

ЯКІСТЬ ПИЛКУ ТА ДОБІР ЗАПИЛЮВАЧІВ СОРТІВ ЯБЛУНІ КОЛОНОПОДІБНОГО ТИПУ

О. С. ГАВРИЛЮК¹, доктор філософії з садівництва та виноградарства (PhD),
асистент

Т. Є. КОНДРАТЕНКО², доктор сільськогосподарських наук, професор,
старший науковий співробітник ІС НААН України, член кореспондент НААН
України

Б. М. МАЗУР¹, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Д. В. ПЕТРЕНКО^{1,1}, магістр

E-mail: o.havryliuk@nubip.edu.ua

¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

²*Інститут садівництва національної академії аграрних наук України*

[https://doi.org/10.31548/dopovidi1\(101\).2023.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi1(101).2023.005)

Анотація. Яблуня (*Malus domestica* Borkh.) це квітуче дерево, врожайність якого залежить від успішного перехресного запилення. На кількість і якість плодів яблуні істотно впливає ефективність процесу запилення. Окрім основних вимог до зав'язування плодів і продуктивності дерев, наявність різних джерел пилку (різних сортів у саду) позитивно впливає на параметри якості плодів. Із яблуневого саду можливо отримувати прибуток через кілька років після садіння, тому вибір сортів є дуже важливим, адже від цього залежить економічна доцільність вирощування рослин. Мета даного дослідження полягала у визначенні життєздатності пилку сортів яблуні колоноподібного типу та підбір сортів запилювачів. Дослідження виконували протягом 2019–2022 років на кафедрі садівництва імені професора Володимира Левковича Симиренка Національного університету біоресурсів і природокористування України. За результатами проведених досліджень встановили, що в умовах Західного Лісостепу України досліджувані колоноподібні сорти формують пилок середньої життєздатності, пилові трубки досягають середньої довжини, спостерігається недостатня перехресна плодючість, а кращими запилювачами для них є універсальні запильники, сорти 'Голден Джем' та 'Професор Шпрінгер'. Загалом у колоноподібних сортів хороша зав'язуваність плодів від вільного запилення. Для задовільного перехресного запилення необхідні декілька умов, а саме: квітування сорту запильника має бути одночасним з основним сортом; сорт запильник має мати пилок високої життєздатності; розташування сорту-запильника повинно бути поблизу плодоносного дерева; в саду потрібна наявність бджіл та інших комах під час квітування.

Ключові слова. яблуня, *Malus domestica* Borkh, пилок, самоплідність, перехресне запилення, якість пилку, життєздатність, клімат

¹ Науковий керівник – доктор філософії (PhD), асистент кафедри садівництва ім. В.Л. Симиренка Гаврилюк О.С.

Актуальність. Усі плодові культури помірного клімату потребують запилення щоб зав'язати плоди. Деякі плодові культури [30], а саме персик, нектарин, черешня, абрикос і деякі європейські сливи самоплідні [23]. Яблуні, груші та черешні для перехресного запилення потрібні змішані посадки різних сортів [25]. Відсоток квіток, які необхідно зав'язати, сильно відрізняється між плодовими культурами, для черешні наприклад потрібно зав'язати 20–60 %, для вишні – 20–75 %. Для плодкових культур, де розмір плодів є більш важливою із комерційної точки зору ознакою, відсоток квіток, які потребують запилення, значно нижчий; наприклад - яблуні 5–8 % [25], груші 5–11 %, персика 15–20 %, абрикоси 20–25 %, сливи 3–20 %. На квітування зв'язно сильно впливають кліматичні умови вирощування [8], а саме на якість пилку та роботу комах запильників у саду [13, 17].

Запилення полягає в перенесенні пилкових зерен з пиляків на приймочку маточки [23, 29]. Яблуня (*Malus domestica Borkh.*) це квітуче дерево [1], врожайність якого залежить від успішного перехресного запилення між принаймні двома перехресно-сумісними сортами, які квітують одночасно [24]. На кількість і якість продукції яблук істотно впливає ефективність процесу запилення [10]. Крім основних вимог до зав'язування плодів і

продуктивності дерев, наявність різних джерел пилку сприятливо впливає на параметри якості плодів, такі як розмір, форма та накопичення органічної речовини [2, 19]. Яблуні також значною мірою залежать від запилення комахами [7], їх внесок у запилення важливий для отримання стабільних та високих врожаїв [9, 10, 12]. Щоб уникнути обмеження кількості пилку в комерційних садах, в одному саду висаджують або дерева-донори пилку (тобто «запильники»), або суміші різних сортів [3, 25]. Garratt та інші науковці стверджують, що покращення щільності та розташування сортів-запильників у саду сприяє збільшенню частки запилювачів, що несуть життєздатний пилок, зрештою покращуючи цим зав'язування плодів і насіння [10, 22]. Розміщення сортів запильників у саду є дуже важливим. Рекомендується розміщувати сорти-запилювачі суцільними рядами. Схема розміщення можуть бути різними, наприклад, чергування двох рядів сортів запильників між чотирма рядами основного сорту.

Квітування яблуні є одним із основних процесів, що веде до продуктивності плодового дерева [4, 31], тому вивчення цього процесу має практичне значення для селекції [21, 41, 50]. Урожайність і якість плодів являється насамперед результатом кількості та якості квіток [26, 27]. Із яблуневого саду можливо отримувати прибуток через кілька років після

садіння, тому вибір сортів є дуже важливим, адже від цього залежить економічна доцільність вирощування рослин [32].

Для характеристики сортів запильників важливою є оцінка різноманітних фенотипічних ознак, такі як одночасність квітування із продуктивними сортами, інтенсивність квітування, утворення пилку та якість пилку [18]. Інтенсивність квітування та утворення пилку є важливими ознаками для визначення здатності будь-якого сорту до запилення, оскільки більша кількість пилкових зерен може покращити успішність запліднення яйцеклітин і, як наслідок, зав'язування плодів комерційних сортів [6]. Виробництво пилку залежить від сорту і в першу чергу визначається кількістю пилку [17]. Крім того, якість пилку, яка характеризується життєздатністю пилку, також повинна враховуватися з метою забезпечення високих та сталих врожаїв [20].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження Ramírez та Davenport [24], щодо проростання пилку яблунь показали широку варіативність для одного сорту залежно від місця розташування дерев. Дарепа у співпраці із Blázquez довели, що триплоїдні сорти демонструють нижчу швидкість проростання пилку, ніж диплоїдні сорти [5].

Сорти яблуні колоноподібного типу демонструють різний ступінь періодичності плодоношення [16, 14, 36, 35]. Періодичність плодоношення є поширеною проблемою для яблунь [11], де надмірна кількість плодів у «виключні» роки викликає конкуренцію між утворенням плодів та диференціацією генеративних бруньок, що призводить до низької або повної відсутності врожаїв у «виключні» роки [15, 28]. На регіональному рівні ця періодичність спричиняє проблеми з постачанням плодів яблуні та збільшує ризику збоїв у комерціалізації.

Мета даного дослідження - це визначення життєздатності пилку сортів яблуні колоноподібного типу та підбір сортів запилювачів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконували протягом 2019–2022 років на кафедрі садівництва імені професора Володимира Левковича Симиценка Національного університету біоресурсів і природокористування України. Експериментальною базою виконання досліджень були насадження яблуні первинного сортовивчення ІС НААН України.

Предмет досліджень – 7 сортів яблуні колоноподібного типу - ‘Спарта’, ‘Фаворит’, ‘Білосніжка’, ‘Арбат’, ‘Валюта’, ‘Президент’, ‘Останкіно’.

Об’єкт дослідження – пилок яблуні.

Сад закладений у 2002 та 2010 рр. згідно з методикою первинного

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

сортовипробування [46]. Деревя на підщепі 54-118 висаджено за схемою 4×1 м. За контроль взято сорт яблуні «звичайної» 'Айдаред' (схема садіння 4×3 м).

Життєздатність пилку визначали за методикою Татарінцева [47]. Енергію росту пилкових трубок досліджували за методикою Паушевої [44]. Пилок сортів-

запильників у фазу розового бутону відбирали, підсушували і зберігали в ексикаторі. Частину пилку використали для визначення життєздатності методом пророщування, а частину штучно висівали на приймочки маточки та ізолювали їх (рис. 1) від потрапляння не потрібного пилку.



Рис. 1. За ізольовані рослини після висів пилку

Дослідна ділянка знаходиться в зоні Західного Лісостепу України. Клімат району помірно - континентальний і характеризується м'якою зимою і теплим літом. Середньорічна температура повітря за роки досліджень становила 10,1 °С. Найхолодніший місяць – січень (мінус 3,2 °С), найтепліший — серпень (21,8 °С). Період вегетації у плодівих культур, за багаторічними даними, починається із першої декади квітня. Активний ріст і розвиток

плодівих рослин спостерігається в третій декаді квітня. Сума активних температур 10 °С і вище ($\Sigma_{\text{акт}} t \geq 10^\circ \text{C}$) складає 3450–3650 °С, кількість днів з температурою 10 °С і вище – близько 180. Середньорічна кількість опадів – 380 мм. Найбільш вологий місяць – липень (68 мм). Середня кількість днів з опадами становить 150. Ґрунт дослідно ділянки темно - сірий опідзолений середньосуглинковий на карбонатному лесі, типовий для правобережної частини Західного

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

Лісостепу. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту (0–40 см) становить 1,00–1,90 %, рН водної витяжки дорівнює 6,22–8,33.

Результати дослідження. Якість пилку залежить від умов проходження мікроспорогенезу. Підвищення температури повітря до 36–38 °С або зниження її до мінус 3 °С в період мейозу призводить до масових порушень в редукційному поділі та утворення великої кількості стерильних пилкових зерен [39]. Оптимальною температурою повітря для проростання пилку на приймочках маточок яблуні є 18–24 °С [38]. Якість пилку є сортовою

особливістю, але в умовах саду значний вплив на неї мають гідротермічні умови та фізіологічний стан дерев. На сьогодні інформації про якість пилку колоноподібних яблунь обмаль.

Пилок за ступенем його проростання відносять до трьох груп:

- пилок із низькою життєздатністю містить 0–30 % фертильних зерен;

- середньою — 31–69 %;

- високою — 70–100 %.

В умовах Київщини у 2019–2022 роках колоноподібні сорти формували пилок середньої та вище середньої якості (табл. 1).

1. Характеристика якості пилкових зерен різних сортів. (2019–2022 рр.).

Сорт	Всього переглянуто пилкових зерен, шт.	Кількість пилкових зерен різної якості						Довжина пилкових трубок за експозиції 4 години, мкм
		шт.	пророслі, %	шт.	не пророслі, %	шт.	оптично порожні, %	
Айдаред (к)	2654	2 232	84	369	14	53	2	594
Арбат	2671	2 220	83	319	12	13 2	5	601
Білосніжка	2945	1 973	67	740	25	23 1	8	542
Валюта	3015	2 660	88	297	10	58	2	625
Останкіно	2680	2 250	84	241	9	18 9	7	578
Президент	3110	2 682	86	364	12	63	2	611
Спарта	2869	1 895	66	741	26	23 3	8	547
Фаворит	2856	1 745	61	856	30	25 5	9	675

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

Найвищу кількість пророслих пилкових зерен, тобто життєздатність пилку найвища, спостерігали в сортів 'Арбат' (83%), 'Останкіно' (84%), 'Президент' (86%) та 'Валюта' (88%), у контролю 'Айдаред' життєздатність

пилку була на рівні 84%. У сортів української селекції 'Фаворит', 'Спарта' (рис. 2) та 'Білосніжка' пилкок був середньої якості (відповідно 61, 66 та 67%).

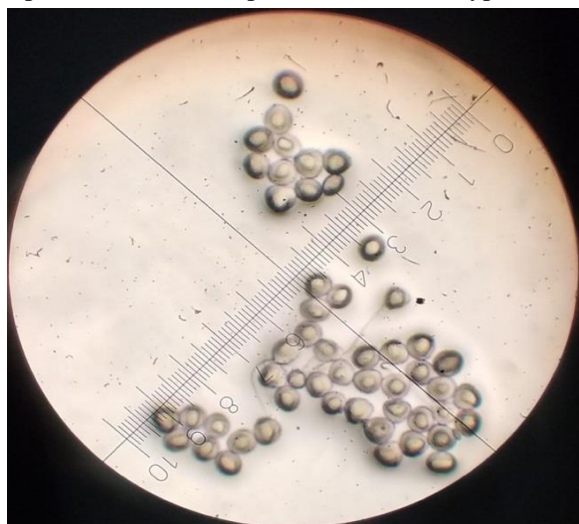


Рис. 2. Пилкові зерна сорту 'Спарта' ; 1 - пророслі з довгою трубкою, 2 – непророслі, 3 - оптично порожні.

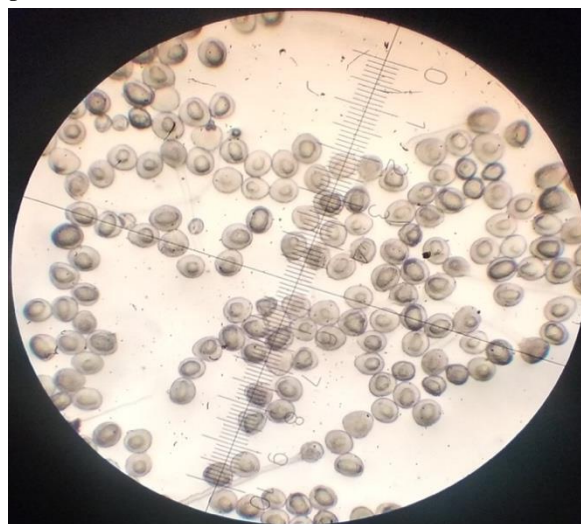
Найменшу кількість оптично порожніх зерен формували квітки сорту 'Президент', 'Валюта' та контрольний сорт ('Айдаред'). У інших досліджуваних сортів кількість оптично порожніх зерен на 3–7 % більше. Найбільшу кількість добре виповнених, але не пророслих пилкових зерен, формував 'Фаворит'.

Пилкові зерна розрізняють за розміром і формою. Форма пилку яблуні переважно сферична, еліптична, овальна та подовжено-овальна, також зустрічається трикутні

та шестикутні зерна. За формою та розмірами пилкові зерна досліджуваних колоноподібних сортів, як і контролю, були однорідними. Оптично порожніх зерен у пилку колоноподібних сортів було не багато — 2–9 %, в 'Айдареда' — 2 %. Пилкові зерна усіх колоноподібних сортів характеризувалися округлою, трикутною та овальною формою, чим не відрізнялися від сорту 'Айдаред' (рис. 3–4).



а

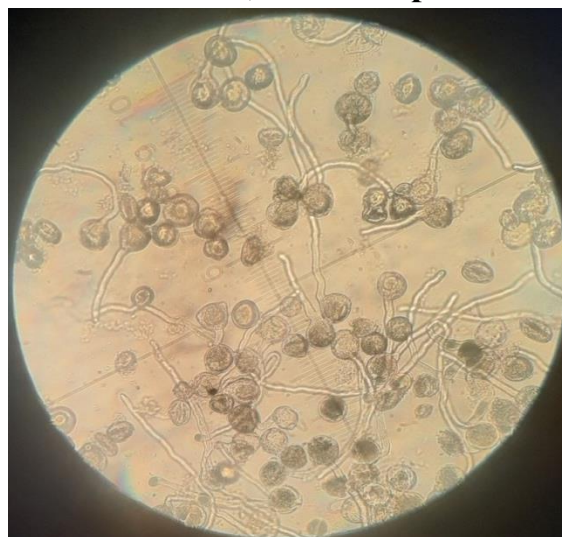


b

Рис. 3. Пилкові зерна відразу після посіву на штучне живильне середовище (збільшення в 90 разів); а- 'Білосніжка', б- 'Фаворит'.



а



b

Рис. 4. Пилкові зерна за 3 години після посіву на штучне живильне середовище (збільшення в 90 раз); а - 'Спарта', б - 'Айдаред'.

Довжина пилкових трубок як один із показників якості пилку, дає змогу попередньо оцінити ефективність використання сортів як запилювачів. Після трьох годин пророщування на живильному середовищі найбільша енергія росту пилкових трубок відмічалась у сорту 'Фаворит'. Відповідно до

класифікації М. Ро [45], довжина пилкових трубок колоноподібних сортів була середньою.

Більшість сортів яблуні самобезплідні. Запилення і формування високих урожаїв у таких сортів відбувається лише за умови запилення пилком іншого сорту [42, 43, 48, 49]. Добір запилючників

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

здійснювали для всіх досліджуваних сортів яблуні колоноподібного типу (табл. 2).

2. Ефективність перехресної плодючості колоноподібних сортів яблуні, %. ІС НААН, 2019–2021 рр.

Сорт	Голден джем	Професор Шпрінгер	Арбат	Білосніжка	Валюта	Останкіно	Вільне запилення
	♂						
♀ Арбат	9,0	8,6	-	4,2	8,1	8,9	7,6
♀ Білосніжка	8,2	8,1	7,4	-	7,8	7,5	7,1
♀ Валюта	12,3	11,9	8,2	5,3	-	9,6	9,9
♀ Останкіно	9,2	9,0	8,0	4,3		-	8,1
♀ Президент	11,9	11,3	8,6	5,1	9,8	9,4	9,7
♀ Спарта	9,4	9,2	8,4	4,7	9,4	8,4	8,2
♀ Фаворит	9,3	9,2	8,4	3,1	8,4	8,5	8,2

У результаті запилення квіток колоноподібних сортів пилом універсальними запильниками ‘Голден Джем’ та ‘Професор Шпрінгер’ утворювалась найбільша кількість плодів, як і у варіанті “вільне запилення”. Ступінь зав’язування плодів була нижчою, ніж при вільному запиленні (к), якщо запильником були колоноподібні сорти.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень встановили, що в умовах Західного Лісостепу України досліджувані колоноподібні сорти формують пилок середньої життєздатності, пилкові

трубки досягають середньої довжини, спостерігається недостатня перехресна плодючість, а кращими запилювачами для них є універсальні запильники, сорти ‘Голден Джем’ та ‘Професор Шпрінгер’.

Для задовільного перехресного запилення необхідні декілька умов, а саме: квітування сорту запильника має бути одночасним з основним сортом; сорт запильник має мати пилок високої життєздатності; розташування сорту-запильника повинно бути поблизу плодоносного дерева; в саду потрібна наявність бджіл та інших комах під час квітування.

some S-alleles. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003, 106, 703–714. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1120-0>

Список використаних джерел

1. Broothaerts, W. New findings in apple S-genotype analysis resolve previous confusion and request the re-numbering of

2. Bucchini, M., di Vaio, C. Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition*. 2005, Vol. 27, No. 10, P. 1735–1746. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026409>
3. Carisio, L., Díaz, S. S., Ponso, S., Manino, A., Porporato, M. Effects of pollinizer density and apple tree position on pollination efficiency in cv. Gala. *Scientia Horticulturae*. 2020, Vol. 273, 109629. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109629>
4. Costes, E., Gion, J. M. Genetics and genomics of tree architecture. *Advances in Botanical Research*. 2015. 74, P. 157–200. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2015.05.001>
5. Dapena, E., Blázquez, M. Descripción de Las Variedades de Manzana de La DOP Sidra de Asturias. *Villaviciosa:SERIDA*. 2009. 24 p. URL: <https://ria.asturias.es/RIA/handle/123456789/387>
6. Delgado, A., Quinet, M., Dapena, E. Analysis of the Variability of Floral and Pollen Traits in Apple Cultivars—Selecting Suitable Pollen Donors for Cider Apple Orchards. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. 1717. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091717>
7. Fountain, M. T., Mateos-Fierro, Z., Shaw, B., Brain, P., Delgado, A. Insect pollinators of conference pear (*Pyrus communis* L.) and their contribution to fruit quality. *Journal of Pollination Ecology*. 2019. Vol. 25. P. 103–114. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2019\)547](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2019)547)
8. Gaaliche, B., Majdoub, A., Trad, M., Mars, M. Assessment of pollen viability, germination, and tube growth in eight tunisian caprifig (*Ficus carica* L.) cultivars. *International Scholarly Research Notices*. 2013. Vol. 2013. P. 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/207434>
9. Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., Vaissiere, B.E., Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*. 2009. Vol. 68, №3. P. 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
10. Garratt, M., Coston, D., Truslove, C., Lappage, M., Polce, C., Dean, R., Biesmeijer, J., Potts, S. The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation*. 2014, Vol. 169, P. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.001>
11. Gavryliuk O. S., Kondratenko T. Je., Goncharuk Ju. D. Features of formation of productivity of columnar apple-tree. *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. Vol. 97, No. 6. P. 27–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04>
12. Hajjar, R., Jarvis, D.I., Gemmill-Herren, B. The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2008. Vol. 123, No. 4. P. 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.003>
13. Haokip, S. W., Shankar, K., Lalringheta, J. Climate change and its impact on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9, No. 1, P. 435–438. URL: <https://www.phytojournal.com/archives?year=2020&vol=9&issue=1&ArticleId=10464>
14. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., Tonkha, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., ... Dmytrenko, Y. Efficiency of productivity potential realization of different-age sites of a trunk of grades of columnar type apple-trees. *Agronomy research*. 2022b. Vol. 20, No. 2. P. 241–260. <https://doi.org/10.15159/AR.22.031>
15. Havryliuk, O., Kondratenko, T. Specific of the Assimilation Surface of Columnar Apple-Tree. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2019. Vol. 3. P. 57–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.057-065>
16. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., Kutovenko, V., Mazurenko B., Voitsekhivska, O., Dmytrenko, Y. Morphophysiological peculiarities of productivity formation in columnar apple cultivars. *Agronomy research*, 2022a. Vol. 20, No. 1. P. 148–160. <https://doi.org/10.15159/ar.22.007>
17. Irenaeus, T., Mitra, S. K. Understanding the pollen and ovule characters and fruit set of fruit crops in relation to temperature and genotype—a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2014. Vol. 87. P. 157–167. DOI: <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2014.087.023>

18. Javid, R., Rather, G. Functional pollen ability of different crab apples used as pollinizers for apple. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. Vol. 8, No 3. P. 617–620. URL: <https://www.phytojournal.com/archives?year=2019&vol=8&issue=3&ArticleId=8158>
19. Matsumoto, S., Soejima, J., Maejima, T. Influence of repeated pollination on seed number and fruit shape of 'Fuji' apples. *Scientia Horticulturae*. 2012. Vol. 137. P. 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.033>
20. Mehri, S., Piri, S., Imani, A. Optimization of apple pollen culture and its maintenance of pollen germination capacity. *Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engg*. 2015. Vol. 2, No 2. P. 54–56. <http://dx.doi.org/10.15242/IJAAEE.ER1215011>
21. Petrisor, C., Mitre, V., Mitre, I., Jantschi, L., Balan, MC. The rate of pollen germination and the pollen viability at ten apple cultivars in the climatic conditions of Transylvania. *Bulletin UASVM Horticulture*. 2012, Vol. 69, No. 1. 467468. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.941.7444&rep=rep1&type=pdf>
22. Quinet, M., Jacquemart, AL. Cultivar placement affects pollination efficiency and fruit production in European pear (*Pyrus communis*) orchards. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 91. P. 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.015>
23. Raja, W. H., Nabi, S. U., Kumawat, K. L., Sharma, O. C., Singh, D. B. Importance of pollination for temperate fruit crop production. *Indian Farmer*. 2018. Vol. 5, No. 12. P. 1458–1463
24. Ramírez, F., Davenport, T.L. Apple pollination: A review. *Scientia Horticulturae*. 2013. 162. P. 188–203. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.007>
25. Roeder, S., Serra, S., Musacchi, S. Effective pollination period and parentage effect on pollen tube growth in apple. *Plants*. 2021. Vol. 10, No 8. 1618. <https://doi.org/10.3390/plants10081618>
26. Rojo, J., Salido, P., Pérez-Badia, R. Flower and pollen production in the 'Cornicabra' olive (*Olea europaea* L.) cultivar and the influence of environmental factors. *Trees*. 2015. Vol. 29, No. 4). P. 1235–1245. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1203-6>
27. Rosati, A., Caporali, S., Paoletti, A. Floral biology: implications for fruit characteristics and yield. *Olive germplasm—the olive cultivation, table olive and olive oil industry in Italy*. InTech Design Team, Rijeka. 2012. P. 71–80. <http://dx.doi.org/10.5772/51727>
28. Schwallier, P. G., Sabbatini, P., Bukovac, M. J. Observations on the relationship between crop load and return bloom in 'honeycrisp' apple. *HortScience*. 2006. Vol. 41, No 4. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.4.1010B>
29. Singh, A., Adhikary, T. Importance of Pollinators in Fruit Production: A Review. *International Journal of Economic Plants*. 2021. Vol. 8, No. 3. P. 156–161. <https://doi.org/10.23910/2/2021.0418e>
30. Way, R. Pollination and fruit set of fruit crops. *NEW YORK'S FOOD AND LIFE SCIENCES BULLETIN*. 1978. No 76. P. 1–9. URL: <https://hdl.handle.net/1813/5082>
31. Yavar, S., Ali, B. Pollen germination, tube growth and longevity in some cultivars of *Vitis vinifera* L. *African Journal of Microbiology Research*. 2011. Vol. 5, No 9. P. 1102–1107. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.168>
32. Zhang, C., Tateishi, N., Tanabe, K. Pollen density on the stigma affects endogenous gibberellin metabolism, seed and fruit set, and fruit quality in *Pyrus pyrifolia*. *Journal of experimental botany*. 2010. Vol. 61, No 15, P. 4291–4302. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq232>
33. Бондаренко, А. В. Процент осыпаемости завязи плодов под влиянием различных доз минеральных удобрений в интенсивных садах яблони в ОАО НПП «Сады Придонья». In *Материалы XIV региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области*. ВГСА. 2010. P. 10–11.
34. Бунцевич, Л. Л., Костюк, М. А., Беседина, Е. Н., Макаркина, М. В. Экология фотосинтеза и транспорт ассимилятов у яблони. *Плодоводство и виноградарство*

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

Юга России. 2013. (22). С. 24–36. URL: <http://journal.kubansad.ru/pdf/13/04/03.pdf>.

35. Гаврилюк, О., Кондратенко, Т., Мазур, Б. Товарна якість плодів яблуні колоноподібного типу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. №2(96). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovi/article/view/15968>

36. Гаврилюк, О., Бондаренко, Ю., Бойчук, Г., Петренко, Д. Формування продуктивності сортів яблуні за умов Київщини. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. №1(95). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovi/article/view/15913>

37. Гамбург, К. З., Кулаева, О. Н., Муромцев, Г. С., Прусакова, Л. Д., Чкаников, Д. И. Регуляторы роста растений. *Колос*. 1979. 203 р.

38. Голубинский, И. Н. Жизнеспособность пыльцы. Київ, *Наукова думка*. 1974. 367 с.

39. Гончарук, Ю. Д. Екологічна стійкість та продуктивність імунних до парші сортів яблуні : дис. ... канд. с.-г. наук. ІС НААН. 2013. 196 с.

40. Кисельов, Д. О., Гриник, І. В. Формування продуктивності яблуні сорту Флоріна на фоні фоліарного підживлення препаратом Терасорб Комплекс. *Агробіологія*. 2017. №2. С. 148–153.

41. Кондратенко Т.Є., Гаврилюк О.С. Цінність колоноподібних форм яблуні, як вихідного матеріалу для селекції. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво)*. Київ, НУБіП України. 2017. С. 38–40. URL: <http://confer.uisr.sops.gov.ua/selektc2017/paper/view/8275>

42. Кондратенко, Т. Е. Основы формирования промышленного сортимента яблони в Украине: Дис... доктора с.-х. наук. 2002. 326 с.

43. Кудрявец, Р. П. Продуктивность яблони. *Агропромиздат*. 1987. 302 с.

44. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений. Изд. 2-е, переработ. и доп. *Колос*. 1981. 256 с.

45. Ро, Л. М. Прорастаемость пыльцы различных плодовых деревьев в связи с ее фертильностью. *Труды Млеевской садовоогородной опытной станции*. Млеево. 1929. С. 112–119.

46. Седов, Е. Н., Огольцова, Т. П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. *ВНИИСПК*. 1999. 608 с.

47. Татаринцев, А. С., Заец, В. К., Кузьмин, А. Я. Селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур. *Колос*. 1981.

48. Татаринцев, Л. Н. Проверка прорастаемости пыльцы. Селекция и сортоизучения плодовых и ягодных культур. *Колос*. 1981. С. 96–102.

49. Усков, А. И. (1967). Органогенез яблони. *Колос*.

50. Худченко, Л. М. Життєздатність пилку кизилу (*Cornus mas* L.) у період вимушеного спокою. *Інтродукція рослин*. 2000. №1. С.178–180. http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2000_1_65

References

1. Broothaerts, W. (2003). New findings in apple S-genotype analysis resolve previous confusion and request the re-numbering of some S-alleles. *Theoretical and Applied Genetics*. 106, 703–714. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1120-0>

2. Buccheri, M., & di Vaio, C. (2005). Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10), 1735–1746. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026409>

3. Carisio, L., Díaz, S. S., Ponso, S., Manino, A., & Porporato, M. (2020). Effects of pollinizer density and apple tree position on pollination efficiency in cv. Gala. *Scientia Horticulturae*, 273, 109629. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109629>

4. Costes, E., & Gion, J. M. (2015). Genetics and genomics of tree architecture. *Advances in Botanical Research*, 74, 157–200. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2015.05.001>

5. Dapena, E., & Blázquez, M. (2009). Descripción de Las Variedades de Manzana de La DOP Sidra de Asturias. *Villaviciosa:SERIDA*, 24 p. URL: <https://ria.asturias.es/RIA/handle/123456789/387>

6. Delgado, A., Quinet, M., & Dapena, E. (2021). Analysis of the Variability of Floral and Pollen Traits in Apple Cultivars—Selecting Suitable Pollen Donors for Cider Apple Orchards. *Agronomy*, 11, 1717. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091717>
7. Fountain, M. T., Mateos-Fierro, Z., Shaw, B., Brain, P., & Delgado, A. (2019). Insect pollinators of conference pear (*Pyrus communis* L.) and their contribution to fruit quality. *Journal of Pollination Ecology*, 25, 103–114. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2019\)547](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2019)547)
8. Gaaliche, B., Majdoub, A., Trad, M., & Mars, M. (2013). Assessment of pollen viability, germination, and tube growth in eight tunisian caprifig (*Ficus carica* L.) cultivars. *International Scholarly Research Notices*. 2013. 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/207434>
9. Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissiere, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
10. Garratt, M., Coston, D., Truslove, C., Lappage, M., Polce, C., Dean, R., Biesmeijer, J., & Potts, S. (2014). The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation*, 169, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.001>
11. Gavryliuk O. S., Kondratenko T. Je., & Goncharuk Ju. D. (2019). Features of formation of productivity of columnar apple-tree. *Bulletin of Agricultural Science*, 97(6), 27–34. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04>
12. Hajjar, R., Jarvis, D.I., & Gemmill-Herren, B. (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4), 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.003>
13. Haokip, S. W., Shankar, K., & Lalringheta, J. (2020). Climate change and its impact on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(1), 435–438. URL: <https://www.phytojournal.com/archives?year=2020&vol=9&issue=1&ArticleId=10464>
14. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., Kutovenko, V., Mazurenko B., Voitsekhivska, O., & Dmytrenko, Y. (2022a). Morphophysiological peculiarities of productivity formation in columnar apple cultivars. *Agronomy research*, 20(1), 148–160. <https://doi.org/10.15159/ar.22.007>
15. Havryliuk, O., & Kondratenko, T. (2019). Specific of the Assimilation Surface of Columnar Apple-Tree. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, (3), 57–65. DOI: <http://dx.doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.057-065>
16. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., Tonkha, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., ... Dmytrenko, Y. (2022b). Efficiency of productivity potential realization of different-age sites of a trunk of grades of columnar type apple-trees. *Agronomy research*, 20(2), 241–260. <https://doi.org/10.15159/AR.22.031>
17. Irenaeus, T., & Mitra, S. K. (2014). Understanding the pollen and ovule characters and fruit set of fruit crops in relation to temperature and genotype—a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87, 157–167. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2014.087.023>
18. Javid, R., & Rather, G. (2019). Functional pollen ability of different crab apples used as pollinizers for apple. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 617–620. URL: <https://www.phytojournal.com/archives?year=2019&vol=8&issue=3&ArticleId=8158>
19. Matsumoto, S., Soejima, J., & Maejima, T. (2012). Influence of repeated pollination on seed number and fruit shape of 'Fuji' apples. *Scientia Horticulturae*, 137, 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.033>
20. Mehri, S., Piri, S., & Imani, A. (2015). Optimization of apple pollen culture and its maintenance of pollen germination capacity. *Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engg*, 2(2), 54–56. <http://dx.doi.org/10.15242/IJAAEE.ER1215011>
21. Petrisor, C., Mitre, V., Mitre, I., Jantschi, L., & Balan, MC. (2012). The rate of pollen germination and the pollen viability at

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

ten apple cultivars in the climatic conditions of Transylvania. *Bulletin UASVM Horticulture*, 69 (1), 467468. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.941.7444&rep=rep1&type=pdf>

22. Quinet, M., & Jacquemart, A.L. (2017). Cultivar placement affects pollination efficiency and fruit production in European pear (*Pyrus communis*) orchards. *European Journal of Agronomy*, 91, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.015>

23. Raja, W. H., Nabi, S. U., Kumawat, K. L., Sharma, O. C., & Singh, D. B. (2018). Importance of pollination for temperate fruit crop production. *Indian Farmer*, 5(12). 1458–1463

24. Ramírez, F., & Davenport, T. L. (2013). Apple pollination: A review. *Scientia Horticulturae*, 162, 188–203. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.007>

25. Roeder, S., Serra, S., & Musacchi, S. (2021). Effective pollination period and parentage effect on pollen tube growth in apple. *Plants*, 10(8), 1618. <https://doi.org/10.3390/plants10081618>

26. Rojo, J., Salido, P., & Pérez-Badia, R. (2015). Flower and pollen production in the ‘Cornicabra’ olive (*Olea europaea* L.) cultivar and the influence of environmental factors. *Trees*, 29(4), 1235–1245. <https://doi.org/10.1007/s00468-015-1203-6>

27. Rosati, A., Caporali, S., & Paoletti, A. (2012). Floral biology: implications for fruit characteristics and yield. *Olive germplasm—the olive cultivation, table olive and olive oil industry in Italy*. InTech Design Team, Rijeka, 71–80. <http://dx.doi.org/10.5772/51727>

28. Schwallier, P. G., Sabbatini, P., & Bukovac, M. J. (2006). Observations on the relationship between crop load and return bloom in ‘honeycrisp’ apple. *HortScience*, 41(4). <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.4.1010>

29. Singh, A., & Adhikary, T. (2021). Importance of Pollinators in Fruit Production: A Review. *International Journal of Economic Plants*, 8(3), 156–161. <https://doi.org/10.23910/2/2021.0418e>

30. Way, R. (1978). Pollination and fruit set of fruit crops. *NEW YORK'S FOOD AND*

LIFE SCIENCES BULLETIN, 76, 1–9. URL: <https://hdl.handle.net/1813/5082>

31. Yavar, S., & Ali, B. (2011). Pollen germination, tube growth and longevity in some cultivars of *Vitis vinifera* L. *African Journal of Microbiology Research*, 5(9), 1102–1107. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.168>

32. Zhang, C., Tateishi, N., & Tanabe, K. (2010). Pollen density on the stigma affects endogenous gibberellin metabolism, seed and fruit set, and fruit quality in *Pyrus pyrifolia*. *Journal of experimental botany*, 61(15), 4291–4302. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq232>

33. Bondarenko, A. V. (2010). Procent osypaemosti zavyazi plodov pod vliyaniem razlichnyh doz mineral'nyh udobrenij v intensivnyh sadah yabloni v OAO NPG «Sady Pridon'ya» [The percentage of fruit ovary shedding under the influence of different doses of mineral fertilizers in intensive apple orchards at OAO Sadi Prydonya Gardens]. In *Materials of the XIV regional conference of young researchers of the Volgograd region*. VGSHA, 10–11. (in Russian).

34. Bunceovich, L. L., Kostyuk, M. A., Besedina, E. N., & Makarkina, M. V. (2013). Ekologiya fotosinteza i transport assimilyatov u yabloni [Ecology of photosynthesis and transport of assimilates in apple trees]. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*, (22), 24–36. (in Russian). URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/13/04/03.pdf>

35. Havryliuk, O., Bondarenko, Y., Boichuk, H., & Petrenko, D. (2022). Formuvannya produktyvnosti sortiv yabluni za umov Kyivshchyny [Formation of productivity of apple varieties in Kyiv]. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 0(1(95)). (In Ukrainian). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovid/article/view/15913>

36. Havryliuk, O., Kondratenko, T., & Mazur, B. (2022). Tovarna yakist plodiv yabluni kolonopodibnoho typu [Commodity quality of apple fruits of columnar type]. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 0(2(96)). (In Ukrainian). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovid/article/view/15968>

37. Gamburg, K. Z., Kulaeva, O. N., Muromcev, G. S., Prusakova, L. D., &

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

CHkanikov, D. I. (1979). Regulatory rosta rastenij [Plant growth regulators]. *Ear*, 203 p. (in Russian).

38. Golubinskij, I. N. (1974). ZHiznesposobnost' pyl'cy [Pollen viability]. Kyiv, *Naukova dumka*, 367 p. (in Russian).

39. Honcharuk, Yu. D. (2013). Ekologichna stilkist ta produktyvnist imunnykh do parshi sortiv yabluni [Ecological stability and productivity of apple varieties immune to scab] diss. ... candidate s.-g. of science IS NAAS, 196 p. (In Ukrainian)

40. Kyselov, D. O., & Hrynyk, I. V. (2017). Formuvannia produktyvnosti yabluni sortu Florina na foni foliarnoho pidzhyvlennia preparatom Terasorb Kompleks [Formation of the productivity of the Florina apple tree on the background of foliar feeding with the drug Terasorb Kompleks]. *Agrobiology*, (2), 148–153. (In Ukrainian)

41. Kondratenko, T. Ye., & Havryliuk, O. S. (2017). Tsinnist kolonopodibnykh form yabluni, yak vykhidnoho materialu dlia selektsii [The value of columnar forms of apple trees as source material for selection]. *Materials of the international scientific and practical conference Breeding - heritage, modernity and future (education, science, production)*. Kyiv, NUBIP of Ukraine. 38–40. (In Ukrainian). URL: <http://confer.uiesr.sops.gov.ua/selektc2017/paper/view/8275>

42. Kondratenko, T. Ye. (2002). Osnovy formyrovanyia promyshlennoho sortymenta yablony v Ukrayne [Fundamentals of the formation of the industrial assortment of apple trees in Ukraine]. *Diss... of Dr. S.-kh. Sciences*, 326 p. (In Ukrainian)

43. Kudryavec, R. P. (1987). Produktivnost' yabluni [Apple productivity]. *Agropromizdat*, 302 p. (in Russian)

44. Pausheva, Z. P. (1981). Praktikum po citologii rastenij [Workshop on plant cytology]. *Ed. 2nd, revised. and additional Kolos*, 256 p. (in Russian)

45. Ro, L. M. (1929). Prorastaemost' pyl'cy razlichnykh plodovykh derev'ev v svyazi s ee fertil'nost'yu. [Pollen germination of various fruit trees in relation to its fertility]. *Proceedings of the Mleevskaya horticultural experimental station. Mleev*, 112–119. (in Russian)

46. Sedov, E. N., & Ogol'cova, T. P. (1999). Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology for the study of fruit, berry and nut crops]. *VNIISPK*, 608 p. (in Russian)

47. Tatarincev, A. S., Zaec, V. K., & Kuz'min, A. YA. (1981). Selekcija i sortovedenie plodovykh i yagodnykh kul'tur [Breeding and variety science of fruit and berry crops]. *Ear*. (in Russian)

48. Tatarincev, L. N. (1981). Proverka prorastaemosti pyl'cy. Selekcija i sortorazvedeniya plodovykh i yagodnykh kul'tur [Pollen germination test. Breeding and variety breeding of fruit and berry crops]. *Kolos*, 96–102. (in Russian)

49. Uskov, A. I. (1967). Organogenez yabluni [Apple tree organogenesis]. *Kolos*. (in Russian)

50. Khudchenko, L. M. (2000). Zhyttiezdatnist pylku kyzylyu (*Cornus mas L.*) u period vymushenoho spokoju [Viability of dogwood (*Cornus mas L.*) pollen during forced dormancy]. *Plant Introduction*, (1), 178–180. http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2000_1_65

POLLEN QUALITY AND SELECTION OF POLLINATORS OF CULTIVARS OF COLUMNAR TYPE APPLE

O. Havryliuk, T. Kondratenko, B. Mazur, D. Petrenko

Abstract. The apple tree (*Malus domestica* Borkh.) is a flowering tree whose productivity depends on successful cross-pollination. The efficiency of the pollination process significantly affects the quantity and quality of apple fruits. In addition to the basic requirements for fruit set and tree productivity, the presence of different pollen sources (different cultivars of the orchard) has a positive effect on fruit quality

Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М., Петренко Д. В.

parameters. It is possible to make a profit from an apple orchard several years after planting, so the choice of cultivar is very important, because the economic feasibility of growing plants depends on it. The purpose of this study was to determine the viability of pollen of columnar apple cultivars and the selection of pollinator cultivar. The research was carried out during 2019–2022 at the V. L. Symyrenko Department of Horticulture of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. According to the results of the research, it was established that in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine, the investigated columnar varieties form pollen of medium viability, pollen tubes reach a medium length, insufficient cross-fertility is observed, and the best pollinators for them are universal pollinators, ‘Golden Gem’ and ‘Professor Springer’ cultivars. In general, columnar fruit set is good from free pollination. Several conditions are necessary for satisfactory cross-pollination, namely: flowering of the pollinator cultivar must be simultaneous with the main cultivar; the pollinator cultivar must have pollen of high viability; the location of the pollinator cultivar should be near the fruit-bearing tree; the garden requires the presence of bees and other insects during flowering.

Keywords. *apple tree, Malus domestica Borkh, pollen, self-fertilization, cross-pollination, pollen quality, viability*