

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ЛИСТКІВ  
КОЛОНОПОДІБНИХ СОРТІВ ЯБЛУНІ В УМОВАХ КИЇВЩИНИ****О. С. ГАВРИЛЮК**, аспірант**Т. Є. КОНДРАТЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: oleksandr.havryljuk@gmail.com, hortdep@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>

**Анотація.** Наведено результати визначення вмісту зелених пігментів та дослідження комплексу фізіологічних показників листя з метою визначення рівня адаптивності семи колоноподібних та трьох звичайних сортів яблуні. Встановлено, що вміст хлорофілу *a* (*Chla*) варіює від 5,05 до 8,09 мг/г сирової маси, вміст хлорофілу *b* (*Chlb*) у листках досліджуваних сортів змінюється в межах від 1,74 до 3,27 мг/г сирової маси. Найнижчим вмістом *Chlb* характеризується листя сорту Фаворит, найвищим — Танцівниця та Спарта. Сума *Chla* + *Chlb* у листках окремих сортів варіює від 6,69 до 11,17 мг/г сирової маси. Найбільшим співвідношенням *Chla* : *Chlb*, а відповідно й найнижчою адаптивністю характеризуються рослини сорту Білосніжка; у листках даного сорту кількість *Chla* переважала вміст *Chlb* у 3,03 рази. У листках сортів Спарта і Танцівниця це співвідношення дорівнювало 2,48-2,55, що свідчить про кращі адаптивні властивості цих сортів. В осінній групі сортів найвищий адаптивний потенціал відмічено у рослин традиційного сорту Теремок, у зимовій групі співвідношення *Chla* : *Chlb* тільки у Білосніжки було істотно нижчим за Айдаред; інші колоноподібні сорти за даним показником були на рівні умовного контролю. Між літніми сортами не встановлено відмінностей за адаптивним потенціалом. За сприятливого сполучення агроекологічних факторів різновікові кільцівки колоноподібних сортів мають однаковий і високий фотосинтетичний потенціал.

У листків сорту Айдаред, що розміщуються на пагонах подовження, спостерігалась найвища інтенсивність фотосинтезу (ІФС) згідно із співвідношенням  $F^{680\gamma t} : F^{680\beta t}$ . ІФС в листках трирічних кільцівок була нижче на 25 %, шестирічних – до 45 %. Відносно однаковим співвідношенням амплітуд термоіндукованих хвиль характеризуються листки складних кільцівок усіх вікових ділянок стовбура сорту Танцівниця. У листках 16-річних плодих ІФС була на 17 % вищою за листки однорічних приростів. Загалом відмічено, що ІФС в листках усіх досліджуваних колоноподібних сортів є значно вищою за традиційні сорти яблуні.

**Ключові слова:** колоноподібні сорти яблуні, фото- і термоіндукція хлорофілу, хлорофіл, фотосинтез, адаптивність.

**Актуальність.** Сьогодні масового поширення через колоноподібні яблуні не мають несформований сортимент, здатний

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

конкурувати з багатим сортиментом «звичайної яблуні» [29], та потреби у великій кількості посадкового матеріалу для закладання одиниці площі саду та у зв'язку із необхідністю використання малогабаритної техніки для догляду за суперщільними насадженнями [11].

Вирощування колоноподібних сортів яблуні, що належать до нової біологічної форми рослин, має цілий ряд переваг [6, 10], а саме: скороплідність, зменшення або виключення робіт з обрізки та формування крони дерев, скорочення обсягів ручної праці на одиницю продукції, можливість майже повної механізації, більш комфортні умови для роботи в саду [3, 21]. Створення інтенсивних садів з використанням колоноподібних сортів сприяє скороченню циклу експлуатації саду до 15 років [9], зменшенню пестицидного навантаження в саду, дозволяє прискорення оновлення сортів і технологій [10]. У зв'язку з цим потрібно надати значної уваги детальному вивченню адаптивних властивостей колоноподібних сортів яблуні. Визначення вмісту зелених пігментів в листках дозволило нам встановити адаптивний потенціал досліджуваних колоноподібних сортів у порівнянні з поширеними звичайними сортами, адже рослини оцінювали на фоні одного рівня освітлення.

Основними функціями листка зеленої рослини є фотосинтез, транспірація, дихання. Лист також володіє пристосовними властивостями до умов довкілля, що виражається в зміні площі асиміляційної поверхні рослини в залежності від факторів зовнішнього середовища [28, 30, 32]. Лист яблуні забезпечує синтез органічних речовин, які в значній кількості витрачаються на формування плодів, а також накопичення пластичних речовин під майбутній урожай [14]. Листок яблуні являє собою складну систему, яка з високою ефективністю використовує сонячну енергію. Поглинання квантів світла у червоних і синіх променях (400–700 нм) здійснюється хлорофілом *a* (Chl*a*) і *b* (Chl*b*). Chl*a* бере участь у засвоєнні сонячної енергії, яку повністю передає до реакційних центрів [24]. Chl*b* зосереджується у світлозбиральних комплексах фотосистем (ФС) I та II, а також у малій антені ФС II [33]; він бере участь у передачі на Chl*a* близько половини поглиненої каротиноїдами енергії [13, 20, 25, 27] (енергія передається з каротиноїдів на хлорофіли, далі з Chl*b* на Chl*a* і по ланцюжку молекул Chl*a* досягає реакційного центру ФС I та II). Ефективність фотосинтезу залежить від кількісного вмісту зелених пігментів у листку та від співвідношення форм Chl*a* : Chl*b*, яке характеризує структурну організацію

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

хлоропластів і ступінь потенціалу адаптації до змін довкілля. Дане співвідношення за високої освітленості вище, ніж за низької [26], а регулювання синтезу Chlb має важливе значення для адаптації рослин до світла різної інтенсивності [31]. Вимірювання вмісту хлорофілу є ефективним маркером рівня абіотичної стійкості рослин.

Для хлорофілу характерна оптична властивість – флуоресценція [23]. Це явище зводиться до перевипромінювання зі зміненою довжиною хвилі частини світлових променів, котрі поглинаються хлорофілами, в результаті чого хлорофіл у світлі флуоресценції здається червоним [5, 17, 19]. Методом спектрального флуоресцентного аналізу забезпечується швидке тестування стійкості рослин до різних стрес-факторів, а також виявлення найчутливішої ділянки фотосинтетичного ланцюга перенесення електрона [5].

**Мета дослідження** полягала у визначенні інтенсивності роботи фотосинтетичного апарату листя та виявленні адаптивного потенціалу рослин колоноподібних сортів у порівнянні їх із традиційними сортами яблуні.

**Матеріали і методи дослідження.** Експериментальні дослідження з визначення адаптивного потенціалу рослин колоноподібних сортів яблуні

проводили в лабораторії фізіології рослин та мікробіології Інституту садівництва НААН України (ІС НААН) у 2019 році. Об'єктом дослідження слугували сім колоноподібних та три традиційних сорти яблуні трьох еколого-географічних груп вітчизняної та зарубіжної селекції. Насадження (не зрошувані) закладені у 2002 та 2010 рр. згідно з методикою первинного сортовипробування. Колоноподібні сорти на підщепі 54-118 висаджено за схемою 4x1м, звичайні - 3x4 м. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений середньосуглинковий на карбонатному лесі, типовий на правобережній частині Західного Лісостепу [2]. Система утримання ґрунту у міжряддях саду – дерново-перегнійна, у пристовбурних смугах – гербіцидний пар. Клімат регіону дослідження помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря становить 7,3 °С, річна кількість опадів - 657 мм [22]. У рік дослідження річна кількість опадів була у 2,4 меншою за середньобагаторічну (271 мм), а температура повітря на 3,6 °С (10,9 °С) вищою за середньорічну.

За допомогою люмінесцентних методів аналізу, зокрема фото- та термоіндукції флуоресценції хлорофілу [8, 16] діагностували функціональний стан фотосинтетичного апарату. Дослідження виконували із

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

допомогою спектрального мікрофлуориметра СМФ-2. Апарат збуджував і реєстрував спектри флуоресценції у певній ділянці поверхні листка, індивідуальні зміни флуоресценції, які є результатом дії світла або нагрівання. Емісію флуоресценції реєстрували в ділянці спектра 500–800 нм. Індуковані температурою зміни флуоресценції реєстрували для стаціонарного рівня світлової індукції флуоресценції за нагрівання листків від 20 до 80 °С.

Визначення концентрації хлорофілів проводили наприкінці липня, коли лист сформувався, але ще не почалось його старіння. Листки відбирали у восьмикратному повторенні зі складних кільцівок, розміщених на різних за віком ділянках стовбура з однаковим рівнем освітлення. Використовували спиртову витяжку пігментів 96 % розчину етанолу. Оптичну щільність спиртової витяжки визначали за допомогою фотоелектричного фотометра КФК-3-01-«ЗОМЗ». Уміст у листках Chla та Chlb (за довжини хвилі 649 та 665 нм) розраховували за формулами Х.Н. Починка [18].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Високопродуктивні дерева відзначаються інтенсивним перебігом обмінних процесів, що супроводжуються нагромадженням перекисних сполук, котрі активізують клітинні процеси піноцетоза та екструзії. Накопичення

перекисів зменшує стабільність мембран фотосинтетичного апарату, які контролюються за часовим діапазоном між появою індукованих температурою  $\beta$ - і  $\gamma$ - хвиль флуоресценції. Менший часовий інтервал між появою зазначених флуоресцентних змін може вказувати, згідно з даними О.І. Китаєва [7], на вищу потенційну продуктивність рослин яблуні за оптимальних умов їх вирощування. Напруженість мембранно-транспортних процесів нижча у менш продуктивних рослин. Рівень перекисних сполук у них також менший, що можливо обумовлює у таких рослин високу стабільність мембран зелених пластид і відображається у завищених значеннях температурно-часового показника  $\tau\gamma\beta$ .

Константність фотосинтетичного апарату та ефективність його роботи лежать в основі досліджень із визначення потенціалу продуктивності. Ефективність реалізації потенціалу фотосинтетичного апарату колоноподібної яблуні залежить від рівня агротехніки та адаптивності рослин до умов мікрозони культивування. За умови сприятливих агроєкологічних факторів (особливо освітлюваність) співвідношення максимальної амплітуди  $\gamma$ - хвилі до  $\beta$  ( $F^{680\gamma}t : F^{680\beta}t$ ) в сортів звичайної яблуні має бути понад 2,0 [15]. Згадане

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

співвідношення показує рівень напруженості мембранно-транспортних зв'язків під час проходження фотосинтетичних реакцій [4, 12]. У рослин із ажурною і відповідно краще освітленою кроною даний показник зазвичай вищий, ніж у рослин із щільним листовим покривом.

Наші дослідження показали, що у листків рослин звичайного сорту

Айдаред, які знаходились на однорічному прирості, спостерігалась найвища інтенсивність фотосинтезу (ІФС) згідно зі співвідношенням  $F^{680\gamma t} : F^{680\beta t}$ ; у листках трирічних кільцівок відмічено зниження інтенсивності фотосинтезу на 25 %, на шестирічних – до 45 % (рис. 1).

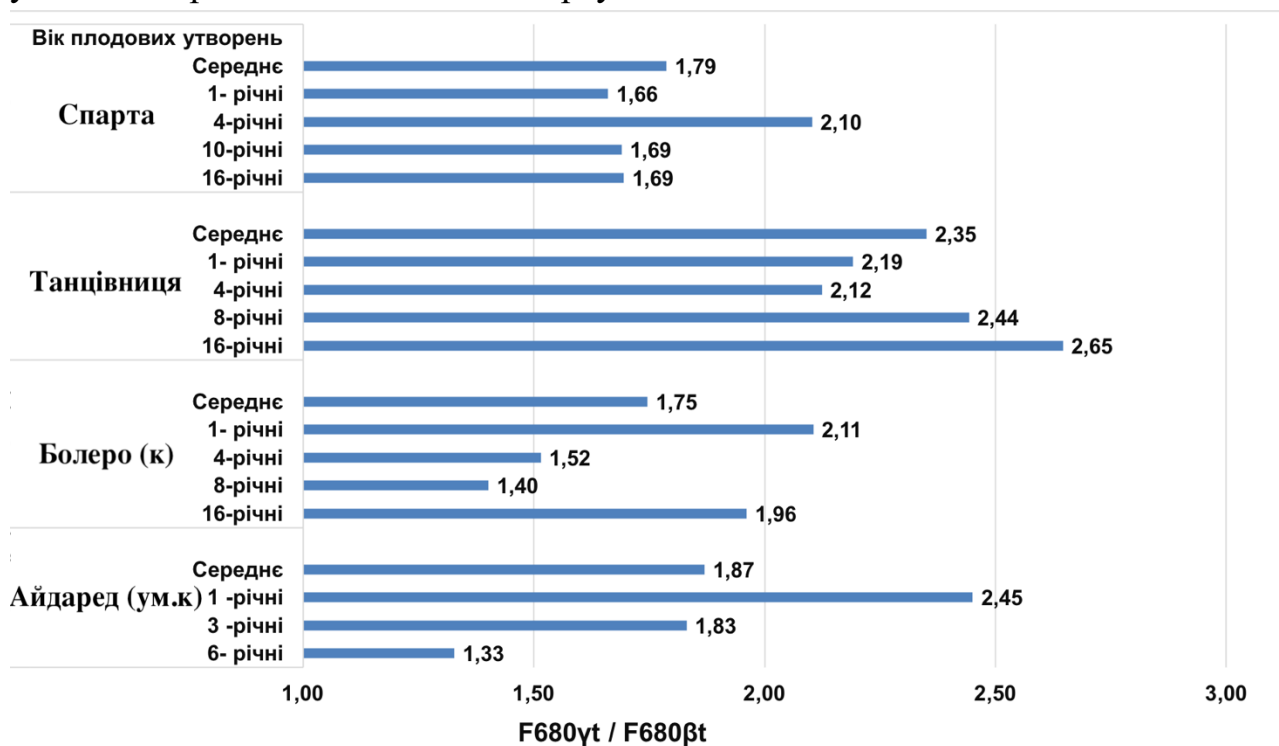


Рис. Фотосинтетична продуктивність пігментного комплексу різних сортів яблуни. ІС НААН, 2019

Майже однаковим співвідношенням амплітуд термоіндукованих хвиль відзначаються листки складних кільцівок усіх вікових ділянок яблунь сорту Танцівниця. У листках 16-річних плодів ІФС була на 17% вищою за пагони подовження. У Болеро спостерігалось зниження

показника співвідношення  $F^{680\gamma t} : F^{680\beta t}$  у листків, які розміщувались на чотири-восьмирічних складних кільцівках; це відбувалося під впливом загушення крони в даній зоні. Для сорту Спарта найвищий рівень напруженості мембранно-транспортних процесів притаманний листкам, що розміщуються на



Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

чотирирічній віковій ділянці стовбура, на інших ділянках даний показник на 20 % нижче.

Ефективність проходження процесу фотосинтезу залежить від кількісного вмісту зелених пігментів у листі та від співвідношення їхніх форм [24]. Згадане співвідношення відображає структурну організацію хлоропластів і потенціал пристосування рослини до змін умов

довкілля, передусім освітленості [20]. У досліджуваних сортів відзначено варіювання вмісту Chla в листках від 5,05 до 8,09 мг/г сирової маси (табл. 1); істотно перевищував показник контролю сорт Спарта. Значно нижчим умістом Chla характеризувалися усі досліджувані звичайні сорти та колоноподібні Фаворит і Президент.

### 1. Уміст зелених пігментів у листках яблуні. ІС НААН, 2019

Сорт	*Вміст хлорофілу, мг/г сирової маси			a/b
	a	b	$\Sigma a + b$	
Болеро (к)	6,81 a	2,45 a	9,12 a	2,79 a
Теремок (ум. к)	6,06 d	2,38 a	8,31 a	2,57 ab
Фаворит	5,05 b	1,74 b	6,69 b	2,90 a
Айдаред (ум. к)	5,92 d	2,46 a	8,24 a	2,56 ab
Валюта	6,17 ad	2,29 a	8,32 a	2,71 ab
Спарта	8,09 c	3,27 c	11,17 c	2,48 b
Білосніжка	6,42 ad	2,12 ab	8,41 a	3,03 a
Танцівниця	7,30 a	2,87 c	10,01 a	2,55 ab
Папіровка (ум. к)	5,62 b	2,08 ab	7,58 b	2,74 ab
Президент	5,6 b	2,14 a	7,62 b	2,63 ab

Примітка:

\*- різними літерами позначено величини, які істотно різняться за рівнем вірогідності 95 %

Уміст Chlb у листках досліджуваних сортів яблуні змінюється в межах від 1,74 до 3,27 мг/г сирової маси. Найменшим умістом даного пігменту вирізняється сорт Фаворит, найбільшим - Танцівниця і Спарта.

Загальна кількість пігментів Chla + Chlb залежно від сорту коливалась від 6,69 до 11,17 мг/г сирової маси. Значно більшим значенням даного показника характеризувалися рослини Спарти,

найменшим - Папіровка, Президент та Фаворит.

За даними Ю.Ю. Андрусика, О.І. Китаєва [1] та інших науковців [24], листки більшості вищих рослин містять Chla вдвічі більше, ніж Chlb. Чим вищий уміст Chlb у листках рослин, тим вищим є їхній адаптивний потенціал та стабільніша пігментна система. Найвищим Chla : Chlb, а відповідно й найслабшою адаптивністю, характеризується сорт Білосніжка; у листках даного сорту

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

кількість Chla переважала Chlb у 3,03 рази, тоді як у сортів Спарта, Танцівниця - у 2,48-2,55 рази, що свідчить про кращі адаптивні властивості останніх сортів за даних умов. Істотно нижчі показники Chla : Chlb відносно контролю зафіксовано у Спарти, у інших сортів на рівні контролю.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що найвищий адаптивний потенціал та стабільнішу пігментну систему серед вивчаємих сортів мають рослини Спарти і Танцівниці, співвідношення Chla : Chlb становило 2,48-2,55. Найменш адаптивним виявився сорт Білосніжка (3,03). В осінній групі сортів найкращий адаптивний потенціал відмічено у традиційного сорту Теремок. У зимовій групі сортів співвідношення Chla : Chlb

тільки у Білосніжки було істотно нижчим за умовний контроль; в інших колоноподібних сортів даний показник був на рівні умовного контролю. Між літніми сортами не встановлено відмінностей за рівнем адаптивного потенціалу. За сприятливого сполучення агроекологічних факторів плоді утворення різновікових ділянок стовбура рослин колоноподібних сортів мають однаковий і високий фотосинтетичний потенціал. У звичайних сортів яблуні з віком плодів утворень відбувається пригнічення інтенсивності фотосинтезу листків. Більшість досліджуваних колоноподібних сортів яблуні володіють більш високою адаптивністю до агроекологічних умов зони культивування, ніж звичайні.

### Список використаних джерел

1. Андрусик Ю. Ю., Китаєв О. І. Структурно-функціональний стан листків малини залежно від адаптивності до ґрунтових умов. *Садівництво*. 2007. Вип. 60. С. 255–260.

2. Гаврилюк О.С., Кондратенко Т.Є., Китаєв О.І. Діагностика функціонального стану рослин колоноподібних сортів яблуні. *Рослинництво та ґрунтознавство*, 2019, 10.1: 70-80. DOI: [doi.org/10.31548/agr2019.02.070](https://doi.org/10.31548/agr2019.02.070)

3. Грушева Т.П. Рост и плодоношение колонновидных сортов яблони в условиях Беларуси / Грушева Т.П., Самусь В.А.. (Плодоводство: науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: В.А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. Самохваловичи, 2010. Т. 22. 364 с.).

4. Дорошенко Т. Н., Максимцов Д. В. Плодоводство с основами экологии. Изд. 2-е, испр. и дополн. Краснодар : КубГАУ, 2016. 229 с.

5. Карапетян, Н. В., Бухов, Н. Г. (1986). Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений. *Физиология растений*, 33(5), 1013-1026.

6. Качалкин М. В. Колонны, которые плодоносят. Москва, 2008. 32 с

7. Китаєв О.І. Оцінка сорто-підщепних комбінацій яблуні за аналізом функціонального стану їх листкового апарату. *Садівництво*. Вип 46. 1998. С. 174-176.

8. Китаєв, О. И., Скрыга, В. А., Матвиенко, Н. В., & Долид, А. В. (2008). Оценка совместимости сорто-подвойных

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

комбинацій груши. *Матер. междунар. симпоз. «Современное сельское хозяйство – достижения и перспективы»*, 21-23.

9. Кичина В. В. Колонновидные яблони под Москвой. Информационный садовый центр URL: <http://www.sadincentr.ru/publications/p8/>.

10. Кичина В. В. Яблони колонновидного типа. М.: ВСТИСП, 2006. 162с

11. Кичина, В. В. Колонновидные яблони. Москва, 2002. 160 с

12. Корнеев Д. Ю., Кочубей. С. М. Изучение Q - восстанавливающих комплексов фотосистемы 2 с помощью индукции флуоресценции хлорофила. Физиология и биохимия культурных растений. 2000. Т. 32. №1. С. 20-24.

13. Кочубей С. М. Организация фотосинтетического аппарата высших растений / под ред. В. В. Моргуна. Киев : Альтерпрес, 2001. 204 с.

14. Кудрявец Р.П. Продукционный процесс яблони и его регулирование. Плодоводство Нечерноземной полосы. НИЗИСНП. М., 1984. С. 65-79.

15. Макарова Д. Г. Адаптивність і продуктивність сорто-підщепних комбінацій яблуні в умовах правобережної підзони західного Лісостепу України : дис. канд. с.-г. наук : 06.01.07. Київ, 2011. 196 с.

16. Макарова, Д. (2008). Потенційна продуктивність та сумісність сортів яблуні на клонових підщепах селекції УААН. *Вісник Львівського національного аграрного університету.*–Львів: Агрономія, (12), 2.

17. Мерзляк, М. Н. (1998). Пигменты, оптика листа и состояние растений. *Соросовский образовательный журнал*, 4, 19-24.

18. Починок, Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев, *Наукова думка*, 1976. 334 с.

19. Рубан, О. В. (1988). Перенос енергії в найближчому оточенні реакційного центру фотосистеми 1. *Укр. ботан. журн*, 45(3), 24-27.

20. Рябцева Т. В. Фотосинтез яблони в святі с плотностью размещения деревьев. *Садівництво*. 2005. Вип. 57. С. 264–269.

21. Седышева Г. А., Мельник С. А., Горбачева Н. Г. Редукционное деление при микроспорогенезе у колонновидной формы яблони Восторг. Современное садоводство. Contemporary horticulture. 2014. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reduksionnoe-delenie-pri-mikrosporoogeneze-u-kolonnovidnoy-formy-yablony-vostorg/viewer>

22. Силаєва А. В. (2003). Особливості сезонного розподілу температур приземного шару повітря по території України. *Проблеми моніторингу у садівництві*. Київ: Аграрна наука, 34-44.

23. Совакова, М. О., Соваков, О. В., & Китаєв, О. І. (2014). Екологічна толерантність видів липи (*Tilia L.*) за фотота термоіндукованими змінами флуоресценції хлорофілу листків. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, (198 (2)), 285-293.

24. Телепенько Ю.Ю., Сіленко В.О. (2019). Структурно-функціональний стан листків нових сортів ожини (*RUBUS L.*) в умовах Лісостепу України. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*, 0(286), 260-266. Режим доступу до ресурсу

25. Тютерева Е. В., Дмитриева В. А., Войцеховская О. В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений. Т-52. 2017. №5. С. 843–855.

26. Finch, S., Samuel, A., & Lane, G. P. (2014). *Lockhart and wiseman's crop husbandry including grassland*. Elsevier. DOI:[doi.org/10.1533/9781782423928.1.27](https://doi.org/10.1533/9781782423928.1.27)

27. Formaggio, E., Cinque, G., & Bassi, R. (2001). Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants. *Journal of molecular biology*, 314(5), 1157-1166. DOI:<https://doi.org/10.1006/jmbi.2000.5179>

28. Gibson J. P. Plant ecology / J. P. Gibson, T. R. Gibson – Infobase Publishing, 2006 189 p.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agromija/article/view/10869>

29. Ognjanov V. Breeding columnar apples in Novi Sad. *Acta Horticulturae*, 1998.



Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

– 484. – Р. 207-210. DOI: [doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.484.35](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.484.35)

30. Schulze E.-D. Plant ecology / E.-D. Schulze, E. Beck, K. Müller-Hohenstein. – Springer, Berlin, 2005 – 702 p.

31. Tanaka, A., Ito, H., Tanaka, R., Tanaka, N. K., Yoshida, K., & Okada, K. (1998). Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(21), 12719-12723. DOI:

<https://doi.org/10.1073/pnas.95.21.12719>

32. Valk A. Herbaceous plant ecology: recent advances in plant ecology / A. Valk Springer, 2009 – 368 p.

33. Yamasato, A., Nagata, N., Tanaka, R., & Tanaka, A. (2005). The N-terminal domain of chlorophyllide a oxygenase confers protein instability in response to chlorophyll b accumulation in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 17(5), 1585-1597. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.105.031518>

## References

1. Andrusyk, Iu. Iu., Kytaiev O. I. (2007). Strukturno-funktsionalnyi stan lystkiv malyny zalezno vid adaptyvnosti do hruntovykh umov [Structural and functional state of raspberry leaves depending on adaptability to soil conditions]. *Gardening*. №. 60, 255 – 260.

2. Havriluk O.S, Kondratenko T.E, Kitaev O.I (2019). Diahnostyka funktsionalnoho stanu roslyn kolonopodibnykh sortiv yabluni [Diagnosis of the functional state of plants of columnar apple varieties]. *Crop and Soil Science*, 2019, 10.1: 70-80. DOI: [doi.org/10.31548/agr2019.02.070](https://doi.org/10.31548/agr2019.02.070)

3. Hrusheva T.P, Samus V. A. (2010). Rost i plodonoshenie kolonovidnykh sortov yabluni v usloviyah Belarusi [Growth and fruiting of columnar apple varieties in Belarus]. (*Fruit growing: scientific tr. / RUE "Institute of fruit growing"*). *Samokhvalovichi*, - T. 22. - 364 p.

4. Doroshenko T. N., Maksimtsov D. V. (2016). Plodovodstvo s osnovami ekologii [Fruit growing with the basics of ecology]. Ed. 2nd, rev. and add. Krasnodar: *KubSAU*. 229 s.

5. Karapetyan, N.V., Bukhov, N.G. (1986). Peremennaia fluorestsentsiya khlorofylla kak pokazatel fyzyolohycheskoho

sostoianiya rastenyi [Variable fluorescence of chlorophyll as an indicator of the physiological state of plants]. *Plant Physiology*, 33 (5), 1013-1026.

6. Kachalkin M. V. (2008). Kolonny. kotoryye plodonosyat [Columns that bear fruit]. - Moscow.-32 p

7. Kitaev, O.I. (1998). Otsinka sorto-pidshchepnykh kombinatsii yabluni za analizom funktsionalnoho stanu yikh lystkovoho aparatu [Evaluation of varietal rootstock combinations of apple trees by analysis of the functional state of their leaf apparatus]. *Horticulture*. – 1998. – V 46, 174–176.

8. Kitaev, O.I., Skryaga, V.A., Matvienko, N.V., & Dolid, A.V. (2008). Otsenka sovместimosti sorto-podvoynykh kombinatsiy grushi [Assessment of compatibility of cultivar-rootstock pear combinations]. *Mater. Int. Symposium "Modern Agriculture – Achievements and Prospects*, 21-23.

9. Kichina V.V. Kolonovidnyye yabluni pod Moskvoy [Column-shaped apple trees near Moscow][Electronic resource]. *Informational Garden Center* - Access mode to the resource: <http://www.sadincentr.ru/publications/p8/>

10. Kichina, V.V. (2006). Yabluni kolonovidnogo tipa [Column-shaped apple trees]. M.: *VSTISP*, 162.

11. Kichina, V.V. (2002). Kolonovidnyye yabluni [Column-shaped apple trees]. - Moscow.- 160 s

12. Korneev, D. Yu., & Kochubey, S. M. (2000). Izucheniye Q - vosstanavlivayushchikh kompleksov fotosistemy 2 s pomoshchyu induktsii fluorestsentsii khlorofila [Study of QB – reducing complexes of photosystem 2 using the induction of chlorophyll fluorescence]. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 32 (1), 20-24.

13. Kochubey, S.M. (2001). Organizatsiya fotosinteticheskogo apparata vysshikh rastenyi [Organization of the photosynthetic apparatus of higher plants]. K.: *Alterpres*, 6.

14. Kudryavets, R.P. (1984). Produktsionnyy protsess yabluni i ego regulirovaniye [The production process of

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

apple trees and its regulation]. Fruit growing of the Non-chernozem strip / *NIZISNP*, 65-79.

15. Makarova, D. (2011). Adaptivnist i produktyvnist sorto-pidshchepnykh kombinatsii yabluni v umovakh pravoberezhnoi pidzony zakhidnoho lisostepu ukrainy [Adaptability and productivity of varietal rootstock combinations of apple trees in the conditions of the right-bank subzone of the western forest-steppe of Ukraine]: diss. Cand. agricultural of sciences, 196

16. Makarova, D. (2008). Potentsiina produktyvnist ta sumisnist sortiv yabluni na klonovykh pidshchepakakh selektsii UAAN [Potential productivity and compatibility of apple varieties on clonal rootstocks of UAAN breeding]. *Bulletin of the National Agrarian University of Lviv*. – Lviv: *Agronomy*, (12), 2.

17. Merzlyak, M.N. (1998). Pigmenty, optika lista i sostoyaniye rasteniy [Pigments, leaf optics and plant condition]. *Soros Educational Journal*, 4, 19-24.

18. Pochinok, Kh. N. (1976). Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy [Methods of biochemical analysis of plants]. Kiev, *Naukova Dumka*.- 334 p.

19. Ruban, O. W. (1988). Perenos energii v nayblizhchomu otocenni reaktsiynogo tsentru fotosistemi 1 [Energy transfer in the immediate environment of the reaction center of the photosystem 1]. *Ukr. nerd. Journal*, 45 (3), 24-27.

20. Ryabtseva, T.V. (2005). Fotosintez yabluni v svyati s plotnostyu razmeshcheniya derevyev [Photosynthesis of apple trees in connection with the density of trees]. *Gardening. K.*, 2005. (7), 264-269.

21. Sedysheva, G.A., Melnik, S.A., & Gorbacheva, N.G. (2014). Reduktsionnoye deleniye pri mikrosporogeneze u kolonovidnoy formy yabluni Vostorg [Reduction division in microsporogenesis in the columnar form of the apple tree Delight]. *Contemporary Gardening – Contemporary horticulture*, (2 (10)). Access mode to the resource:

<https://cyberleninka.ru/article/n/reduktsionnoe-deleniye-pri-mikrosporogeneze-u-kolonovidnoy-formy-yabluni-vostorg/viewer>

22. Silaeva, A.V. (2003). Osoblyvosti sezonnoho rozpodilu temperatur pryzemnoho sharu povitria po terytorii Ukrainy [Features of

seasonal distribution of surface air temperatures across Ukraine]. Monitoring problems in gardening. Kiev: *Agrarian Science*, 34-44.

23. Sovakova, MA, Sovakov, OV, & Kitaev, OI (2014). Ekolohichna tolerantnist vydiv lypy (Tilia L.) za foto-ta termoindukovanymy zminamy fluorestsentsii khlorofilu lystkiv [Environmental tolerance of linden (Tilia L.) species by photo- and thermally induced changes in leaf chlorophyll fluorescence]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and Ornamental Horticulture*, (198 (2)), 285-293.

24. Telepenko, Y. Y., & Silenko, V. O. (2019). Strukturno-funktsionalnyi stan lystkiv novykh sortiv ozhyny (RUBUS L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Structural and functional state of leaves of new blackberry varieties (RUBUS L.) in the forest-steppe conditions of Ukraine]. *Scientific Journal of Plant and Soil Science*, (286), 260-266.

25. Tyutereva, E.V., Dmitrieva, V.A., & Wojciechowska, O.V. (2017). Khlorofil b kak istochnik signalov. reguliruyushchikh razvitiye i produktivnost rasteniy [Chlorophyll b as a source of signals regulating the development and productivity of plants]. *Agricultural Biology*, 52 (5).

26. Finch, S., Samuel, A., & Lane, G. P. (2014). *Lockhart and wiseman's crop husbandry including grassland*. Elsevier. DOI:[doi.org/10.1533/9781782423928.1.27](https://doi.org/10.1533/9781782423928.1.27)

27. Formaggio, E., Cinque, G., & Bassi, R. (2001). Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants. *Journal of molecular biology*, 314(5), 1157-1166.

DOI:<https://doi.org/10.1006/jmbi.2000.5179>

28. Gibson, J. P., Gibson T. R. (2006). *Plant ecology – Infobase Publishing*. – 189 p. Access mode to the resource: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/10869>

29. Ognjanov, V. (1998). Breeding columnar apples in Novi Sad. *Acta Horticulturae*.– 484. – P. 207-210. DOI: [doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.484.35](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.484.35)

30. Schulze, E.D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant ecology K.* – Springer, Berlin, 702 p.

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Е.

31. Tanaka, A., Ito, H., Tanaka, R., Tanaka, N. K., Yoshida, K., & Okada, K. (1998). Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(21), 12719-12723. DOI:

<https://doi.org/10.1073/pnas.95.21.12719>

32. Valk, A. (2009). *Herbaceous Plus Ecology: recent advances in Plus Ecology*.

DECORATIVE VARIETIES OF STRAWBERRY.

33. Yamasato, A., Nagata, N., Tanaka, R., & Tanaka, A. (2005). The N-terminal domain of chlorophyllide a oxygenase confers protein instability in response to chlorophyll b accumulation in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 17(5), 1585-1597. DOI:

<https://doi.org/10.1105/tpc.105.031518>

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИСТЬЕВ КОЛОННООБРАЗНЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ КИЕВЩИНЫ

А. С. Гаврилюк, Т. Е. Кондратенко

**Аннотация.** Приведены результаты определения содержания зеленых пигментов и исследования комплекса физиологических показателей листьев с целью определения уровня адаптивности семи колоннообразных и трех обычных сортов яблони. Установлено, что содержание хлорофилла а (Chla) варьирует от 5,05 до 8,09 мг/г сырой массы, содержание хлорофилла b (Chlb) в листьях исследуемых сортов изменяется в пределах от 1,74 до 3,27 мг/г сырой массы. Низким содержанием Chlb характеризуется листья сорта Фаворит, высоким - Танцовщица и Спарта. Сумма Chla + Chlb в листьях отдельных сортов варьирует от 6,69 до 11,17 мг/г сырой массы. Наибольшим соотношением Chla : Chlb, а соответственно и низкой адаптивностью характеризуются растения сорта Белоснежка; в листьях данного сорта количество Chla в 3,03 раза больше чем Chlb. В листьях сортов Спарта и Танцовщица это соотношение равнялось 2,48-2,55, что свидетельствует о лучших адаптивных свойствах этих сортов. В осенней группе сортов высокий адаптивный потенциал отмечено у растений традиционного сорта Теремок, в зимней группе соотношение Chla : Chlb только у Белоснежки было существенно ниже Айдаред; другие колонообразные сорта по данному показателю были на уровне условного контроля. Между летними сортами не установлено различий по адаптивному потенциалу. При благоприятном объединении агроэкологических факторов разновозрастные плодовые образования колоннообразных сортов имеют одинаковый и высокий фотосинтетический потенциал.

В листьях сорта Айдаред, размещаемых на побегах удлинение, наблюдалась самая высокая интенсивность фотосинтеза (ИФС) согласно соотношению F680<sub>yt</sub>: F680<sub>βt</sub>. ИФС в листьях трехлетних плодовых образований была ниже на 25%, шестилетних - до 45%. Относительно одинаковым соотношением амплитуд термоиндукционных волн характеризуются листья сложных плодовых образований всех возрастных участков ствола сорта Танцовщица. В листьях 16-летних плодухи ИФС была на 17% выше листьев однолетних приростов. В общем отмечено, что ИФС в

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є.

листьях всех исследуемых колоннообразных сортов значительно выше традиционных сортов яблони.

**Ключевые слова:** колонообразные сорта яблони, фото- и термоиндукция хлорофилла, хлорофилл, фотосинтез, адаптивность.

## THE INTENSITY OF PHOTOSYNTHESIS OF THE SURFACE OF COLUMNAR APPLE-TREE IN THE CONDITIONS OF KYIV

O. S. Havryliuk, T. Ye. Kondratenko

**Abstract.** *Determination of the content of green pigments in the leaves allowed us to establish the adaptive potential of the investigated columnar varieties in comparison with the common conventional varieties. The results of the study of the complex of physiological indices of leaves in order to determine the level of adaptability of seven columnar varieties and three varieties of common apple. It was found that the content of Chla varies from 5.05 to 8.09 mg/g of raw weight, the content of Chlb in the leaves of the studied apple varieties varies from 1.74 to 3.27 mg/g of raw weight. The lowest Chlb content is characterized by leaves of the Favorite variety; the highest is Tantsivnytsia and Sparta. The sum of chlorophylls a and b of the individual varieties in the leaves varies from 6.69 to 11.17 mg/g of crude mass. The highest Chla / Chlb ratio and, accordingly, the lowest adaptability to changes in lighting conditions, are characterized by plants of the Bilosnizhka variety; in the leaves of this variety, the amount of Chla exceeded the content of Chlb 3.03 times. In the leaves of the Sparta and Tantsivnytsia varieties, this ratio was 2.48-2.55, which indicates the best adaptive properties of these varieties under the conditions of the study area. In the autumn variety group, the best adaptive potential was observed in the traditional Teremok variety, in the winter group Chla: Chlb only in Bilosnizhka was significantly lower than Idared, other columnar varieties were at the level of conditional control of this indicator. There are no differences in adaptive potential between summer varieties. With a favorable combination of agro-ecological factors, the columnar varieties retain photosynthetic potential on different age rings.*

*The leaves of the Idared variety placed on the shoot elongation showed the highest intensity of the photosynthetic apparatus according to the ratio  $F680\gamma t / F680\beta t$ . In the same variety in the leaves on the three-year rings there is a decrease in the intensity of photosynthesis by 25%, by six-year to 45%. The leaves of all age sections of the Tantsivnytsia trunk are characterized by the same ratio of amplitudes of thermally induced waves. In leaves of 16-year-old buds, the intensity of photosynthesis is higher than one-year-olds by 17%. In general, the investigated columnar varieties show a high intensity of photosynthesis in the leaves.*

**Key words:** *columnar apple-tree, photo- and thermal induction of chlorophyll, adaptability, chlorophyll, photosynthesis*