

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ БОТАНІЧНИЙ САД ІМЕНІ М.М. ГРИШКА

**КОНОПЕЛЬКО АЛЛА ВОЛОДИМИРІВНА**



УДК 582.734.3: 581.16: 581.145: 58.01/.02

**ОСОБЛИВОСТІ РЕПРОДУКТИВНОЇ БІОЛОГІЇ  
ДЕКОРАТИВНИХ *MALUS* MILL. В УМОВАХ  
ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

03.00.05 – ботаніка

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Київ – 2024

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у відділі декоративних і плодкових рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

**Науковий керівник:** кандидат сільськогосподарських наук, професор  
**Опалко Анатолій Іванович**  
Національний дендрологічний парк «Софіївка»  
НАН України, провідний науковий співробітник  
відділу декоративних і плодкових рослин

**Офіційні опоненти:** доктор біологічних наук, професор  
**Попович Сергій Юрійович**  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, професор кафедри  
ландшафтної архітектури та фітодизайну

кандидат біологічних наук, доцент  
**Парубок Маргарита Іванівна**  
Уманський національний університет садівництва,  
доцент кафедри біології

Захист відбудеться «17» травня 2024 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.215.01 у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України за адресою: 01014, м. Київ, вул. Садово-Ботанічна, 1.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України за адресою: 01014, м. Київ, вул. Садово-Ботанічна, 1.

Автореферат розісланий «16» квітня 2024 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат біологічних наук

Ю. М. Неграш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Науково обґрунтоване планування високодекоративних та стійких проти несприятливих чинників довкілля композицій зелених насаджень є передумовою забезпечення масової рекреації населення, підтримки фізичного та психічного здоров'я людей, поліпшення об'ємно-просторового вигляду населених місць та послаблення наслідків техногенного навантаження.

Основою для створення ландшафтних композицій є велике флористичне різноманіття декоративних деревних рослин, в якому представники роду *Malus* Mill. (*Rosaceae*) використовуються недостатньо, хоча поряд із загальновідомим продовольчим значенням багато з них цінні своїми декоративними характеристиками.

Рід *Malus* задекларований у Міжнародному договорі про рослинні генетичні ресурси для виробництва продовольства і ведення сільського господарства (Додаток 1), в якому наголошено на необхідності не лише збереження, але й дослідження, колекціонування, вивчення властивостей та ознак, оцінювання та документування рослинних генетичних ресурсів як джерел для поліпшення генетичного фону культурних рослин (International Treaty on Plant Genetic Resources..., 2001).

Необхідність дослідження репродуктивної біології представників роду *Malus* зумовлена перспективами використання їх як господарсько-цінних рослин та пов'язана із вдосконаленням та розробкою ефективних способів розмноження в аспекті проблеми збереження рослинного різноманіття, збагачення асортименту декоративних деревних рослин, інтродукційних та селекційних робіт.

В Україні дослідженням біологічних, екологічних особливостей, регенераційної здатності, декоративних властивостей та перспективності для зеленого будівництва дрібноплодих видів та сортів *Malus* займалися Л. М. Яременко (1964), О. А. Опалко (2004), В. М. Меженський (2015, 2017, 2019), І. В. Гончаровська (2019) та інші дослідники. Разом з тим враховуючи значне внутрішньородове різноманіття, тривалий онтогенетичний та філогенетичний розвиток, суперечності щодо систематичного положення деяких таксонів та ареалів окремих видів, сучасний стан дослідження певних аспектів репродуктивної біології багатьох декоративних рослин роду *Malus* є недостатнім.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано впродовж 2015–2022 рр. у відділі декоративних і плодових рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України в рамках науково-дослідних тем: «Теоретичні основи регенераційних процесів у представників моноєційних і гермафродитних деревних рослин *in vivo* та *in vitro*» (номер державної реєстрації 0112U002032), «Біологічні та технологічні особливості вирощування садивного матеріалу деревних рослин, придатних до поширення в Правобережному Лісостепу України» (номер

державної реєстрації 0115U002090), «Інтенсифікація технологій інтродукції та впровадження садивного матеріалу декоративних деревних рослин, перспективних для використання в урбанізованому середовищі Правобережного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0120U007725).

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи — з'ясувати особливості формування та розвитку генеративних органів, регенераційний потенціал та закономірності адвентивного коренеутворення декоративних *Malus*, удосконалити існуючі та розробити ефективні методи розмноження, оцінити перспективність їх використання у зеленому будівництві Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення цієї мети були поставлені такі **завдання**:

- проаналізувати різноманіття роду *Malus* у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України та збагатити колекційний фонд;
- з'ясувати особливості формування і розвитку генеративних органів та насінного розмноження;
- виявити зв'язки між репродуктивними характеристиками представників роду *Malus* та їх екологічними особливостями;
- з'ясувати залежність насінної продуктивності від метеорологічних показників;
- дослідити регенераційний потенціал рослин та особливості адвентивного коренеутворення при вегетативному розмноженні;
- з'ясувати особливості мікроклонального розмноження представників роду *Malus*;
- узагальнити відомості про корисні властивості та обґрунтувати перспективи використання у декоративному садівництві.

**Об'єкт дослідження** — види та сорти роду *Malus* з колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАНУ, що належать до різних філогенетичних груп (за В. Т. Лангенфельдом, 1991): sect. *Eriolobus* — *M. trilobata* (Labill. ex Poir.) C.K. Schneid.; sect. *Docyniopsis* — *M. tschonoskii* (Maxim.) C.K. Schneid.; sect. *Sorbomalus* — *M. fusca* (Raf.) Schneid., *M. floribunda* Siebold Ex Van Houtte, *M. toringoides* (Rehder) Hughes; sect. *Chloromeles* — *M. coronaria* (L.) Mill. 'Red Tip'; sect. *Gymnomeles* — *M. baccata* (L.) Borkh., *M. halliana* Koehne; sect. *Malus* — *M. niedzwetzkyana* Diek ex Koehne; Gr. cult. *Domesticae* — *M. ×purpurea* (E. Barbier) Rehder, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk'.

**Предмет дослідження** — особливості репродуктивної біології, способи розмноження та вирощування дрібноплодих видів та сортів роду *Malus*, перспективи використання у зеленому будівництві Правобережного Лісостепу України.

**Методи дослідження:** описові, порівняльні, експериментальні, лабораторні, польові, статистичні.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержано оригінальні дані щодо особливостей репродуктивної біології видів та сортів роду *Malus*, що належать до різних філогенетичних груп, зокрема в умовах Правобережного Лісостепу України вперше для *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca*, *M. coronaria* 'Red Tip' та *M. ×purpurea* 'Selkirk'. З'ясовано закономірності формування та розвитку генеративних органів, а також їхню узгодженість з умовами району дослідження. Проаналізовано метеорологічні показники, від яких залежала насінна продуктивність. Визначено статистичні взаємозв'язки між репродуктивними та екологічними характеристиками. Оптимізовано методи насінного розмноження. Визначено особливості вегетативного розмноження, запропоновано метод добору найбільш перспективних генотипів *Malus* для кореневласного розмноження. Розроблено елементи прописів розмноження *in vitro* для видів *M. trilobata* та *M. ×purpurea*. Оцінено декоративні властивості, успішність інтродукції та ступінь акліматизації досліджених видів і сортів *Malus* в умовах Правобережного Лісостепу України.

**Практичне значення одержаних результатів.** Удосконалено способи передпосівної підготовки насіння яблуні, що сприяли підвищенню його схожості. Для розмноження дрібноплодих видів запропоновано спосіб осінньої сівби насіння з оплоднем. Науково обґрунтовано оптимальні строки сівби з метою використання отриманих сіянців для вирощування підщеп та в селекції. Розроблено рекомендації щодо вегетативного розмноження, зокрема елементи протоколу мікроклонального розмноження. Окреслено перспективи та напрямки використання видів та сортів декоративної яблуні в культурі.

Збагачено колекційний фонд представників роду *Malus* Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України рослинами видів, що походять з Північної Америки (*M. fusca*), Передньої Азії (*M. orientalis*, *M. praecox*) та сортами ('Нора', *M. toringo* 'Brouwers Beauty', *M. toringo* 'Freja', 'Veitchs 'Scarlet', 'Evereste', 'Rinki', 'Rudolph', 'Mokum', 'Red Jade', 'Royal Beauty', *M. domestica* 'Red Love Lollipop'). Садивний матеріал рослин роду *Malus* переданий для озеленення різних об'єктів, що підтверджено актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є оригінальною та завершеною науковою працею. Постановку завдань та розробку програми досліджень виконано разом із науковим керівником. Автором самостійно реалізовано програму досліджень, опрацьовано вітчизняні та закордонні літературні джерела за темою дисертації, проаналізовано та узагальнено результати експериментальних досліджень, сформульовано висновки та рекомендації. Результати досліджень висвітлені в одноосібних наукових працях та у співавторстві, де права співавторів не порушені.

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові положення, результати практичних досліджень та висновки дисертаційної роботи апробовано на засіданнях відділу декоративних і плодових рослин, Вченої ради та міжвідомчого наукового семінару «Автохтонні та інтродуковані рослини» НДП «Софіївка» НАН України, а також на міжнародній науковій конференції

«Актуальні проблеми садово-паркового мистецтва» (Умань, 2015); міжнародній науковій конференції «Селекційно-генетична наука і освіта» (Умань, 2016); міжнародній науковій конференції молодих учених «Інновації в сучасній агрономії» (Вінниця, 2016); X міжнародній науковій конференції «Ландшафтна архітектура в ботанічних садах і дендропарках» (Кам'янець-Подільський, 2018); II міжнародній науковій конференції, присвяченій 210-річчю від дня народження Чарльза Дарвіна «Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні» (Умань, 2019); II міжнародній науковій конференції, присвяченій Міжнародному року здоров'я рослин «Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні» (Умань, 2020); міжнародній науковій конференції, присвяченій 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України «Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища» (Київ, 2020); X міжнародній науковій конференції «Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)» (Умань, 2021); міжнародній науковій конференції, присвяченій 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України «Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках» (Умань, 2021); XI міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 100-річному ювілею ДДАЕУ «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 2022); VI міжнародній науково-практичній конференції «Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин — від вивчення до освоєння (сільськогосподарські та біологічні науки)» (Крути, 2022); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі» (Умань, 2022); міжнародній науково-практичній конференції «Екологічний дизайн міського середовища: проблеми, здобутки та перспективи» (Київ, 2023); Міжнародній науково-практичній конференції «Тернопільські біологічні читання — Ternopil Bioscience — 2023» (Тернопіль, 2023); VI міжнародній науковій конференції «Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні» (Умань, 2023), 1st International Scientific and Practical Internet Conference “Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development” (Dnipro, 2023).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, з яких 6 — у фахових наукових виданнях, у тому числі 2 — у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах *Web of Science* та *Scopus*.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота представлена у вигляді рукопису та складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 238 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 38 таблиць та ілюстрована 47 рисунками. Список використаних джерел нараховує 321 публікацію, з яких 202 — латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ РОДУ *MALUS*

**Місце роду *Malus* у системі квіткових рослин, філогенез та фітогеографія.** Залишки плодів яблуні, знайдені при розкопках найдавніших поселень свідчать, що від часу знайомства людини з яблуною минуло близько 10–15 тисячоліть (Лангенфельд, 1991; Опалко та ін., 2012). Відтоді й розпочалась історія використання представників роду *Malus* для харчування, лікування, озеленення та інших потреб.

Достовірні писемні згадки щодо яблуні як плодової культури пов'язують з ім'ям Теофраста (IV ст. до н. е.) (Опалко та ін., 2012). Родову назву *Malus* вперше наведено у праці «Naturalis historia» Плінія Старшого (I ст. н. е.). У самостійний рід яблуні об'єднав за ознаками стиснутої основи та верхівки плодів Жозеф де Турнефор (XVIII ст.) та зробив його перший науковий опис. Далі Карл Лінней об'єднав яблуню у спільний рід із грушею і айвою під назвою *Pyrus* (Linnaei, 1735, 1753). Самостійність роду відновив Філіп Міллер та уточнив його видовий склад (Miller, 1741, 1754, 1768).

Сучасні філогенетичні системи (зокрема, APG IV) визначають рід *Malus* у підтрибі *Malinae* Rev., трибі *Maleae* Small, підродині *Amygdaloideae* Arn., родині *Rosaceae* (APG, 2016; Turland et al., 2018; Korban, 2019). Морфологічно поліморфний рід *Malus* нараховує за різними даними від 40 до 59 видів, що свідчить про неоднозначне трактування та загальну орієнтацію щодо ґрунтового перегляду статусу окремих назв (<https://npgsweb.ars-grin.gov/>; <https://wfoplantlist.org/>; <https://powo.science.kew.org/>).

Рід *Malus* виник у крейдяному періоді мезозойської ери на території Західної Гондвани — гігантського древнього гіпотетичного континенту, ще до трансгресії океану. Примітивні види роду *Malus* — релікти минулих епох — зосереджені в південних районах родового ареалу в Південно-Східній Азії та країнах Середземномор'я. Природний ареал видів роду *Malus* розташований у помірній зоні Голарктики та охоплює лісові масиви, здебільшого світлі рідколісся, гірські схили й ущелини (Лангенфельд, 1991). Найбільшим центром різноманітності роду *Malus* є Східна Азія, зокрема Китай (Zhang et al., 2005; Bramel & Volk, 2019).

**Морфологічна характеристика.** Представники роду *Malus* — переважно листопадні дерева середньої величини, рідше кущі з простими почерговими листками. Квітки білі, рожеві, кармінові, зібрані у щитко- чи зонтикоподібні суцвіття, гермафродитні (Лангенфельд, 1991; Калініченко, 2003; Pereira-Lorenzo et al., 2009). Типова квітка з подвійною 5-членною оцвітиною, має близько 20 тичинок у трьох колах і маточку з п'ятьма стовпчиками (Pratt, 1988; Janick et al., 1996). Гінецей яблуні — недосконало синкарпний, кожен плодолистик має два насінних зачатки, із кожного з яких теоретично може сформуватися насінина, хоча існують певні відмінності між таксонами (Aldasoro et al., 2005; Sheffield et al., 2005). Види та сорти роду *Malus* — ентомофільні рослини, здебільшого запилюються бджолами та джмелями (Janick et al., 1996; Reim et al., 2017).

Внаслідок обростання гінецею гіпантієм (квітковою трубкою), який у процесі росту набуває м'ясистості, онтогенетично із зав'язі формується псевдокарпічний плід — яблуко (Kaden, 1968; Левина, 1987; Aldasoro et al., 2005). Варіація розмірів, кількості плодів чи насіння у рослин роду *Malus* пояснюється насамперед різними умовами їхнього росту та способами поширення насіння: для представників секції *Malus* характерна теріохорія (розповсюдження ссавцями), для дрібноплодих яблунь секції *Gymnomeles* — орнітохорія (розповсюдження птахами).

**Репродуктивна біологія роду *Malus* та перспективні напрямки її дослідження.** Узагальнено інформацію щодо особливостей формування генеративних органів, запилення та запліднення, насінного та вегетативного розмноження, у тому числі *in vitro*.

## ПРИРОДНІ УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Природно-кліматичні умови району досліджень.** Стационарні дослідження виконували на території Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл.), яка згідно із ботаніко-географічним районуванням розташована у південній частині Правобережного Лісостепу України, згідно геоботанічного — у Центральному Правобережно-Придніпровському окрузі дубово-грабових, дубових лісів та лучних степів, за фізико-географічним районуванням — в Умансько-Маньківському районі Центрально-Придніпровської височинної області Подільсько-Придніпровського краю лісостепової зони України (Зеров, 1957; Руденко та ін., 2007а, 2007б).

Клімат району досліджень помірно-континентальний, порівняно теплий з нестійким вологозабезпеченням (Ліпінський та ін., 2003; Маринич & Шищенко, 2005). За роки досліджень середньорічна температура повітря була в межах від 9,2°C до 10,6°C. Середня температура повітря взимку була в межах від +0,08°C до -3,62°C, влітку — від +20,70°C до +21,26°C. Річна сума опадів змінювалася від 378 мм до 606 мм.

**Матеріали дослідження.** До дослідження було залучено види та сорти роду *Malus* із різних філогенетичних груп: *M. trilobata* (sect. *Eriolobus*), *M. tschonoskii* (sect. *Docyniopsis*), *M. fusca*, *M. floribunda*, *M. toringoides* (sect. *Sorbomalus*), *M. coronaria* 'Red Tip' (sect. *Chloromeles*), *M. baccata*, *M. halliana* (sect. *Gymnomeles*), *M. niedzwetzkyana* (sect. *Malus*), *M. ×purpurea* та її сорти 'Ola', 'Royalty', 'Selkirk' (gr. cult. *Domesticae*).

**Методика досліджень.** Фенологічні спостереження проводили згідно з рекомендаціями М. С. Александрової зі співавторами (1975). Рясність цвітіння та плодоношення оцінювали візуально за шкалою В. Г. Каппера (1930) у модифікації О. А. Калініченка (1970). Динаміку сезонного приросту пагонів визначали за О. О. Молчановим та В. В. Смірновим (1967).

Фертильність та життєздатність пилкових зерен визначали за методикою Т. В. Паршикової (2010). У лабораторних дослідженнях використовували



тринокулярний мікроскоп Levenhuk MED 25T, обладнаний цифровою камерою 5,1 Мп.

Для опису морфологічних ознак квіток, плодів та насіння використовували описовий метод зовнішніх морфологічних особливостей (Артюшенко & Федоров, 1986; Артюшенко, 1990; Зиман та ін., 2004, 2011).

Фактичну посухостійкість рослин визначали візуально за уніфікованою шкалою В. М. Меженського (2007). Інтенсивність посухи визначали за гідротермічним коефіцієнтом зволоження Г. Т. Селянинова (Ліпінський та ін., 2003). Потенційну посухостійкість досліджували лабораторно-польовим методом М. Д. Кушніренка зі співавторами (1975). Зимостійкість оцінювали за уніфікованою шкалою В. М. Меженського (2007), розраховували коефіцієнт зимостійкості за формулою, запропонованою І. С. Косенком (2002).

Посівні якості насіння визначали згідно із методами, описаними у Міждержавних стандартах: абсолютну масу або масу 1000 шт. насінин згідно ДСТУ 5036:2008; доброякісність насіння — ГОСТ 13056.8–97; ґрунтову схожість — ГОСТ 13056.6–97. При вивченні онтогенетичних станів сіянців використовували класичні підходи щодо періодизації онтогенезу рослин, описані у працях Л. Е. Gatsuk зі співавторами (1980), В. Г. Скляр (2013) та В. Дехтярьова (2014).

У дослідах із вегетативного розмноження керувалися рекомендаціями Б. С. Єрмакова (1981), З. Я. Іванової (1982), Ф. Я. Полікарпової (1990), О. В. Білик (1993), О. В. Колесніченко зі співавторами (2008) та Н. Т. Hartmann (2009).

Мікроклональне розмноження виконували згідно рекомендацій Г. П. Кушнір та В. В. Сарнацької (2005), Т. М. Черевченко зі співавторами (2008), Н. Chawla (2011) у лабораторії мікроклонального розмноження відділу декоративних і плодкових рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

Перспективність видів та сортів *Malus* визначали комплексно, враховуючи інтегральну числову оцінку життєздатності та перспективності інтродукції дерев і кущів П. І. Лапіна, С. В. Сідневої (1973) та акліматизаційне число М. А. Кохна (1994). Декоративність рослин оцінювали за шкалою О. Г. Хороших і О. В. Хороших (1999) із власними модифікаціями.

## **ФОРМУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОЇ СФЕРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ НАСІННОГО РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ *MALUS***

**Формування та розвиток генеративних органів.** Генеративні органи у представників роду *Malus* закладаються у рік, що передує цвітінню. Розгортання квіткових бруньок у досліджених видів та сортів яблуні спостерігали з другої декади березня до другої декади квітня, бутонізацію — переважно у третій декаді квітня. Початок цвітіння представників роду *Malus* припадав, залежно від видових чи сортових особливостей, на третю декаду квітня — третю декаду травня. При цьому сума ефективних температур

( $\text{СЕТ} > 5^{\circ}\text{C}$ ) на початок цвітіння становила в середньому від  $179,2^{\circ}\text{C}$  у рослин *M. fusca* до  $511,0^{\circ}\text{C}$  у *M. trilobata* (табл. 1).

Таблиця 1

Строки, суми ефективних температур та тривалість цвітіння рослин роду *Malus*

Вид / сорт	Строк початку цвітіння	Сума ефективних температур на початок цвітіння, $^{\circ}\text{C}$	Строк завершення цвітіння	Тривалість, діб
<i>Eriolobus</i>				
<i>M. trilobata</i>	31.05±11 діб	511,02±13,98	9.06±6 діб	10±2
<i>Docyniopsis</i>				
<i>M. tschonoskii</i>	5.05±10 діб	227,53±17,48	20.05±7 діб	14±2
<i>Sorbomalus</i>				
<i>M. floribunda</i>	28.04±11 діб	199,78±18,38	1.05±7 діб	15±3
<i>M. fusca</i>	29.04±8 діб	179,18±29,18	10.05±7 діб	13±2
<i>M. toringoides</i>	9.05±9 діб	262,90±21,90	21.05±8 діб	12±2
<i>Chloromeles</i>				
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	5.05±9 діб	242,08±17,38	16.05±7 діб	12±2
<i>Gymnomeles</i>				
<i>M. baccata</i>	24.04±11 діб	199,93±20,93	8.05±8 діб	12±3
<i>M. halliana</i>	28.04±10 діб	202,40±21,00	11.05±8 діб	14±4
<i>Malus</i>				
<i>M. niedzwetzkyana</i>	26.04±10 діб	174,48±17,48	9.05±8 діб	15±2
<i>Gr. cult. Domesticae</i>				
<i>M. ×purpurea</i>	26.04±9 діб	184,28±33,87	8.05±7 діб	15±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	27.04±9 діб	195,33±22,83	9.05±8 діб	12±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	30.04±10 діб	212,63±19,03	11.05±8 діб	12±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	28.04±9 діб	199,50±26,50	9.05±9 діб	13±3

За початком цвітіння з-поміж досліджених видів та сортів роду *Malus* нами виділені: ранньоквітучі (третя декада квітня) — *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk'; середньоквітучі (перша декада травня) — *M. coronaria* 'Red Tip', *M. toringoides*, *M. tschonoskii*; та пізньоквітучі (третя декада травня) — *M. trilobata*.

Найтриваліший період цвітіння (15 діб) був характерний для рослин *M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*.

**Карпологічні ознаки видів та сортів яблуні.** Плоди досліджених рослин роду *Malus* дозрівали за суми ефективних температур від  $1519,65^{\circ}\text{C}$  (*M. fusca*) до  $2548,90^{\circ}\text{C}$  (*M. floribunda*). За термінами (початком) дозрівання найбільш ранньоспілим (перша декада серпня) виявився вид *M. fusca*, середньоспілими (перша – друга декади вересня) — *M. halliana*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Selkirk', пізньоспілими (перша декада жовтня – перша декада листопада) — *M. coronaria* 'Red Tip', *M. tschonoskii*, *M. toringoides*, *M. trilobata*, *M. floribunda*. Тривалість дозрівання плодів, залежно від генотипу, була в межах від 80–90 діб

для *M. fusca* до 189–199 діб для *M. floribunda*. Після дозрівання плодів найдовшим періодом збереження на дереві відрізнялися *M. floribunda* та *M. baccata*, найкоротшим — *M. coronaria* ‘Red Tip’ та *M. fusca* (табл. 2).

Таблиця 2

Строки, тривалість дозрівання і збереження плодів на дереві представників роду *Malus*

Вид / сорт	Термін початку дозрівання	Початок дозрівання, СЕТ>5°C	Тривалість дозрівання /збереження плодів на дереві, діб
<i>Eriolobus</i>			
<i>M. trilobata</i>	третя декада жовтня	2529,65±40,35	109–118/30–60
<i>Dosyniopsis</i>			
<i>M. tschonoskii</i>	перша декада жовтня	2430,70±36,20	129–138/45–120
<i>Sorbomalus</i>			
<i>M. floribunda</i>	перша декада листопада	2548,90±42,10	189–199/120–170
<i>M. fusca</i>	перша декада серпня	1519,65±37,98	80–90/25–75
<i>M. toringoides</i>	друга декада жовтня	2494,40±41,90	134–145/45–120
<i>Chloromeles</i>			
<i>M. coronaria</i> ‘Red Tip’	перша декада жовтня	2446,55±43,15	122–135/20–40
<i>Gymnomeles</i>			
<i>M. baccata</i>	перша декада вересня	1985,93±40,93	112–126/120–240
<i>M. halliana</i>	перша декада вересня	1997,95±45,00	102–115/90–150
<i>Malus</i>			
<i>M. niedzwetzkyana</i>	друга декада вересня	2145,05±47,25	129–138/75–120
<i>Gr. cult. Domesticae</i>			
<i>M. ×purpurea</i>	перша декада вересня	1924,28±33,87	109–130/75–120
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	друга декада вересня	2190,65±50,05	132–143/60–90
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	друга декада вересня	2099,85±39,03	122–135/75–120
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	друга декада вересня	2207,05 + 41,50	135–146/60–105

Реальна насінна продуктивність представників роду *Malus* за роки досліджень, характеризувалася чергуванням періодів підйому (підвищена кількість сформованого насіння порівняно із попереднім та наступним роками дослідження) із періодами спаду (знижена кількість сформованого насіння в одному плоді порівняно із попереднім та наступним роками дослідження).

Кількість сформованого насіння залежала від метеорологічних умов у період формування та розвитку генеративних бруньок, під час фенофаз цвітіння та формування плодів і насіння, що позначалось на успішності розвитку чоловічого та жіночого гаметофіту, процесу запилення, проростання пилкових зерен та запліднення тощо (рис. 1). Підвищення температурних значень у липні у рік, що передував збору насіння призводило до зниження насінної продуктивності, так як і зниження температури у листопаді та грудні у рік, що передував збору насіння. Підвищена кількість опадів у жовтні у рік, що

передував збору насіння, та у квітні у рік збору насіння призводила до зниження кількості насінин у плодах видів роду *Malus*. Підвищення кількості опадів у червні у рік збору насіння сприяло порівняно вищим показникам насінної продуктивності. З-поміж внутрішніх чинників основним був генотип, яким і визначалась кількість насінних зачатків у гінецеї, а також якість мікро- і мегаспор.

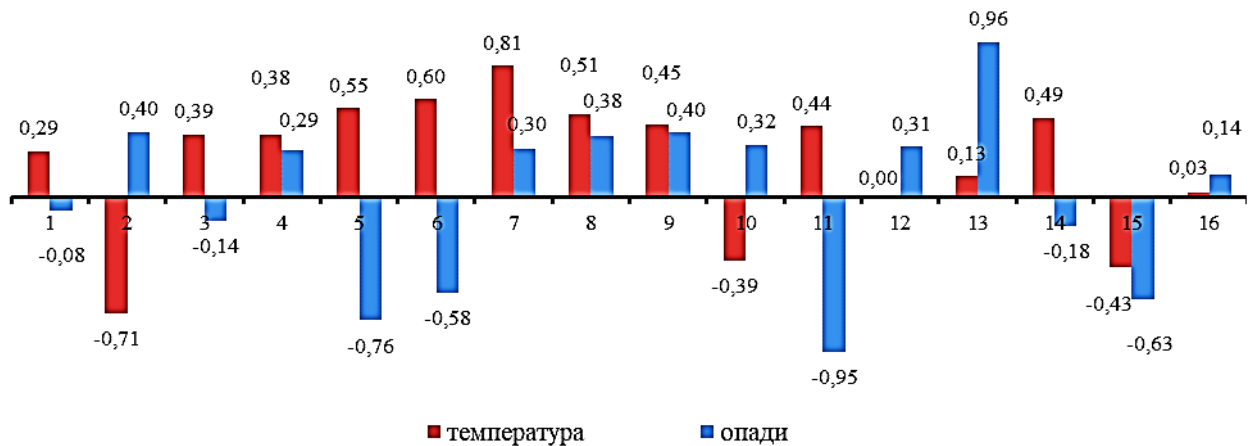


Рис. 1. Кореляція між насінною продуктивністю та метеорологічними показниками:

1 — червень року, що передував збору насіння (\*ПР), 2 — липень ПР, 3 — серпень ПР, 4 — вересень ПР, 5 — жовтень ПР, 6 — листопад ПР, 7 — грудень ПР, 8 — січень року збору насіння (\*РД), 9 — лютий РД, 10 — березень РД, 11 — квітень РД, 12 — травень РД, 13 — червень РД, 14 — липень РД, 15 — серпень РД, 16 — вересень РД.

**Якісні характеристики пилкових зерен.** Виявлено високу фертильність пилку представників роду *Malus* (від 79,84% до 98,50%). Життєздатність пилку, залежно від виду чи сорту, була в межах від 5,04% до 73,32%. Найвища життєздатність пилку була характерна для *M. tschonoskii*, *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ (понад 40,00%). Найменш життєздатний пилок був у видів *M. trilobata* (7,33%) та *M. niedzwetzkyana* (5,04%). Максимальну життєздатність пилкових зерен видів та сортів яблуні спостерігали на середовищах із концентрацією сахарози 10% — для *M. trilobata*, *M. fusca*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. baccata*, *M. ×purpurea* ‘Ola’; 15% — *M. tschonoskii*, *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ та 20% — *M. halliana*.

**Самоплідність та самофертильність.** З’ясовано здатність окремих видів та сортів яблуні до самоплідності та самофертильності. Частково самоплідними виявилися *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* та *M. ×purpurea* ‘Ola’, частково самофертильними — *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*, самотьплідними — *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ (рис. 2).

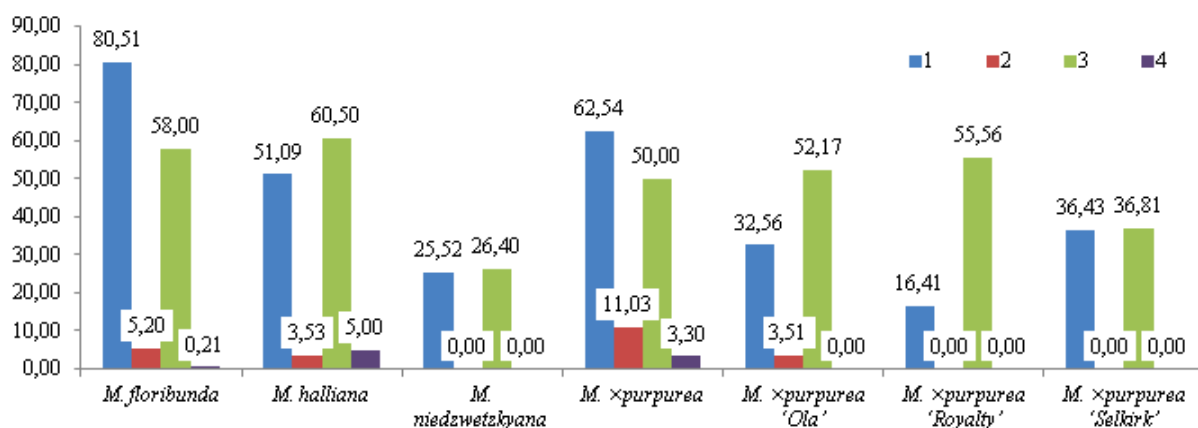


Рис. 2. Зав'язування плодів і насіння у рослин видів та сортів *Malus* залежно від типу запилення, %:

1 — зав'язування плодів за вільного запилення; 2 — зав'язування плодів за самозапилення; 3 — зав'язування насіння за вільного запилення; 4 — зав'язування насіння за самозапилення

У варіантах автогамії зменшувалася як середня маса плодів, так і кількість насінин у одному плоді. За автогамії зав'язувалися плоди за середньою масою менші, ніж в умовах алогамії, у *M. xpurpurea* — на 48,93%, *M. halliana* — на 29,13%, у *M. floribunda* — на 22,27%. Кількість насінин у одному плоді зменшилася на 93,40% у *M. xpurpurea*, на 91,07% у *M. halliana*, на 56,90% у *M. floribunda*.

Лімітувальними чинниками коефіцієнту плодоношення та насінної продуктивності для видів та сортів роду *Malus* були метеорологічні умови в період цвітіння, самонесумісність та недостатня кількість генетично сумісного пилку. Коефіцієнт плодоношення для *M. halliana* та *M. niedzwetzkyana*, за вирощування у солітерах, зменшувався у 2,89–3,35 рази, на противагу груповим насадженням.

**Репродуктивні характеристики залежно від їх екологічних особливостей.** Для з'ясування залежності репродуктивних характеристик досліджуваних генотипів від їх екологічних особливостей було розраховано парні коефіцієнти кореляції між показниками потенційної посухостійкості (вмістом води у листках, відносною тугоресцентністю, дефіцитом води у листках, водоутримною здатністю) та коефіцієнтом зимостійкості, обчисленим за формулою, запропонованою І. С. Косенком з одного боку та фертильністю і життєздатністю пилкових зерен, відсотками зав'язування плодів та насіння з іншого боку (табл. 3).

Репродуктивні характеристики видів та сортів яблуні, зокрема якісні характеристики пилкових зерен та відсотки зав'язування плодів і насіння, залежали від стійкості проти стресових чинників довкілля. Дефіцит води як елемент посухостійкості визначав рівень зав'язування плодів і насіння (сильний кореляційний зв'язок) і фертильність та життєздатність пилкових зерен (середній кореляційний зв'язок). Відносна тугоресцентність була пов'язана сильним кореляційним зв'язком із відсотком зав'язування плодів. Коефіцієнт зимостійкості визначав фертильність пилкових зерен (сильний кореляційний

зв'язок), життєздатність пилоквих зерен та відсоток зав'язування насіння (середній кореляційний зв'язок).

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції між репродуктивними характеристиками та екологічними особливостями

Репродуктивні характеристики	Потенційна посухостійкість				Коефіцієнт зимостійкості
	Вміст води в листках	Відносна тургоресцентність	Дефіцит води в листках	Втрата води (через 2 год)	
Фертильність пилоквих зерен	0,24	-0,13	-0,60*	0,03	<b>0,82*</b>
Життєздатність пилоквих зерен	0,20	0,16	-0,60*	0,07	0,51*
Відсоток зав'язування плодів	0,25	<b>0,73*</b>	<b>-0,76*</b>	-0,23	0,02
Відсоток зав'язування насіння	0,05	0,38*	<b>-0,74*</b>	-0,53*	0,53*

Примітка: \* кореляція достовірна при  $P < 0,05$

**Схожість насіння залежно від способів передпосівної підготовки та строків сівби.** Для насіння яблуні властивий ендогенний фізіологічний спокій, зумовлений зниженою активністю зародка, яка в поєднанні зі зниженням газообміну покривів створює фізіологічний механізм гальмування проростання насіння. Найвищу схожість та енергію проростання насіння *M. ×purpurea* забезпечувала стратифікація впродовж 21–31 доби, *M. baccata* — 26–31 доби, *M. floribunda* — 50–60 діб, *M. halliana* — 55–65 діб, *M. niedzwetzkyana* — 85–95 діб.

За роки досліджень найвищими середніми показниками схожості насіння за осінньої сівби відрізнялися види *M. niedzwetzkyana* (46,00%) та *M. baccata* (42,40%), дещо нижчими — *M. floribunda* (29,00%), *M. ×purpurea* (17,00%) та *M. halliana* (12,80%). Весняна сівба стратифікованим насінням сприяла вищій схожості у порівнянні з осінньою, залежно від виду, у середньому на 7,76%. Найкращих результатів досягнуто за стратифікації насіння низькими температурами в лабораторних умовах із поетапним його перенесенням в оптимальні умови росту, що сприяло підвищенню схожості в середньому на 44,16%, у порівнянні з осінньою сівбою (рис. 3).

Осіння сівба насіння дрібноплодих видів (*M. halliana* та *M. ×purpurea*) з оплоднем без ознак зміни його консистенції сприяла уникненню трудомісткості процесу вилучення насіння з плодів зі збереженням відсотка його схожості.

Застосування гіберелової кислоти у різних концентраціях для стратифікованого насіння *M. baccata* сприяло підвищенню схожості на 6,25% (за концентрації 0,005%), 11,76% (за концентрації 0,015%) та 31,82% (за концентрації 0,025%), порівняно з контролем.

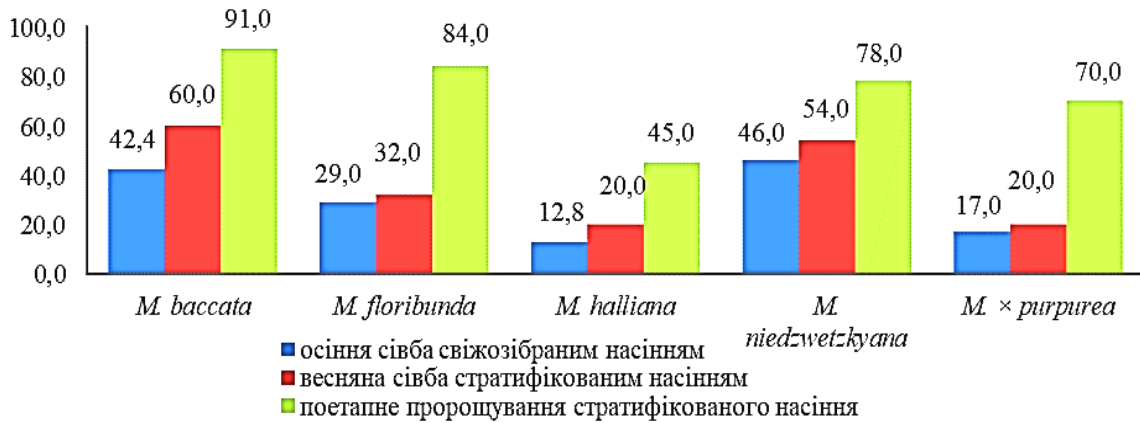


Рис. 3. Середня схожість насіння видів *Malus* залежно від строків сівби та передпосівної обробки, %

За використання розчину гіберелової кислоти перед стратифікацією відсоток схожості був менший порівняно з контролем та знижувався зі збільшенням концентрації. Обробка насіння біологічно активними речовинами без його стратифікації не дала позитивних результатів.

**Початкові етапи онтогенезу, ріст та розвиток сіянців.** Дослідження вікових станів прегенеративного періоду онтогенезу яблуні показали, що біометричні показники однорічних сіянців у кінці першого року вегетації залежали від строків сівби. Сіянці, отримані з насіння, посіяного восени перевищували сіянці, отримані від весняної сівби стратифікованим насінням, за висотою на 34,04%, за довжиною кореневої системи на 25,18%, за діаметром кореневої шийки на 22,89% та за кількістю листків на 28,35%.

## ВЕГЕТАТИВНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ВИДІВ І СОРТІВ РОДУ *MALUS*

**Особливості розмноження щепленням.** Дослідження розмноження видів та сортів яблуні окуліруванням показали, що найкращою за приживлюваністю була карликова підщепа М 9 (97,14%) та напівкарликова 54-118 (94,29%). На підщепі насінного походження приживлюваність була меншою на 14,29–17,14%. Найвищою трансплантаційною активністю відрізнялися прищепи *M. niedzwetzkyana* та *M. x purpurea* ‘Selkirk’ (100,00%), найнижчою — *M. floribunda* та *M. x purpurea* ‘Ola’ (80,00%).

**Особливості адвентивного коренеутворення.** Оптимальні терміни для живцювання видів та сортів *Malus* були обмежені досить коротким періодом та збігалися із фазою уповільнення або завершення першого періоду ростової активності пагонів. Найкращим терміном для заготівлі живців *M. halliana*, *M. x purpurea* ‘Ola’, *M. x purpurea* ‘Selkirk’ була третя декада червня, для *M. floribunda* — перша декада липня.

Найвищий відсоток укорінених живців *M. halliana* спостерігали за обробки препаратом із індоліл-масляною кислотою ( $\beta$ -ІМК) у концентрації 0,4%, що забезпечило вкорінення 20,00% живців. Найбільш ефективним стимулятором ризогенезу для сорту ‘Ola’ була  $\beta$ -ІМК в концентрації 0,6% — 33,33%

укорінених живців. Застосування Podkorzen AB aqua забезпечувало найвищі відсотки укорінення живців у сорту 'Selkirk' — 20,00%, та *M. floribunda* — 7,69%.

Стеблові живці, отримані з базальної частини пагону *M. ×purpurea* 'Ola' укорінювалися в 1,5 рази краще, ніж живці із медіальної та апікальної частин.

З метою з'ясування можливості прогнозування успішності укорінення стеблових живців представників роду *Malus* досліджували анатомічну будову однорічних напівздерев'янілих пагонів (рис. 4).

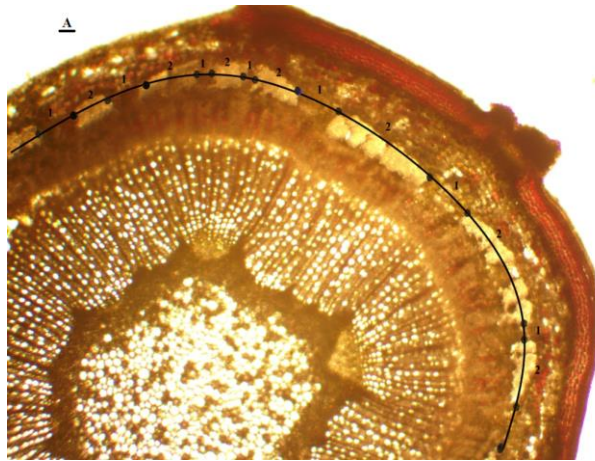


Рис. 4. Зріз медіальної частини однорічного пагона *M. ×purpurea* 'Ola':  
1 — клітини паренхіми, 2 — склеренхіма (A=200 мкм)

Найбільший відсоток скупчень паренхіматозних клітин у склеренхімному кільці, з яких можуть формуватися кореневі зачатки, був характерний для *M. niedzwetzkyana* (72,84%), живці якого не укорінилися під час наших досліджень, найменший — сорту 'Royalty' (31,67%), який не вдалося розмножити напівздерев'янілими пагонами та сорту 'Ola' (31,78%), успішність укорінення живців якого складала 33,33%. Виявлений кореляційний зв'язок середньої сили ( $r = -0,39$ ) між відсотком паренхіматозних клітин у склеренхімному кільці та укоріненням стеблових живців не дає змоги надійно спрогнозувати успішність укорінення, але свідчить про перспективність подальших досліджень кореневласної культури видів та сортів роду *Malus*.

Для з'ясування зв'язків адвентивного коренеутворення досліджуваних генотипів із особливостями сезонного росту пагонів розраховано парні коефіцієнти кореляції між відсотком укорінених живців, відсотком живців із неморфогенним калюсом, відсотком нежиттєздатних живців з одного боку та середнім приростом однорічних пагонів, середньою довжиною пагонів та тривалістю росту пагонів маточних рослин з іншого боку (табл. 4).

Виявлено сильний зворотний кореляційний зв'язок між відсотком укорінених живців та тривалістю росту пагонів досліджених генотипів ( $r = -0,88$ ) із встановленням кількісної залежності ( $y = -0,80x + 87,67$ ), за якою, залежно від генотипу, відсоток укорінення живців збільшується зі зменшенням тривалості росту пагонів маточних рослин.



Кореляція між показниками сезонного росту пагонів та укоріненням стеблових живців

Показники сезонного росту пагонів	Коефіцієнти кореляції		
	Ризогенез	Калюсогенез	Нежиттєздатні
Середній приріст	-0,27	-0,36*	0,38*
Середня довжина	-0,21	0,13	-0,01
Тривалість росту	<b>-0,88*</b>	-0,28	0,56*

Примітка: \* кореляція достовірна при  $P < 0,05$

### РОЗМНОЖЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *MALUS IN VITRO*

Досліджували можливості мікроклонального розмноження цінного за декоративністю виду *M. ×purpurea*, що використовується у селекції для виведення нових сортів, та раритетного виду *M. trilobata*, що значиться у базі даних Міжнародного Списку Охорони Природи (IUCN) з охоронною категорією «Майже під загрозою».

З'ясовано, що найкращий період для введення експлантів *in vitro* — фенофаза активного росту пагонів. Вихід стерильних експлантів за обробки 0,1% розчином дихлориду ртуті ( $HgCl_2$ ) впродовж 1,0 хв для *M. ×purpurea* становив 92,59%, *M. trilobata* — 93,92%, їх життєздатність для *M. ×purpurea* досягала 68,42%, *M. trilobata* — 73,50%.

Найефективнішим для розмноження *M. ×purpurea* (коефіцієнт розмноження — 5,0) та *M. trilobata* (коефіцієнт розмноження — 2,5) було модифіковане нами живильне середовище за прописом Мурасіге і Скуга із вмістом 1,0 мг/л 6-БАП та 0,5 мг/л  $\beta$ -ІОК. Найбільшу кількість укорінених експлантів *M. ×purpurea* (70,00%) спостерігали на модифікованому живильному середовищі  $\frac{1}{2}MS$  з додаванням 0,3 мг/л  $\beta$ -ІМК та *M. trilobata* (66,67%) — 0,7 мг/л  $\beta$ -ІМК.

### ОЦІНКА УСПІШНОСТІ ІНТРОДУКЦІЇ ТА ДЕКОРАТИВНОСТІ. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

**Декоративні властивості та використання у зеленому будівництві.** Види та сорти роду *Malus* декоративні насамперед у період цвітіння та плодоношення. Окремі з них вирізняються наявністю у листків та генеративних органів антоціанового забарвлення різної інтенсивності (*M. coronaria* 'Red Tip', *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* та її сорти), формою листків (*M. coronaria* 'Red Tip', *M. toringoides*, *M. trilobata*), габітусом (*M. tschonoskii*) та іншими ознаками (рис. 5). Види та сорти роду *Malus* мають широкий спектр використання в ландшафтних композиціях: як солітери; в складі груп, куртин, масивів, узлісь, моносадів; при формуванні алей та рядових посадок; у живоплотах та фігурних насадженнях.



Рис. 5. Декоративні ознаки видів та сортів роду *Malus*:  
 1 — *M. xpurpurea*, 2 — *M. floribunda*, 3 — *M. halliana*,  
 4 — *M. toringoides*, 5 — *M. trilobata*, 6 — *M. xpurpurea* 'Royalty'

До групи рослин із високою декоративністю (29–42 бали) належали: *M. halliana* (34 бали), *M. xpurpurea* (33 бали), її сорти 'Royalty', 'Selkirk' (31 бал), 'Ola', *M. floribunda*, *M. coronaria* 'Red Tip' (30 балів), *M. toringoides* і *M. baccata* (29 балів); з середньою декоративністю (15–28 балів) — *M. tschonoskii* (28 балів), *M. fusca* (27 балів), *M. trilobata* (25 балів).

**Оцінка успішності інтродукції умовах Правобережного Лісостепу України.** 3-поміж досліджених видів і сортів були цілком перспективні (91–100 балів): *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. toringoides*, *M. halliana* та *M. xpurpurea* та перспективні (76–90 балів): *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, сорти *M. xpurpurea*: 'Ola', 'Royalty', 'Selkirk' для інтродукції. Всі види і сорти характеризувалися повним ступенем акліматизації (акліматизаційне число 91–100).

**Інші галузі використання.** Найдавнішим напрямком використання представників роду *Malus* є задоволення харчових потреб, плоди придатні для

споживання у свіжому та переробленому вигляді, для виготовлення желе, джемів, алкогольних напоїв, оцту, приготування чаю (Arnal-Olivares et al., 2017; Tardío et al., 2021). Використовують як підщепи для декоративних та плодових яблунь, запилювачі у промислових садах, у фітомеліоративних насадженнях (Конопелько, 2016; Tardío et al., 2021). Деревина яблуні має відмінні механічні характеристики та придатна для виготовлення столярних виробів, невеликих інструментів, ложок, вилок, лопаток тощо (Arnal-Olivares et al., 2017). Довготривале використання представників роду *Malus* у народній та традиційній медицині підтверджене сучасними фітохімічними та фармакологічними дослідженнями. Плоди, листки та інші частини рослин яблуні є перспективною сировиною для створення лікарських засобів (Новосел, 2007; Wolfe et al., 2003; Liaudanskas et al., 2014; Lobo et al., 2018).

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено результати комплексних багаторічних досліджень репродуктивної біології рослин роду *Malus* в умовах Правобережного Лісостепу України. Теоретично обґрунтовано та експериментально з'ясовано особливості розвитку та формування генеративних структур залежно від метеорологічних умов та просторово-часової динаміки, виявлено взаємозв'язки між репродуктивними та екологічними характеристиками, запропоновано способи для вдосконалення насінного та вегетативного розмноження, визначено перспективність використання у декоративному садівництві.

1. За результатами фенологічних спостережень з'ясовано, що цвітіння видів і сортів роду *Malus* розпочиналося за суми ефективних температур від 179,18°C (*M. fusca*) до 511,02°C (*M. trilobata*). Період цвітіння тривав від 10 діб у *M. trilobata* до 15 діб у *M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana* та *M. ×purpurea*. Дозрівання плодів відбувалося за суми ефективних температур від 1519,65°C (*M. fusca*) до 2548,90°C (*M. floribunda*). Період дозрівання плодів тривав від 80–90 діб у *M. fusca* до 189–199 діб у *M. floribunda*, зберігання плодів на дереві після дозрівання — від 30 до 240 діб.

2. Виявлено, що фертильність пилку, залежно від видових та сортових особливостей досліджених рослин, становила від 79,84% у *M. niedzwetzkyana* до 98,50% у *M. coronaria* 'Red Tip', життєздатність — від 5,04% у *M. niedzwetzkyana* до 73,32% у *M. toringoides*.

3. Виділено частково самоплідні види та сорти — *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* та сорт 'Ola', частково самофертильні — *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*, та самобезплідні — *M. niedzwetzkyana*, сорти *M. ×purpurea* 'Royalty' та 'Selkirk'. З'ясовано, що в умовах самозапилення, порівняно з вільним запиленням, середня маса плодів була меншою на 22,27–48,93%, а кількість насінин в одному плоді — на 56,90–93,40%.

4. З'ясовано, що репродуктивні характеристики видів та сортів *Malus* залежали від їх екологічних особливостей. Фертильність пилкових зерен була пов'язана із коефіцієнтом зимостійкості сильним кореляційним зв'язком ( $r = 0,82$ ), а життєздатність пилкових зерен та відсоток зав'язування насіння — середнім кореляційним зв'язком ( $r = 0,51$  і  $r = 0,53$ ). Відсоток зав'язування плодів найбільше залежав від дефіциту води в листках ( $r = -0,76$ ) та відносної тургоресцентності ( $r = 0,73$ ), відсоток зав'язування насіння — від дефіциту води в листках ( $r = -0,74$ ).

5. Визначено, що найбільший вплив на кількість насінин в одному плоді мали середньомісячні температури липня у рік, що передував збору насіння (обернений сильний кореляційний зв'язок) та грудня у рік, що передував збору насіння (прямий сильний кореляційний зв'язок), а також сума опадів у жовтні у рік, що передував збору насіння (обернений сильний кореляційний зв'язок), у квітні у рік збору насіння (обернений кореляційний зв'язок) та у червні у рік збору насіння (прямий сильний кореляційний зв'язок).

6. З'ясовано, що використання стратифікованого насіння за поетапного перенесення пророслого насіння у контейнери з середовища стратифікації забезпечувало вищу схожість, порівняно з весняною сівбою, на 24,00–52,00%, із осінньою сівбою — на 32,00–55,00%. Обробка 0,025% розчином гіберелової кислоти стратифікованого насіння (*M. baccata*) сприяла підвищенню схожості на 31,82%. Для дрібноплодих видів (*M. halliana* та *M. × purpurea*) була ефективною осіння сівба насінням з оплоднем без ознак зміни його консистенції.

7. Виявлено, що сіянці, отримані з насіння, висіяного восени перевищували за біометричними показниками сіянці, отримані після весняної сівби стратифікованим насінням: на 34,04% за висотою, на 25,18% за довжиною кореневої системи, на 22,89% за діаметром кореневої шийки та на 28,35% за кількістю листків.

8. Середня приживлюваність за щеплення брунькою на підщепі М 9 для видів та сортів *Malus* становила 97,14%, на 54-118 — 94,29%, на підщепі насінного походження — 80,00%. Найвища приживлюваність на вегетативно розмножуваних клонових підщепах та підщепі насінного походження була характерна для *M. niedzwetzkyana* та *M. × purpurea* 'Selkirk', найнижча — *M. floribunda* та *M. × purpurea* 'Ola'.

9. З'ясовано, що найвищий відсоток укорінених живців був отриманий із напівздерев'янілих стеблових живців, заготовлених у третій декаді червня (*M. halliana* — 20,00%, *M. × purpurea* 'Ola' — 33,33%, *M. × purpurea* 'Selkirk' — 20,00%) та першій декаді липня (*M. floribunda* — 7,69%). Живці *M. halliana* найкраще укорінювалися за обробки 0,4% препаратом  $\beta$ -ІМК, *M. × purpurea* 'Ola' — 0,6%  $\beta$ -ІМК, *M. × purpurea* 'Selkirk' та *M. floribunda* — Podkorzen АВ aqua. Сильний обернений кореляційний зв'язок виявлено між відсотком укорінених живців та тривалістю росту пагонів маточних рослин ( $r = -0,88$ ).

10. Розроблено елементи протоколу мікроклонального розмноження *M. × purpurea* та *M. trilobata*. Найвищі коефіцієнти розмноження (для

*M. ×purpurea* — 5,0, для *M. trilobata* — 2,5) було отримано на живильному середовищі за прописом Мурасіге і Скуга з вмістом 1,0 мг/л 6-БАП та 0,5 мг/л β-ІОК. Додавання до живильного середовища ½ МС та 0,3 мг/л β-ІМК сприяло укоріненню 70,00% мікропагонів *M. ×purpurea*, 0,7 мг/л β-ІМК — 66,67% мікропагонів *M. trilobata*.

11. Визначено, що найвищими показниками декоративності вирізнялися рослини *M. halliana*, які отримали 34 бали, *M. ×purpurea* — 33 бали, її сорти ‘Royalty’, ‘Selkirk’ — 31 бал, ‘Ola’, *M. floribunda*, *M. coronaria* ‘Red Tip’ — 30 балів, *M. toringoides* і *M. baccata* — 29 балів (максимум 42 бали).

12. Усі досліджені види та сорти роду *Malus* характеризувалися повним ступенем акліматизації. Цілком перспективними для інтродукції виявилися *M. baccata*, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. toringoides*, *M. halliana* та *M. ×purpurea*.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. За насінного розмноження дрібноплодих видів (*M. halliana* та *M. ×purpurea*) для уникнення трудомісткого процесу вилучення насіння із плодів зі збереженням відсотка схожості використовувати спосіб осінньої сівби насінням з оплоднем без зміни його консистенції. Для підвищення схожості насіння *M. baccata* застосовувати біологічно активні речовини, зокрема гіберелову кислоту, лише після його стратифікації. При роботі з селекційним матеріалом застосовувати поетапну сівбу стратифікованим насінням, а для отримання підщеп — осінню сівбу свіжозібраним насінням.

2. Живцювання проводити напівздерев’янілими живцями у третій декаді червня – першій декаді липня, у фазу уповільнення або завершення першого періоду ростової активності пагонів, із індивідуальним підбором стимулюючих речовин для кожного генотипу.

3. При проектуванні ландшафтних композицій, за участі видів і сортів роду *Malus*, враховувати особливості репродуктивної біології яблуні, зокрема рівні алогамії та гаметофітної самонесумісності. У садово-парковому будівництві використовувати кращі за декоративними ознаками *M. halliana*, *M. ×purpurea* та її сорти (‘Royalty’, ‘Selkirk’, ‘Ola’), *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. toringoides* та *M. baccata*.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus, Web of Science:*

1. Opalko O., Kucher N., Andrienko O., Nebykov M., Serzhyk O., **Konopelko A.**, Opalko A. (2020). The pome fruit (*Malinae* Rev.) collections of the National dendrological park “Sofiyivka” of NAS of Ukraine. *International Conferences “Plant Diversity: Status, Trends, Conservation Concept” 2020. BIO Web of Conferences*, (24), 00065 (1–5 p.). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400065>

2. Konopelko, A. V., Opalko, O. A., Balabak, O. A., Opalko, A. I. (2023). Peculiarities of the ornamental crabapples (*Malus* spp.) reproductive organs development depending on drought resistance. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(2). P. 295–305. <https://doi.org/10.15421/022344>

**Статті в наукових фахових виданнях:**

3. Опалко, А. І., Конопелько, А. В., Опалко, О. А. (2016). Мобілізація генетичних ресурсів *Malus* spp. для селекційно-генетичного вдосконалення декоративних сортів яблуні. *Фактори експериментальної еволюції організмів*, (18). С. 127–131.

4. Конопелько, А. В. (2020). Особливості репродуктивної біології представників роду *Malus* Mill. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, (16). С. 96–112. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.16.2020.219823>

5. Konopelko, A. (2021). The prognostication of the rooting ability of apple stem cuttings by indices of seasonal growth of shoots. *Plant Introduction*, (89/90). P. 101–109. <https://doi.org/10.46341/PI2021004>

6. Опалко, О. А., Конопелько, А. В., Опалко, А. І. (2023). Особливості репродуктивного розвитку рідкісних видів роду *Malus* Mill. в умовах Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. *Вісник біосферного заповідника «Асканія-Нова»*, (25). С. 137–145. <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2023-25/16>

**Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

7. Конопелько, А. В. (2015). Представники роду *Malus* Mill. у ландшафтному дизайні: Україна і світ. *Актуальні проблеми садово-паркового мистецтва*: матеріали міжнародної наукової конференції (27–28 травня 2015 року). Умань: ВПЦ «Візаві». С. 95–99.

8. Конопелько, А. В. (2016). Використання генетичного потенціалу роду *Malus* Mill. (яблуня) для декоративного садівництва. *Селекційно-генетична наука і освіта*: матеріали міжнародної наукової конференції (16–18 березня 2016 року). Умань: Сочінський. С. 144–148.

9. Конопелько, А. В., Опалко, А. І. (2016). Перспективи впровадження у декоративне садівництво представників роду *Malus* Mill. *Інновації в сучасній агрономії*: матеріали міжнародної наукової конференції молодих учених (26–27 травня 2016 року). Вінниця. С. 60–63.

10. Конопелько, А. В. (2018). Якість пилку представників роду *Malus* Mill. як показник репродуктивних особливостей та адаптивності рослин. *Ландшафтна архітектура в ботанічних садах і дендропарках*: матеріали Х міжнародної наукової конференції (12–15 червня 2018 року). Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В.. С. 176–181.

11. Конопелько, А. В. (2019). Використання представників роду *Malus* Mill. у традиційній і народній медицині. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали II міжнародної наукової конференції, присвяченої 210-річчю від дня народження Чарльза Дарвіна (3–6 липня 2019

року) / [Редкол.: І. С. Косенко (відп. Ред.) та ін.]. Умань: Сочінський. С. 113–124.

12. Конопелько, А. В. (2020). Етноботанічна класифікація та напрямки використання представників роду *Malus* Mill.. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали II міжнародної наукової конференції, присвяченої Міжнародному року здоров'я рослин (6–9 липня 2020 року) / [Редкол.: І. С. Косенко (відп. Ред.) та ін.]. Умань: Сочінський. С. 152–164.

13. Конопелько, А. В., Небиков, М. В., Колдар, Л. А. (2020). Стерилізація експлантів *Malus* spp. при введенні *in vitro*. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища*: матеріали міжнар. Наук. Конф., присв. 85-річчю від дня заснув. Нац. Бот. Саду імені М. М. Гришка НАН України. Київ: Ліра-К. С. 340–344.

14. Конопелько, А. В. (2021). Самоплідність та самофертильність декоративної яблуні (*Malus* Mill.). *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали X міжнародної наукової конференції (Умань, 19 березня 2021 р.) / [Редкол.: О. О. Непочатенко]. Умань: УНУС. С. 103–107.

15. Конопелько, А. В. (2021). Морфологічна характеристика плодів та насіння представників роду *Malus* Mill.. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, (1): матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (28–30 вересня 2021 р.) «Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках». С. 148–155. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.1.2021.247567>

16. Конопелько, А. В. (2022). Репродуктивний успіх представників роду *Malus* у просторово-часовій динаміці. *Рослини та урбанізація*: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річному ювілею ДДАЕУ (м. Дніпро, 3 березня 2022 р.). Дніпро. С. 15–18.

17. Конопелько, А. В. (2022). Живцювання представників роду *Malus* у зв'язку з анатомічною будовою живців. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин — від вивчення до освоєння (сільськогосподарські та біологічні науки)*: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах — 2022» (с. Крути, Чернігівська обл., 3 березня 2022 р.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т., Обухів: ФОП Гуляєва В. М., Т. 2. С. 200–206.

18. Конопелько, А. В. (2022). Зимостійкість та реалізація репродуктивного потенціалу яблуні (*Malus* Mill.). *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі*: матеріали VII всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Умань, 4 листопада 2022 року) / [Редкол.: О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін.]. Умань: Сочінський. С. 69–71.

19. Конопелько, А. В. (2023). Оцінювання перспективності *Malus* spp. для озеленення. *Екологічний дизайн міського середовища: проблеми, здобутки та перспективи*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 23 березня 2023 року). Київ. С. 33.

20. Конопелько, А. В. (2023). Ґрунтова схожість насіння яблуні (*Malus Mill.*) залежно від термінів та способів сівби. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience — 2023*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка к.б.н., доц. Валентини Омелянівни Шиманської (м. Тернопіль, 11–13 травня 2023 року). Тернопіль: Вектор. С. 51–54.

21. Конопелько, А. В. (2023). Збереження та охорона біорізноманіття роду *Malus Mill.* *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні*: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, присвяченої Року Незламності України (м. Умань, 5–8 липня 2023 року). Умань. С. 146–155.

22. Конопелько, А. В. (2023). Схожість насіння *Malus baccata (L.) Borkh.* залежно від способів передпосівної обробки. *Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Internet Conference (Dnipro, December 28-29, 2023)*. Dnipro: FOP Marenichenko V.V., Ukraine. P. 86–88.

## АНОТАЦІЯ

**Конопелько А. В. Особливості репродуктивної біології декоративних *Malus Mill.* в умовах Правобережного Лісостепу України.** — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.05 – ботаніка. Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, Київ, 2024.

У дисертаційній роботі висвітлено результати комплексних експериментальних досліджень репродуктивної біології рослин роду *Malus (Rosaceae)*, які належать до різних філогенетичних груп, в умовах Правобережного Лісостепу України на основі колекції, створеної у НДП «Софіївка» НАН України (м. Умань, Черкаська обл.). Проаналізовано закордонні та вітчизняні літературні джерела щодо систематичного положення, ареалів, сучасного внутрішньо-родового різноманіття роду *Malus*, морфології та репродуктивної біології.

З'ясовано ритми сезонного розвитку генеративних та вегетативних органів та їхню узгодженість з умовами району дослідження. Визначено якісні характеристики пилкових зерен, успішність зав'язування плодів та насінну продуктивність за різних умов запилення. Охарактеризовано посухостійкість та зимостійкість рослин, визначено взаємозалежність між репродуктивними та екологічними характеристиками. Опрацьовано способи насінного, вегетативного та мікроклонального розмноження. Оптимізовано методи насінного розмноження, запропоновано способи та визначено біологічно активні речовини, використання яких сприяє підвищенню схожості насіння. Обґрунтовано оптимальні строки сівби для отримання садивного матеріалу для використання в зеленому будівництві та для потреб селекції. Досліджено особливості адвентивного коренеутворення за вегетативного розмноження та запропоновано спосіб прогнозування успішності укорінення стеблових живців



*Malus*. Проведено оцінку успішності інтродукції та декоративності видів і сортів, окреслено перспективи використання у зеленому будівництві.

**Ключові слова:** яблуня, цвітіння, запилення, плодоношення, репродуктивна здатність, посухостійкість, зимостійкість, декоративність, озеленення.

## SUMMARY

**Konopelko A.V. Features of reproductive biology of the ornamental *Malus* Mill. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. — Qualification scientific work on the rights of a manuscript.**

Thesis for Doctor of Philosophy (PhD) degree in Biology in speciality 03.00.05 – Botany. M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2024.

The thesis presents the results of comprehensive experimental studies of the reproductive biology of plants of the genus *Malus* (*Rosaceae*) belonging to different phylogenetic groups, in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, based on the collection created in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the NAS of Ukraine (Uman, Cherkasy region). Foreign and domestic literature sources on the systematic position, habitats, modern intrageneric diversity of the genus *Malus*, morphology, and reproductive biology were analyzed.

The seasonal rhythms of generative and vegetative organs' development and their consistency with the conditions of the study area have been clarified. The qualitative characteristics of pollen grains, the fruit, and seed set percentage under different pollination conditions were determined. Plants' resistance to drought and winter tolerance were characterized, and correlations between reproductive and ecological indicators were determined. Methods of seed reproduction, and vegetative propagation, and micropropagation have been improved. The methods of seed reproduction and bioactive substances which contribute to the increase of seed germination were proposed. The optimal sowing dates for obtaining planting material for use in horticulture and breeding were substantiated. Peculiarities of adventitious root formation during vegetative reproduction were investigated, and a method of prognostication of the rooting ability of apple stem cuttings was proposed. The success of the introduction and decorative values of species and cultivars were carried out, and the prospects for use in landscape gardening were outlined.

**Key words:** apple tree, flowering, pollination, fruiting, reproductive capacity, drought resistance, winter resistance, decorativeness, landscaping.