «Ред Топаз» і «Флоріна» у формах крони «Грузбек» та «Французська вісь». Використовувались польовий, лабораторний методи та статистичний аналіз отриманих результатів. Фотосинтетичні дослідження зроблені згідно методики М. О. Бублика [7] та В. В. Заморського [8]. Статистичний обробіток даних проводили способом дисперсійного аналізу, а достовірність різниць оцінювали за HP_{05} . [7].

Результати досліджень. Однорічні пагони яблуні є продуктивною складовою крони за різних систем формування. Проведені анатомічні дослідження поперечного перерізу пагонів яблуні довели (табл. 1), що між елементами ксилеми і флоєми є суттєва статистична різниця.

Табл. 1. Розміри анатомічних складових поперечного перерізу пагонів яблуні залежно від сорту та форми крони (середнє за 2024-2025 рр.)

Сорт	Форма крони	кора, мк	флоєма, мк	ксилем, мк	судини флоєми, мк
Моді	Грузбек	383	1498	1524	41
	Французська вісь	405	1774	1675	42
Ред Топаз	Грузбек	148	1040	1227	20
	Французська вісь	153	1012	1270	54
Флоріна	Грузбек	410	1624	1582	31
	Французська вісь	636	1759	1857	40
HP_{05}		23	68	37	2

Найбільші значення розміру флоєми поперечного перерізу однорічного пагону яблуні були визначені у сортів Моді та Флоріна за формування крони «французська вісь». Інший досліджуваний сорт Ред Топаз відрізнявся меншими розмірами флоєми та мав найменші параметри за обох форм крони (1012-1040 мк), що виявилось не суттєвим за рівня $HP_{05} = 68$ мк. Слід відмітити, що сорти

Моді та Флоріна відрізнялися достовірно більшими розмірами флоєми за різних форм крони, а вищі значення отримані за формування «французська вісь».

Параметри ксилеми виявились найвищими у помологічного сорту Флоріна за формування «французська вісь». Це на 182 $\mu\text{к}$ більше, ніж у сорту Моді, та більше достовірної різниці ($НІР_{05} = 37$). В порівнянні з сортами Моді та Флоріна достовірно менші розміри ксилеми визначені у сорту Ред Топаз (на 355–587 $\mu\text{к}$).

Важливим показником слід вважати розмір перерізу судин флоєми, оскільки по ним здійснюється рух пластичних речовин, утворених в процесі фотосинтезу. Аналіз отриманих вимірів показує (табл. 1), що за формування «французська вісь» усі три сорти мали більші значення розмірів судин флоєми 40-54 $\mu\text{к}$ ($НІР_{05} = 2$). Формування крони «грузбек» відрізнялося нижчими параметрами (20-41 $\mu\text{к}$).

Параметри кори, яка відіграє важливу роль у морфогенетичних процесах пагонів виявились найбільшими у сортів, які досліджувались, за формування «французська вісь». Найбільшою товщиною кори виділявся сорт Флоріна, найтонші величини характерні для сорту Ред Топаз.

Отже, найбільш оптимальними анатомічними параметрами, визначеними на поперечному переріз однорічного пагона яблуні характеризувалися сорти Моді, Ред Топаз та Флоріна за формування крони «французська вісь».

Аналіз наведених в таблиці 2 даних свідчить, що анатомічні параметри жилки листка сортів яблуні істотно варіюють залежно як від генотипу, так і від форми крони.

Табл. 2. Розміри анатомічних складових поперечного перерізу жилки листка яблуні залежно від сорту та форми крони (середнє за 2024-2025 рр.)

Сорт	Форма крони	Ширина жилки, $\mu\text{к}$	Ширина флоєми, $\mu\text{к}$	Товщина листка, $\mu\text{к}$
Моді	Грузбек	1167	545	220
	Французська вісь	1191	550	551
Ред Топаз	Грузбек	1152	476	222
	Французська вісь	1560	782	240
Флоріна	Грузбек	1040	378	215
	Французська вісь	1369	671	402
<i>НІР₀₅</i>		48	28	8,4

Найбільші коливання спостерігаються щодо ширини флоєми та товщини листка, тоді як ширина жилки відзначається більш стабільною, але також реагує на систему формування. Сорт Моді характеризувався незначним збільшенням ширини жилки при формуванні за типом «французська вісь» (1191 $\mu\text{к}$) порівняно з формуванням «грузбек» (1167 $\mu\text{к}$). Різниця (24 $\mu\text{к}$) є меншою за $НІР_{05}$ (48 $\mu\text{к}$), тому статистично не підтверджена. У помологічного сорту Ред Топаз різниця між формами крони є істотною: 1152 $\mu\text{к}$ («грузбек») проти 1560 $\mu\text{к}$ («французська вісь»). Перевага 408 $\mu\text{к}$ значно перевищує $НІР_{05}$, що свідчить про істотний вплив форми крони. У сорту Флоріна спостерігається аналогічна тенденція: 1040 $\mu\text{к}$

(«грузбек») проти 1369 $\mu\text{к}$ («французька вісь»). Різниця 329 $\mu\text{к}$ також є достовірною.

Аналіз ширини флоєми демонструє значну варіабельність та різноспрямованість реакцій. Помологічний сорт Моді відрізняється незначною різницею між формами крони — 545 $\mu\text{к}$ («грузбек») проти 550 $\mu\text{к}$ («французька вісь»). Зростання на 5 $\mu\text{к}$ не перевищує НІР₀₅ (28 $\mu\text{к}$), отже різниця є не достовірною. Сорт Ред Топаз мав більшу ширину флоєми за форми «французька вісь» (782 $\mu\text{к}$) порівняно з формуванням «грузбек» (476 $\mu\text{к}$). Різниця є істотною. Помологічний сорт Флоріна показав тотожну ситуацію — за формування «французькій вісі» флоєма найширша (671 $\mu\text{к}$), тоді як за формування «грузбек» вона була значно менша (378 $\mu\text{к}$). Різниця значна та перевищує НІР₀₅.

Аналіз розмірів товщини листової пластинки також показує різну реакцію досліджуваних сортів. Сорт Моді характеризувався збільшенням товщини листової пластини від 220 $\mu\text{к}$ («грузбек») до 551 $\mu\text{к}$ («французька вісь»), що свідчить про вищу листову масивність при вертикальній формі. Різниця (331 $\mu\text{к}$) значно перевищує НІР₀₅ (8,4 $\mu\text{к}$). Помологічний сорт яблуні Ред Топаз виявив не такі значні зміни — 222 $\mu\text{к}$ («грузбек») та 240 $\mu\text{к}$ («французька вісь») і різниця знаходиться в межах НІР₀₅. Ще один імунний сорт Флоріна відрізнявся істотно більшою товщиною листка за форми крони «французька вісь» (402 $\mu\text{к}$) порівняно з «грузбеком» (215 $\mu\text{к}$). Різниця (187 $\mu\text{к}$) виявилась достовірною.

Таким чином, у сортів Моді та Флоріна вертикальна форма крони сприяє формуванню більш товстих листків, що може бути пов'язано з інтенсивнішим освітленням верхньої частини крони.

Висновки. Анатомічні параметри пагонів і листків істотно залежать від сорту та форми крони. Сорт Флоріна формує найбільш розвинені провідні тканини, що забезпечує кращу транспортувальну здатність. Помологічний сорт Ред Топаз мав найслабше розвинені анатомічні структури, що може позначатись на його фотосинтетичному потенціалі. Система формування «французька вісь» позитивно впливає на розвиток провідних тканин. Анатомічна будова листків підтверджує міжсортіві відмінності та реакцію на різну архітектуру крони.

Література:

1. Кондратенко Т. Є. Імунні сорти та їх роль удосконаленні сортименту яблуні в Україні. *Садівництво*. 2000. № 51. С. 28–34.
2. Кондратенко Т. Є. Сорти яблуні для технологій стабільного виробництва продукції. *Садівництво*. 2004. № 55. С. 72–78.
3. Sultan M. Z., Baghdady G. A., Hifny H. A., Fahmy M. A. The morphological and anatomical features of blossom end browning (BEB) disorder attacking Anna Apple fruit in Egypt. *Acta Horticulturae*. 2014. № 1059. P. 139–143. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1059.17>.
4. Griffith C., Einhorn T. C. The effect of plant growth regulators on xylem differentiation, water and nutrient transport, and bitter pit susceptibility of apple. *Scientia Horticulturae*. 2023. Vol. 310. P. 111709. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111709>.

5. Bhusal N., Bhusal J., Yoon T.-M. Comparisons of physiological and anatomical characteristics between two cultivars in bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 231. P. 73–81.
6. Bauerle T. L., Centinari M., Bauerle W. L. Shifts in xylem vessel diameter and embolisms in grafted apple trees of differing rootstock growth potential in response to drought. *Planta*. 2011. Vol. 234. P. 1045–1054. <https://doi.org/10.1007/s00425-011-1460-6>.
7. Бублик М. О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ: Нора-Друк, 2005. 288 с.
8. Заморський В. В. Особливості методики вивчення анатомічної будови структурних елементів дерев яблуні з допомогою комп'ютерної техніки. *Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету*. 2005. Вип. 59. С. 268–271.

References:

1. Kondratenko, T. Ye. (2000). Immune apple cultivars and their role in improving the assortment in Ukraine. *Sadivnytstvo*, 51, 28–34. [in Ukrainian].
2. Kondratenko, T. Ye. (2004). Apple cultivars for technologies of stable production. *Sadivnytstvo*, 55, 72–78. [in Ukrainian].
3. Sultan, M. Z., Baghdady, G. A., Hifny, H. A., & Fahmy, M. A. (2014). The morphological and anatomical features of blossom end browning (BEB) disorder attacking 'Anna' apple fruit in Egypt. *Acta Horticulturae*, 1059, 139–143. . <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1059.17>
4. Griffith, C., & Einhorn, T. C. (2023). The effect of plant growth regulators on xylem differentiation, water and nutrient transport, and bitter pit susceptibility of apple. *Scientia Horticulturae*, 310, 111709. . <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111709>
5. Bhusal, N., Bhusal, J., & Yoon, T.-M. (2018). Comparisons of physiological and anatomical characteristics between two cultivars in bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 231, 73–81.
6. Bauerle, T. L., Centinari, M., & Bauerle, W. L. (2011). Shifts in xylem vessel diameter and embolisms in grafted apple trees of differing rootstock growth potential in response to drought. *Planta*, 234, 1045–1054. <https://doi.org/10.1007/s00425-011-1460-6>
7. Bublyk, M. O. (2005). Methodological and technological foundations for increasing the productivity of modern orchard production. Nora-Druk, 288. [in Ukrainian].
8. Zamorskyi, V. V. (2005). Specifics of studying the anatomical structure of apple tree elements using computer technology. *Scientific Papers of Uman State Agrarian University*, 59, 268–271. [in Ukrainian].

Annotation

Lytvynenko O. V., Zamorskyi V. V.

Anatomical features of apple tree shoots and leaves depending on the variety and crown shape

Under the conditions of the Uman National University, a study of the photosynthetic potential of new immune apple varieties was conducted. An analysis of the anatomical parameters of apple shoots and leaf veins depending on the variety and crown formation is presented. Original data on measurements of the bark, phloem,

xylem, and phloem vessels of shoots of immune apple varieties, as well as the width of leaf veins and their phloem, and the thickness of the leaf blade, are presented. Significant inter-varietal and inter-form differences were established.

We studied three immune apple varieties: Florina, Red Topaz, and Modi, which were grown on M.9 rootstock and had two crown shapes: “gruzbek” and “French axis.” We analyzed the anatomical parameters of shoots (bark, phloem, xylem, phloem vessels) and leaf veins (vein width, phloem, leaf thickness) in the varieties “Modi”, “Red Topaz” and “Florina” in the crown forms ‘Gruzбек’ and “French axis” were analyzed. The largest values of the cross-sectional area of the phloem of one-year-old apple shoots were determined in the Modie and Florina varieties with a French axis crown formation. Another studied variety, Red Topaz, differed in smaller phloem sizes and had the smallest parameters for both crown forms (1012-1040 μk), which was not significant at the $\text{NIR}_{05} = 68 \mu\text{k}$ level. It should be noted that the Modi and Florina varieties differed significantly in terms of larger phloem sizes for different crown forms, and higher values were obtained for the “French axis” formation.

The parameters of the bark, which plays an important role in the morphogenetic processes of shoots, were found to be the highest in the varieties studied when forming the “French axis.” The Florina variety stood out with the thickest bark, while the Red Topaz variety had the thinnest bark. Thus, the most optimal anatomical parameters determined on the cross-section of a one-year-old apple tree shoot were characterized by the Modi, Red Topaz, and Florina varieties during the formation of the “French axis” crown.

Analysis of leaf blade thickness also shows different reactions among the varieties studied. The Modi variety was characterized by an increase in leaf blade thickness from 220 μm (“Gruzбек”) to 551 μm (“French Axe”), indicating higher leaf massiveness in the vertical form. The difference (331 μk) significantly exceeds the NIR_{05} (8.4 μk). The pomological apple variety Red Topaz showed less significant changes – 222 μk (“Gruzбек”) and 240 μk (“French axis”), and the difference is within the NIR_{05} . Another immune variety, Florina, differed in significantly greater leaf thickness in the “French axis” crown shape (402 μk) compared to “Gruzбек” (215 μk). The difference (187 μk) was found to be significant. Thus, in the Modi and Florina varieties, the vertical crown shape contributes to the formation of thicker leaves, which may be associated with more intense lighting of the upper part of the crown

The anatomical parameters of shoots and leaves significantly depend on the variety and crown shape. The Florina variety forms the most developed leading tissues, which ensures better transport capacity. The Red Topaz pomological variety had the least developed anatomical structures, which may affect its photosynthetic potential. The “French axis” formation system has a positive effect on the development of conducting tissues. The anatomical structure of the leaves confirms inter-varietal differences and the response to different crown architectures.

Key words: apple tree, immune varieties, crown shapes, shoot anatomy, leaf anatomy.