

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ДЕНДРОЛОГІЧНИЙ ПАРК «СОФІЇВКА»  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ БОТАНІЧНИЙ САД імені М.М. ГРИШКА

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**КОНОПЕЛЬКО АЛЛА ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 582.734.3: 581.16: 581.145: 58.01/.02

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

03.00.05 – ботаніка  
біологічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



А. В. Конопелько

Науковий керівник:

**Опалко Анатолій Іванович**, кандидат сільськогосподарських наук, професор

Київ – 2024

## 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 дендрологічний парк «Софіївка» НАН України. — Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, Київ, 2024.

Дисертацію присвячено комплексному дослідженню репродуктивної біології рослин роду *Malus* із колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України, які належать до різних філогенетичних груп, зокрема вперше для *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca*, *M. coronaria* (L.) Mill. ‘Red Tip’ та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’, в умовах Правобережного Лісостепу України. У роботі відображено результати скринінгу літературних джерел щодо систематичного положення, ареалів, сучасного внутрішньовидового різноманіття роду *Malus*, морфології та репродуктивної біології.

Досліджено формування та розвиток генеративних органів видів та сортів *Malus*. Вступ у генеративну фазу рослин насінної репродукції фіксували на 4–7 рік після сівби, а за вегетативного розмноження поодинокі суцвіття та плоди спостерігали навіть у рослин другого року розвитку. Досліджені види та сорти *Malus* поділено на групи за початком цвітіння та за початком дозрівання плодів: ранньоквітучі (третья 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 (третья декада травня) — *M. trilobata*; ранньоспілі (перша декада серпня) — *M. fusca*; середньоспілі (перша-друга декади вересня) — *M. halliana*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’; та пізньоспілі (перша декада жовтня – перша декада

листопада) — *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. tschonoskii*, *M. toringoides*, *M. trilobata*, *M. floribunda*.

Цвітіння представників роду *Malus* розпочиналось, залежно від видових чи сортових особливостей, у третій декаді квітня – третій декаді травня, початок дозрівання плодів — у першій декаді серпня – першій декаді листопада. Сума ефективних температур на початок цвітіння була в межах від 179,18°C для *M. fusca* до 511,02°C для *M. trilobata*, дозрівання плодів — від 1519,65°C для *M. fusca* до 2548,90°C для *M. floribunda*. Період цвітіння, залежно від генотипу, тривав від 10 (*M. trilobata*) до 15 діб (*M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*), дозрівання плодів — від 80–90 (*M. fusca*) до 189–199 діб (*M. floribunda*), та збереження їх на дереві після дозрівання — від 30 до 240 діб.

Визначено якісні характеристики пилкових зерен, з’ясовано успішність зав’язування плодів та насінну продуктивність за різних умов запилення. Фертильність пилку була в межах 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*. Найбільша кількість насінин у плоді була характерна для *M. toringoides* (6,64 шт.), найменша — *M. tschonoskii* (0,25 шт.), у плодах *M. trilobata* за 2019–2022 рр. не виявлено сформованого насіння. За самозапилення плоди зав’язувалися у рослин *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* та сорту ‘Ola’, виповнене насіння сформувалося у плодах *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*. Натомість у рослин *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ плоди не зав’язувалися і насіння відповідно не формувалося. З’ясовано, що в умовах самозапилення середня маса плодів у рослин роду *Malus* зменшувалася на 22,27–48,93%, а кількість насінин в одному плоді — на 56,90–93,40%.

Досліджено екологічні характеристики представників роду *Malus*. Згідно візуальної оцінки зимостійкості види та сорти зарекомендували себе як виключно зимостійкі рослини. Посухостійкість оцінювали за фізіологічними показниками. Вміст води в листках у представників роду *Malus* коливався від 59,95% (*M. floribunda*) до 67,18% (*M. ×purpurea*), відносна тургоресцентність — від

81,72% (*M. ×purpurea* ‘Ola’) до 98,86% (*M. halliana*), дефіцит води в лисках — від 6,84% (*M. halliana*) до 24,37% (*M. niedzwetzkyana*). Найменшу кількість води за 24 години втрачали листки *M. halliana* (50,22%), а найбільшу — *M. ×purpurea* ‘Ola’ (77,36%).

Визначено статистичні взаємозв'язки між показниками посухостійкості й зимостійкості та репродуктивними характеристиками видів і сортів *Malus*. Прямий сильний кореляційний зв'язок було виявлено між коефіцієнтом зимостійкості та фертильністю пилкових зерен ( $r = 0,82$ ), між відсотком зав'язування плодів і відносною тургоресцентністю ( $r = 0,73$ ); зворотний сильний — між відсотком зав'язування плодів і насіння та дефіцитом води в листках ( $r = -0,76$  і  $r = -0,74$ ). Прямий середній кореляційний зв'язок був між життєздатністю пилкових зерен і відсотком зав'язування насіння та коефіцієнтом зимостійкості ( $r = 0,51$  і  $r = 0,53$ ); зворотний середній — між якісними характеристиками пилкових зерен та дефіцитом води у листках ( $r = -0,60$  і  $r = -0,60$ ).

Визначено, що найбільший вплив на кількість насінин в одному плоді мали середньомісячні температури повітря у липні ( $r = -0,71$ ) та грудні ( $r = 0,81$ ) у рік, що передував збору насіння; сума опадів у жовтні ( $r = -0,76$ ) у рік, що передував збору насіння, у квітні ( $r = -0,95$ ) та червні ( $r = 0,96$ ) у рік збору насіння. При цьому найбільше від температурних показників залежала насінна продуктивність *M. halliana*, найменше — *M. ×purpurea*, від опадів найбільше — *M. baccata*, найменше — *M. halliana*.

Оптимізовано методи насінного розмноження, визначено способи, біологічно активні речовини та їх концентрації для підвищення схожості 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. Найвищими 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%). Порівняно з осінньою сівбою, весняна сівба стратифікованим насінням сприяла підвищенню

його схожості в середньому на 7,76%, а поетапне перенесення пророслого насіння у контейнери з середовища стратифікації — на 44,16%. Ефективним способом підвищення схожості стратифікованого насіння *M. baccata* на 31,82% була його обробка 0,025% розчином гіберелової кислоти. Осіння сівба насіння дрібноплодих видів (*M. halliana* та *M. ×purpurea*) із оплоднем без ознак зміни його консистенції сприяла уникненню трудомісткості процесу вилучення насіння із плодів зі збереженням відсотка його схожості. За біометричними показниками сіянці, отримані із насіння посіяного восени перевищували сіянці, отримані після весняної сівби стратифікованим насінням.

Середня приживлюваність за окулірування на підщепі М 9 для видів та сортів *Malus* становила 97,14%, 54-118 — 94,29%, підщепі насінного походження — 80,00%. Найвища приживлюваність на вегетативно розмножуваних клонових підщепах та підщепі насінного походження була характерна для *M. niedzwetzkyana* та сорту ‘Selkirk’ (100,00%), найнижча — *M. floribunda* та *M. ×purpurea* ‘Ola’ (80,00%).

Досліджено особливості адвентивного коренеутворення за вегетативного розмноження. Найвищий відсоток укорінених рослин був отриманий із напівдерев’янистих стеблових живців рослин роду *Malus*, заготовлених у третій декаді червня та першій декаді липня. Максимальний відсоток укорінення (33,33%) був отриманий для *M. ×purpurea* ‘Ola’ після обробки живців 0,6% індоліл-3-масляною кислотою (ІМК), для *M. halliana* — 0,4% ІМК (20,00%), для *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ (20,00%) — Podkorzen АВ aqua, для *M. floribunda* (7,69%) — Podkorzen АВ aqua. Найбільший відсоток скупчень паренхіматозних клітин у склеренхімному кільці, з яких формуються кореневі зачатки, був характерний для *M. niedzwetzkyana* (72,84%), живців якого не укорінилися під час наших досліджень, найменший — *M. ×purpurea* ‘Royalty’ (31,67%), який не вдалося розмножити напівдерев’янистими пагонами та *M. ×purpurea* ‘Ola’ (31,78%), успішність укорінення живців якого була найкращою.

З’ясовано взаємозв’язки між успішністю укорінення живців та показниками сезонного росту пагонів маточних рослин. Загальна тривалість росту пагонів

досліджених видів та сортів становила від 72 (*M. ×purpurea* ‘Ola’) до 118 діб (*M. niedzwetzkyana*); однорічні пагони після завершення росту були завдовжки від 213,75 мм (*M. ×purpurea*) до 448,75 мм (*M. niedzwetzkyana*); середній приріст пагонів складав від 3,90 мм (*M. ×purpurea* ‘Ola’) до 14,70 мм (*M. floribunda*). Види та сорти з менш тривалим ростом пагонів характеризувалися вищою коренетвірною здатністю, що підтверджено зворотним сильним кореляційним зв’язком між тривалістю росту пагонів і відсотком укорінених живців ( $r = -0,88$ ).

За результатами проведених досліджень *in vitro* з’ясовано, що найкращий період для введення експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* — фенофаза активного росту пагонів, до початку цвітіння рослин. За обробки 0,1% розчином дихлориду ртуті ( $\text{HgCl}_2$ ) впродовж 1,0 хв. вихід стерильних експлантів для *M. ×purpurea* становив 92,59%, *M. trilobata* — 93,92%, життєздатність для *M. ×purpurea* досягала 68,42%, *M. trilobata* — 73,50%. Для активного проходження процесів морфогенезу експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* найбільш ефективним було живильне середовище з вмістом 6-БАП — 1,0 мг/л. Коефіцієнт розмноження, за другого пасажу, був у експлантів *M. ×purpurea* — 5,0 та *M. trilobata* — 2,5. Найбільшу кількість укорінених рослин *M. ×purpurea* (70,00%) одержали на середовищі з додаванням  $\beta$ -ІМК у концентрації 0,3 мг/л, для *M. trilobata* (66,67%) — 0,7 мг/л 1-НОК.

Обґрунтовано перспективи використання досліджених видів та сортів у декоративному садівництві. Представники роду *Malus* були цілком перспективними (*M. floribunda*, *M. fusca*, *M. toringoides*, *M. halliana* та *M. ×purpurea*) та перспективними (*M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) для інтродукції; характеризувалися повним ступенем акліматизації. Найвищими показниками декоративності вирізнялися *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’, які отримали 29–42 бали, *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca* отримали від 15 до 28 балів та характеризувалися середньою декоративністю.

**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. — National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. — M. M. Gryshko National Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2024.

The thesis is devoted to studying reproductive biology of plants of *Malus* genus from the collection of the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the NAS of Ukraine, which belong to different phylogenetic groups, in particular for the first time for *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca*, *M. coronaria* (L.) Mill. ‘Red Tip’ та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’, under the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The findings obtained from the screening of literary sources regarding the systematic position, distributions, modern intraspecific diversity of the genus *Malus*, morphology, and reproductive biology are reflected in the present paper.

The formation and development of the reproductive system of *Malus* species and varieties was studied. The transition from vegetative to reproductive development of plants of seed reproduction was noted 4–7 years after sowing, and, during vegetative propagation, single inflorescence and fruits were observed even in plants of the second year of development. The studied species and cultivars of *Malus* were divided into groups by the beginning of flowering and the beginning of fruit ripening: early blooming (end of April) — *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’; mid-season blooming (beginning of May) — *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. toringoides*, *M. tschonoskii*; and late season blooming (end of May) — *M. trilobata*; early ripening (beginning of August) — *M. fusca*; medium ripening

(beginning – middle of September) — *M. halliana*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’; and late ripening (beginning of October – beginning of November) — *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. tschonoskii*, *M. toringoides*, *M. trilobata*, *M. floribunda*.

The flowering of representatives of the genus *Malus* began at the end of April at the end of May, the beginning of fruit ripening at the beginning of August – at the beginning of November. The sum of the effective temperatures at the start of the flowering ranged from 179.18°C for *M. fusca* to 511.02°C for *M. trilobata*, of the fruit ripening — from 1519.65°C for *M. fusca* to 2548.90°C for *M. floribunda*. Flowering, depending on the genotype, lasted from 10 (*M. trilobata*) to 15 days (*M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*), the fruit ripening period — from 80–90 (*M. fusca*) to 189–199 days (*M. floribunda*), and the duration of their preservation on the tree after reaching maturity — from 30 to 240 days.

The qualitative characteristics of pollen grains, the success percentage of fruit and seed set under different pollination conditions were determined. Pollen fertility ranged from 79,84% in *M. niedzwetzkyana* to 98,5% in *M. coronaria* ‘Red Tip’; its viability varied from 5,04% in *M. niedzwetzkyana* to 73.32% in *M. toringoides*. The largest number of seeds in the fruit was characteristic of *M. toringoides* (6,64), the smallest — *M. tschonoskii* (0,25); developed seeds were not detected in the fruits of *M. trilobata* for 2019–2022 years. During self-pollination, fruit set were occurred in plants *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* and ‘Ola’, filled seeds were formed in fruits of *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*. On the contrary, the plants of *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ and *M. ×purpurea* ‘Selkirk’, were failed to bear fruits and, consequently, were failed to produce seeds. It has been clarified that during self-pollination, the average weight of fruits in *Malus* plants were decreased by 22.27–48.93%, and the number of seeds in one fruit — 56.90–93.40%.

The ecological characteristics of representatives of the genus *Malus* were studied. The species and cultivars proved themselves as exceptionally winter-hardy plants according to the visual assessment of winter hardiness. Drought resistance was assessed by physiological indicators. The leaf water content ranged from 59.95% (*M. floribunda*)



to 67.18% (*M. ×purpurea*), the relative turgidity ranged from 81.72% (*M. ×purpurea* ‘Ola’) to 98.86% (*M. halliana*), and the leaf water deficit ranged from 6.84% (*M. halliana*) to 24.37% (*M. niedzwetzkyana*). As a result, the leaves of *M. halliana* lost the smallest amount of water in 24 hours (50.22%), whereas *M. ×purpurea* ‘Ola’ leaves lost the largest amount (77.36%).

Statistical relationships between indicators of drought resistance and winter resistance and reproductive characteristics of *Malus* species and varieties have been determined. A strong direct correlation was found between the winter hardiness coefficient and the pollen fertility ( $r = 0.82$ ), between the percentage fruit set and relative turgidity ( $r = 0.73$ ); a strong inverse — between the percentage fruit set and seed productivity and water deficit in leaves ( $r = -0.76$  and  $r = -0.74$ ). There was a direct medium correlation between pollen viability and seed productivity and winter hardiness coefficient ( $r = 0.51$  and  $r = 0.53$ ); inverse medium correlation — between quality characteristics of pollen grains and water deficit in leaves ( $r = -0.60$  and  $r = -0.60$ ).

It was determined that the greatest influence on the number of seeds in one fruit had the average monthly air temperatures in July ( $r = -0.71$ ) and December ( $r = 0.81$ ) in the year preceding seed's harvest ; the amount of precipitation in October ( $r = -0.76$ ) in the year preceding seed's harvest , in April ( $r = -0.95$ ) and June ( $r = 0.96$ ) in the year of seed harvest.

Methods of seed reproduction were optimized, ways, biologically active compounds and their concentrations were determined to increase seed germination. The highest seed germination and germination energy of *M. ×purpurea* was ensured by stratification for a duration of 21–31 days., *M. baccata* —26–31 days, *M. floribunda* — 50–60 days, *M. halliana* —55–65 days, *M. niedzwetzkyana* —85–95 days. The highest rates of seed germination during autumn sowing were characteristic of the species *M. niedzwetzkyana* (46.00%) and *M. baccata* (42.40%), slightly lower — *M. floribunda* (29.00%), *M. ×purpurea* (17.00%) and *M. halliana* (12.80%). Spring sowing with stratified seeds contributed to higher germination compared to autumn, depending on the species, on average by 7.76%. The best results were achieved by stratifying seeds at low temperatures in laboratory conditions with a gradual transfer to optimal growth

conditions, which contributed to an average increase in germination by 44.16%, compared to autumn sowing. An effective method of increasing the germination of stratified *M. baccata* seeds by 31.82% was its treatment with 0.025% solution of gibberellic acid. Sowing seeds of small-fruited apple species (*M. halliana* та *M. ×purpurea*) in autumn with pericarp without signs of changes in its consistency were helped to avoid the laborious process of extracting seeds from fruits while the percentage of its germination were preserving.

The average grafting rate for budding on rootstock M 9 for species and varieties of *Malus* was 97.14%, 54-118 — 94.29%, seedling rootstocks — 80.00%. *M. niedzwetzkyana* and *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ had the highest survival rate on vegetative and seedling rootstocks (100.00%), *M. floribunda* and *M. ×purpurea* ‘Ola’ — the lowest (80.00%).

Features of adventitious root formation during vegetative propagation were investigated. The highest percentage of rooted apple plants was obtained from semi-lignified stem cuttings harvested at the end of June and at the beginning of July. The highest rooting rate (33.33 %) was observed in *M. ×purpurea* ‘Ola’ after the treatment of its cuttings by 0.6 % indole-3-butyric acid (IBA), *M. halliana* — by 0.4 % IBA (20.00 %), *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ and *M. floribunda* — by Podkorzen AB aqua (20.0% and 7.69 %). The highest percentage of of parenchymatous gap in the sclerenchyma ring, from which root primordia are formed, was characteristic of *M. niedzwetzkyana* (72.84%), the cuttings of which did not take root during our research, the lowest — of the variety *M. ×purpurea* ‘Royalty’ (31.67%), which could not be propagated by semi-lignified shoots and *M. ×purpurea* ‘Ola’ (31.78%), the rooting success rate of which was the best.

The relationships between the success of rooting cuttings and indicators of seasonal shoots growth of mother plants were clarified. The total duration of shoots growth of the studied species and cultivars ranged from 72 (*M. ×purpurea* ‘Ola’) to 118 days (*M. niedzwetzkyana*); annual shoots reached a length from 213.75 mm (*M. ×purpurea*) to 448.75 mm (*M. niedzwetzkyana*); the average increment of shoots ranged from 3.90 mm (*M. ×purpurea* ‘Ola’) to 14.70 mm (*M. floribunda*). Species and

cultivars of the *Malus* genus with a shorter duration of shoot growth were characterized by a higher rooting capacity, which was confirmed by a strong inverse correlation between the duration of shoot growth and the percentage of rooted cuttings ( $r = -0.88$ ).

According to the results of the *in vitro* studies, it was found that the best period for the introduction of explants of *M. ×purpurea* and *M. trilobata* is the period of active growth of shoots, before the beginning of flowering of plants. After treatment with a 0.1% solution of mercury dichloride ( $\text{HgCl}_2$ ) for 1.0 min. the yield of sterile explants for *M. ×purpurea* was 92.59%, *M. trilobata* — 93.92%, their viability for *M. ×purpurea* reached 68.42%, *M. trilobata* — 73.50%. During *in vitro* plant propagation, the nutrient medium created using the Murashige-Skoog basic, containing 6-BAP — 1.0 mg/l was the most effective to the active passage of morphogenesis processes of *M. ×purpurea* and *M. trilobata* explants. The multiplication coefficient for the second passage was 5.0 for *M. ×purpurea* explants and 2.5 — for *M. trilobata* explants. The largest number of rooted plants of *M. ×purpurea* (70.00%) was obtained on the medium with the addition of  $\beta$ -IBA at a concentration of 0.3 mg/l, for *M. trilobata* (66.67%) — 0.7 mg/l 1-NAA.

The prospects for the use of the researched species and varieties in landscape gardening are substantiated. Representatives of the genus *Malus* have been totally promising (*M. floribunda*, *M. fusca*, *M. toringoides*, *M. halliana* and *M. ×purpurea*) and promising (*M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) for introduction; were characterized by a full degree of acclimatization. *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ received 29–42 points and was distinguished by the highest indicators of decorativeness. *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca* received from 15 to 28 points and were characterized by an average decorativeness level.

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

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Опалко О., Кучер Н., Андrienko О., Небыков М., Serzhyk О., **Конопелько А.**, Опалко А. (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., Опалко, О. А., Balabak, O. A., Опалко, А. І. (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). С. 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 ДДАБУ (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.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	18
РОЗДІЛ 1. СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ РОДУ <i>MALUS</i> .....	24
1.1. Місце роду <i>Malus</i> у системі квіткових рослин, філогенез та фітогеографія.....	24
1.2. Морфологічна характеристика.....	35
1.3. Репродуктивна біологія роду <i>Malus</i> та перспективні напрямки її дослідження.....	42
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ .....	51
2.1. Природно-кліматичні умови району досліджень.....	51
2.2. Характеристика об'єктів дослідження .....	58
2.3. Методика досліджень .....	66
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОЇ СФЕРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ НАСІННОГО РОЗМНОЖЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>MALUS</i> .....	69
3.1. Формування та розвиток генеративних органів.....	69
3.1.1. Особливості цвітіння видів і сортів роду <i>Malus</i> ...	69
3.1.2. Карпологічні ознаки видів та сортів яблуні .....	77
3.1.3. Особливості ритмів росту та розвитку генеративних органів. Рясність цвітіння та плодоношення.....	92
3.2. Особливості системи запилення. ....	93
3.1.1. Якісні характеристики пилкових зерен .....	94
3.1.2. Самоплідність та самофертильність.....	98
3.3. Репродуктивні характеристики залежно від їх екологічних особливостей.....	104
3.4. Схожість насіння залежно від способів передпосівної підготовки та строків сівби .....	115
3.5. Початкові етапи онтогенезу, ріст та розвиток сіянців .....	122



РОЗДІЛ 4. ВЕГЕТАТИВНЕ РОЗМНОЖЕННЯ ВИДІВ І СОРТІВ РОДУ <i>MALUS</i> .....	132
4.1. Особливості розмноження щепленням .....	132
4.2. Особливості адвентивного коренеутворення.....	135
4.2.1. Живцювання зимовими здерев'янілими живцями .....	135
4.2.2. Розмноження зеленими та напівздерев'янілими живцями .....	139
4.2.3 Прогнозування коренетвірної здатності стеблових живців <i>Malus</i> .....	143
РОЗДІЛ 5. РОЗМНОЖЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>MALUS IN VITRO</i> .....	153
5.1. Особливості введення експлантів <i>M. ×purpurea</i> та <i>M. trilobata in vitro</i> .....	154
5.2. Морфогенез експлантів <i>M. ×purpurea</i> та <i>M. trilobata</i> залежно від фітогормонального складу живильного середовища.	159
РОЗДІЛ 6. ОЦІНКА УСПІШНОСТІ ІНТРОДУКЦІЇ ТА ДЕКОРАТИВНОСТІ. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ.....	166
6.1. Декоративні властивості та використання у зеленому будівництві .....	166
6.2. Оцінка успішності інтродукції умовах Правобережного Лісостепу України .....	176
6.3. Інші галузі використання .....	179
ВИСНОВКИ .....	187
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	190
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	191
ДОДАТКИ .....	228

## ВСТУП

**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* 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 плодкових 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 (додатки А.1, А.2, А.3).

**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 плодкових 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.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ РОДУ *MALUS*

#### 1.1. Місце роду *Malus* у системі квіткових рослин, філогенез та фітогеографія

Достовірні писемні згадки щодо яблуні як плодової культури пов'язують з іменем давньогрецького філософа та натураліста Теофраста (IV ст. до н. е.), який описував яблуні «найрізноманітніших та чудових сортів» поблизу сучасного міста Керч (Опалко та ін., 2012; Кучер, 2018). Трохи згодом письменники Стародавнього Риму Катон (II ст. до н. е.), а потім Варон, Колумелла і Пліній Старший описують сорти яблуні та способи їх вирощування (Лангенфельд, 1991). Форма яблука, схожа на існуючі домашні яблука з'явилась на Близькому Сході близько 4 тис. років тому (Zohary et al., 2000), в цей час вперше зафіксовано використання щеплення як важливого способу розмноження. Одомашнене яблуко було тоді впроваджено греками і римлянами в Європу та Північну Африку, а згодом поширилося по всьому світу (Cornille, 2012). Разом із використанням яблуні для задоволення харчових потреб, ймовірно відбувалося відкриття їхніх корисних та лікувальних властивостей, про які повідомляли ще лікарі Стародавньої Греції та Риму, зокрема Гіппократ (460–370 pp. до н. е.), Цельс, Гален, Діоскорид (Конопелько, 2019).

Історичні дані засвідчують велику популярність плодових рослин у садах-парках («садах для задоволення») Єгипту, Греції, Італії, які прийшли на Захід зі Сходу (Клименко, 2013). За часів Аристотеля і Теофраста об'єктом досліджень були передусім лікарські та господарсько-цінні ознаки рослин, а декоративні рослини як окрема група була виділена Плінієм Старшим (23–79 р. н. е.). У його праці «Naturalis historia» (I ст. н. е.) вперше трапляється родова назва *Malus* (Лангенфельд, 1991).

Наприкінці XVI ст. роди *Malus*, *Pyrus*, *Prunus*, *Cerasus*, *Punica*, *Cornus*, *Lotus*, *Ebenus* та інші роди були об'єднані Каспаром Боеном у групу «*Pomiferae arbores*». Давні римляни під «*rotum*» розуміли, власне, будь-який їстівний фрукт, тому Боен та інші ботаніки того часу називали айву — *Malus cydonia*, гранатник



— *Malus punica*, бросквину – *Malus persica*, абрикос — *Malus armeniaca*, лимон — *Malus limonia*, помаранчу — *Malus arantia* (Gerard, 1597; Меженський, 2013; Меженський & Меженська, 2015).

Вперше з наукової точки зору рід *Malus* був описаний французьким ботаніком Жозефом де Турнефором (1700 р.), який виділив відомі йому яблуні в самостійний рід за ознаками стиснутої основи та верхівки плодів (Лангенфельд, 1991). Карл Лінней об'єднав яблуню у спільний рід із грушею і айвою під назвою *Pyrus* (Linnaei, 1735, 1753). Із середини XVIII ст. і до кінця XIX — початку XX ст. тривали дискусії щодо самостійності роду *Malus* чи об'єднання його у спільний рід із грушею та айвою під назвою *Pyrus*. К. Ліннеєм вперше були описані і дикорослі види яблуні (*Pyrus Malus sylvestris*, *Pyrus Malus paradisiaca*, *Malus baccata*, *Malus coronaria*). Лінней об'єднав роди *Crataegus*, *Mespilus*, *Sorbus*, *Pyrus*, *Punica*, *Ribes* в «fragmentum» *Pomaceae* (Меженський, 2015). Істинним автором роду *Malus*, який не лише відновив його самостійність, але й уточнив видовий склад вважають Філіпа Міллера (Miller, 1741). Його праці сприяли більш детальному вивченню яблуні, зокрема виділення основних морфологічних ознак для підтвердження самостійності роду, які вказують на відмінності між близькими у систематичному положенні яблунею і грушею. Ф. Міллер виділив окрему групу «низькорослих яблунь напівкультурного вигляду» та наголошував на їх цінності як підщеп для культурних сортів, а К. Лінней називав їх «райськими яблучками» (Лангенфед, 1991). Використання даної групи яблунь не обмежується галуззю плідництва, їх використовують також як підщепи для декоративних рослин роду *Malus*, запилювачі у промислових садах та у фітомеліоративних насадженнях, у харчовій промисловості тощо (Конопелько, 2016). Як декоративна рослина яблуня використовувалася у садах Європи та Америки з середини XVIII ст., а до того часу була поширена в озелененні Китаю та Японії (Яременко, 1964).

Таким чином, історично сформувалася класифікація рослин роду *Malus* за напрямками використання, в якій найбільш дослідженою групою і до нашого часу залишаються плодови (Конопелько, 2020а).

Рід *Malus* усі систематики-філогенетики одностайно відносять до порядку *Rosales* Bercht. & J.Presl. родини *Rosaceae* Juss. (табл. 1.1.1). Ця велика родина налічує 90–118 родів 2250–3500 видів, поширених у помірній та теплій зонах північної півкулі (Меженський & Меженська, 2015).

Таблиця 1.1.1

Місце роду *Malus* в системі *Magnoliophyta* (Опалко и др., 2019)

Таксономічний ранг	Система класифікації рослин		
	Engler, 1903	Takhtajan, 2009	APG IV, 2016
Divisio	<i>Embryophyta siphonogama</i>	<i>Magnoliophyta</i>	–
Subdivisio	<i>Angiospermae</i>	–	–
Classis	<i>Dicotyledoneae</i>	<i>Magnoliopsida (Dicotyledons)</i>	–
Subclassis	<i>Archichlamydeae</i>	<i>Rosidae</i>	–
Superordo	–	<i>Rosanae</i>	–
Ordo	<i>Rosales</i>	<i>Rosales</i>	<i>Rosales</i>
Subordo	<i>Rosineae</i>	–	–
Familia	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosaceae</i>	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Pomoideae</i>	<i>Pyroideae (Maloideae)</i>	<i>Amygdaloideae</i>
Tribus	–	<i>Maleae</i>	<i>Maleae</i>
Subtribus	–	–	<i>Malinae</i>
Genus	<i>Malus</i>	<i>Malus</i>	<i>Malus</i>

Філогенетичні аналізи ДНК ядра та хлоропластів, проведені групою північноамериканських вчених визначили, що родина *Rosaceae* має тільки три підродини: *Rosoideae*, *Dryadoideae*, *Spiraeoideae* (триба *Pyreae* і рід *Malus*). Всі роди, що раніше належали до *Amygdaloideae* і *Maloideae*, включені до складу *Spiraeoideae* (Potter et al., 2007). Проте для підродини, яка об'єднує *Spiraeoideae*, *Pyroideae* (колишня *Maloideae*) та *Amygdaloideae*, валідною вважається назва *Amygdaloideae*, для триби *Pyreae* – назва *Maleae*, а для її підтриби *Pyrinae* – *Malinae* (APG, 2016; Turland et al., 2018; Korban, 2019; Опалко и др., 2019). Найбільш важливою характеристикою підродини *Amygdaloideae* (колишня *Maloideae*) є плоди та основне число хромосом  $x = 17$  (Sax, 1931). Труднощі у з'ясуванні філогенезу *Amygdaloideae* пов'язані передусім з гібридизацією між

близькими родами (Aldasoro et al., 2005). Ревізія родини *Rosaceae* на предмет перегрупування підродин, надтриб, триб, підтриб, окремих родів та видів триває.

Досить вдало відображує ймовірні філогенетичні взаємозв'язки у роду *Malus* схема, запропонована В.Т. Лангенфельдом (рис. 1.1.1). Він уперше виділив у роду шість секцій, враховуючи морфологічні та біологічні особливості різних видів яблуні, а також географічне поширення, удосконалив класифікацію роду *Malus*.

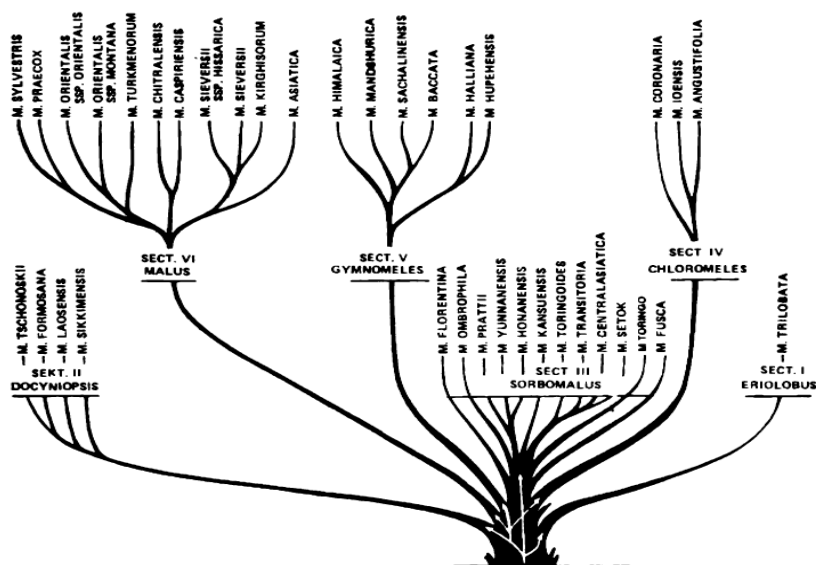


Рис. 1.1.1. Схема філогенетичних зв'язків у роду *Malus*

Внутрішньородова класифікація *Malus* залишається остаточно не вирішеною, адже морфологічні ознаки надають обмежену інформацію про систематичні зв'язки між видами, а оцінка діагностичних ознак для ідентифікації деяких з них ще є важкою через відсутність колекцій з певних регіонів або країн. Незважаючи на відмінності у філогенетичних деревах, заснованих на різних наборах генетичних даних, дослідження морфологічних ознак видів яблуні загалом підтримують низку клад, визначених молекулярно-генетичними інструментами (Меженський & Меженська, 2017; Li et al., 2022). Статус секцій *Gymnomeles* та *Malus*, а також переміщення серії *Sieboldinae* підтверджена біохімічними та молекулярними дослідженнями (Quian et al., 2006). На основі морфологічних відмінностей рослин роду *Malus* та сучасних досліджень було

запропоновано підняти ранг серій *Yunnanenses* Rehd. та *Florentinae* Rehd. до секцій (Qian et al., 2006, 2008). Згідно бази даних GRIN-Global (<https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomygenus?id=7215>), оновленої 2012 року, в роду виділяють також шість секцій (табл. 1.1.2).

Таблиця 1.1.2

Групування внутрішньородових таксонів *Malus*

Rehder, 1949	Лангенфельд, 1991	Qian et al., 2006, 2008	GRIN-Global, 2012
I <i>Eumalus</i> 1. <i>Pumilae</i> 2. <i>Baccatae</i>	I <i>Malus</i>	I <i>Malus</i>	I <i>Malus</i>
II <i>Sorbomalus</i> 1. <i>Sieboldinae</i> 2. <i>Florentinae</i> 3. <i>Kansuenses</i> 4. <i>Yunnanenses</i>	II <i>Sorbomalus</i> 1. <i>Kansuenses</i> 2. <i>Yunnanenses</i> 3. <i>Toringonae</i> 4. <i>Fuscae</i>	II <i>Sorbomalus</i>	II <i>Sorbomalus</i>
III <i>Chloromeles</i>	III <i>Chloromeles</i>	III <i>Chloromeles</i>	III <i>Chloromeles</i>
IV <i>Eriolobus</i>	IV <i>Eriolobus</i>	IV <i>Eriolobus</i>	IV <i>Eriolobus</i>
V <i>Docyniopsis</i>	V <i>Docyniopsis</i>	V <i>Docyniopsis</i>	V <i>Docyniopsis</i>
	VI <i>Gymnomeles</i>	VI <i>Gymnomeles</i>	VI <i>Gymnomeles</i>
		VII <i>Yunnanenses</i>	
		VIII <i>Florentinae</i>	

В очікуванні уточнення питань систематики, філогенії та оцінки родинних зв'язків яблуні за допомогою сучасних молекулярно-генетичних досліджень, до нашого часу важливими критеріями в систематиці роду *Malus* залишаються морфологічні та еколого-географічні характеристики. Тому, авторитетною й досі у світовому масштабі залишається класифікація роду *Malus* В. Т. Лангенфельда (Qian et al., 2006, 2008).

Шляхом молекулярних досліджень з'ясовано ймовірний період виникнення родини *Rosaceae* — 101,3–115 мільйонів років тому, а часові розбіжності для триб чи родів зумовлені географічними та кліматичними чинниками, які впливали на еволюцію представників родини (Töpel et al., 2012; Xiang et al., 2017). Багате видове різноманіття родини *Rosaceae* пояснюється насамперед поліплоїдією та численними дублікаціями цілих геномів. Формування підродина *Amygdaloideae* відбулося у першій половині пізньої крейди (близько 95–90 млн. років тому),

відходження клади *Kerrieae–Exochordeae–Sorbarieae* — близько 92 млн років тому, відходження клади *Maleae–Gillenieae* — на межі палеоцену-еоцену відбулося (близько 54 млн. років тому) (Xiang et al., 2017). Триба *Maleae* зародилася в найтепліший та найвологіший період кайнозойської ери, тобто в період оптимуму для розвитку нових таксонів, в період 96–88 млн. років тому, без подальшої активності в наступні 20 млн. років (Xiang et al., 2017, Korban, 2019).

Монофілію трьох підродин *Amygdaloideae*, *Rosoideae*, *Dryadoideae* та 16 триб підтверджено сучасними дослідженнями (Xiang et al., 2017; Töpel et al., 2012). Остаточо доведено роль підродини *Dryadoideae* як основної клади *Rosaceae* та стійкі родинні зв'язки в кладі *Maleae–Gillenieae*. Філогенетичні зв'язки між трибами та родами родини *Rosaceae* залишаються незрозумілими, частково через поліплоїдію та швидке відокремлення/диверсифікацію окремих клад (Xiang et al., 2017; Korban, 2019). Ймовірно, незвично розповсюджену швидку гібридизацію у родах триби *Maleae* слід вважати частиною філогенезу (Campbell et al., 2007, Korban, 2019).

Згідно сучасних даних рід *Malus* можна поділити на підроди *Chloromeles*, *Docynia*, *Docyniopsis*, *Eriolobus* і *Malus*, які формують одну кладу (Li et al., 2012). Проте, остаточно підтверджено тісні філогенетичні зв'язки *Docynia*, *Docyniopsis*, *Eriolobus* з *Malus*, а *Chloromeles* хоча й утворює кладу, але його зв'язки з іншимикладами в межах роду залишаються невирішеними. Триває дискусія щодо доцільності розпізнання таких монотипічних малих родів чи їх злиття з родом *Malus* (Li et al., 2012, Sun et al., 2018).

Незважаючи на те, що більшість видів *Rosoideae* мають історичну тенденцію щодо зменшення своїх розмірів до багаторічних або однорічних трав із маленькими складними листками, деревні рослини триб *Maleae* та *Amygdaleae* підродини *Amygdaloideae* еволюціонували незалежно та завдяки численним фотосинтетичним листкам, збільшувалися у розмірах. Такі дерева були важливими елементами лісових фітоценозів, забезпечуючи місця проживання для птахів та інших тварин, які сприяли поширенню насіння (Xiang et al., 2017).

Згідно Базис даних палеобіології (PBDB, paleobiodb.org) рослини роду *Malus* були елементами флористичних угруповань еоцену (37,2–33,9 млн. років тому) сучасної території штату Колорадо США, олігоцену (33,9–28,4 млн. років тому) штату Орегон США, міоценової та пліоценової флори центрального Хонсю в Японії (11,6–5,3 млн. років тому).

Найпримітивніші види роду *Malus* — вічнозелені мезофільні дерева, висотою 20–25 м, із добре вираженими товстими стовбурами (до 2 м в діаметрі) та слабо розгалуженою кроною (3–5 порядків). Для них були притаманні великі, шкірясті, блискучі, напіввічнозелені, складні або лопатеві листки, зібрані у пучки, що розташовувались переважно на верхівках довгих пагонів. Досить великі квітки (3–5 см в діаметрі) були зібрані у пучки чи багатоквіткові суцвіття невизначеного типу; грушоподібні плоди з довгими плодоніжками містили багато кам'янистих клітин, мали дещо відхилену чашечку, що залишалась при плодах, та зрослі при основі відхилені чашолистки; насінні камери були відкриті, зливались в центральну порожнину плода. Подібні ознаки мають сучасні реліктові види яблунь із секції *Docyniopsis*: *M. laosensis* із Лаосу, *M. formosana* із Південного Китаю, *M. tschonoskii* із Південної Японії, *M. sikkimensis* із Східних Гімалаїв, а також викопний вид *M. obensis* із Західного Сибіру. Враховуючи те, що навіть найпримітивніші види з часом дуже змінились, і в наш час значно відрізняються від первісних форм роду *Malus*, тому як ймовірні вихідні форми яблуні слід розглядати давніх предків, що дали початок первинним родам *Docynia*, *Malus*, *Pyrus* и *Cydonia*. Таким чином, секція *Docyniopsis* є бічною гілкою філогенетичного дерева цілого комплексу вихідних форм, які слугували основою основних гілок еволюції роду *Malus* (Лангенфельд, 1991).

Родоначальником яблуні як плодової культури помірної зони є Китайсько-Японський (Східно-Азійський) центр, який включає Східний Китай, Корею і Японію. На території цього центру виник первинний осередок для під родини *Amygdaloideae* (*Maloideae*). З Китайсько-Японським ботаніко-географічним центром флористично пов'язаний Середньоазійський (Середньо-Азійські країни СНД та Афганістан), в якому історично склалися первинні та вторинні осередки

формування важливих плодових порід помірної зони, а також первинні та вторинні осередки доместикиції цих порід (у тому числі окремих видів яблуні). Такі ж осередки виявлені в Європейсько-Сибірському центрі (за П. М. Жуковським). Первинні осередки формування та доместикиції наявні у Північноамериканському ботаніко-географічному центрі.

На основі аналізу геному *M. domestica* з'ясовано, що численні дублікації цілих геномів датуються періодом у 30–45 мільйонів років тому. (Xiang et al., 2017). Генетичний аналіз виявив центральноазійське походження *M. domestica* разом з неочікувано великим вторинним внеском європейської дикорослої яблуні (рис.1.1.2).



Рис. 1.1.2. Еволюційна історія культивованої яблуні: 1 — походження в горах Тянь-Шаню від *M. sieversii*; 2 — розповсюдження з Азії до Європи вздовж Шовкового шляху, гібридизація та інтрогресія з кавказькими і європейськими видами (Cornille et al., 2014).

Окремі дослідники родини *Rosaceae*, зокрема підродини *Amygdaloideae* (*Maloideae*) підтримують гіпотезу щодо північноамериканського походження підродини, що ґрунтується на неметричному багатовимірному аналізі масштабування біогеографічних регіонів Тахтаджяна (Kalkman, 1988; Evans et al., 2002; Aldasoro et al., 2005). Вважається, що родина виникла в Західній Гондвані –

гігантському древньому гіпотетичному континенті, який існував впродовж палеозою та мезозою (Aldasoro et al., 2005, Töpel et al., 2012).

На близьку спорідненість реліктових видів *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. doumeri*, and *M. florentina* та північноамериканських яблунь секції *Chloromeles* (*M. ioensis*, *M. coronaria*, *M. angustifolia*), вказують сучасні дослідження (дендрограми, побудовані з генетичних відстаней на основі послідовного аналізу локусів окремих генів), а також визначають найближчим до ймовірного очікуваного предка роду *Malus* кластер об'єднаних видів Північної Америки (Forte et al., 2002).

Найбільшим центром різноманітності роду *Malus* є Східна Азія, зокрема Китай, де трапляється близько 30 дикорослих видів яблуні (Zhang et al., 2005; Bramel & Volk, 2019). У Південно-Східній Азії й сьогодні зосереджені примітивні види роду *Malus* — релікти минулих епох.

Види роду *Malus* ростуть переважно у лісових масивах помірної зони Північної півкулі, здебільшого у світлих рідколіссях, на гірських схилах або у гірських ущелинах. Великі природні масиви яблуні знаходяться у межах Європейської частини країн СНД (раніше Воронежська та Курська області), де трапляються яблуні лісова та рання, у Криму і на Кавказі, де переважає яблуня східна, у Середній Азії, де поширені яблуні киргизів, Сіверса, гісарська, в Сибірію, де росте яблуня Палласа (Соколов, 1954). Зрідка збірний ареал видів яблуні заходить в субтропічні і тропічні широти, але росте вона там лише в гірських районах з помірним кліматом. За сукупністю ознак види субтропіків і тропіків є еволюційно найпримітивнішими (Лангенфельд, 1991). У південну півкулю (Африку, Австралію, Нову Зеландію, Південну Америку) яблуня була завезена і введена в культуру. Ареал роду *Malus* проходить в межах Європи, Азії та Північної Америки досить широкою, але нерівномірною смугою на північ і південь від 45-ї паралелі, то звужуючись, то розширюючись у вигляді зубців залежно від особливостей рельєфу, складу ґрунтів, клімату та супутньої рослинності (рис. 1.1.3).



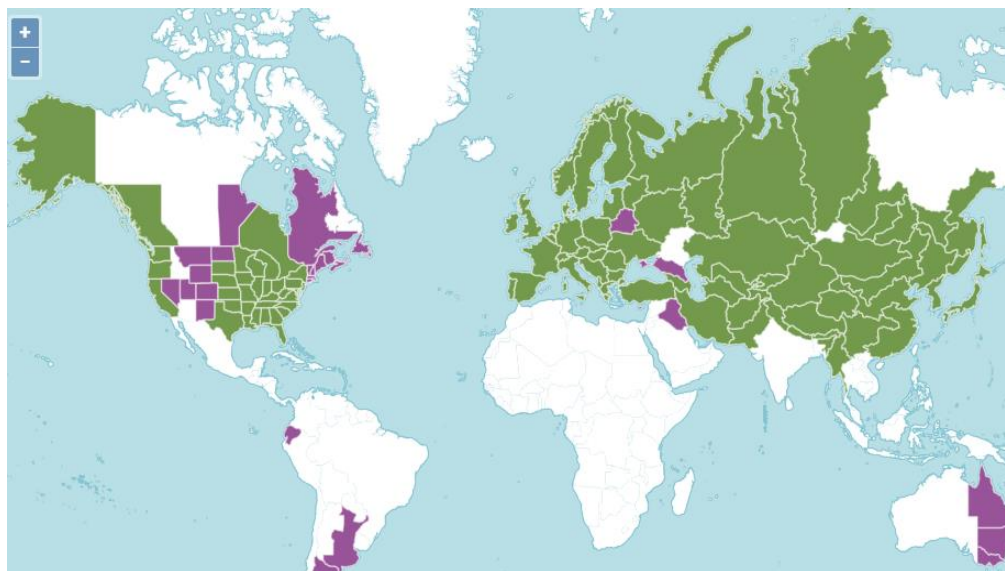


Рис. 1.1.3. Ареал роду *Malus* (<https://powo.science.kew.org/>):



— природний;



— ареал інтродукції

У деяких частинах ареал яблуні переривається морями, пустелями, болотами і гірськими хребтами.

Історично змінювалося уявлення щодо об'єму роду *Malus*. Так, в системі Кьоне — всього 23 види, з них 10 гібридного походження, Цабеля — 30 видів, Редера — 25 видів, В. Т. Лангенфельда (1991) — 35 автохтонних видів. У книзі «Деревья и кустарники СССР» (Т. 3) за редакцією С. Я. Соколова (1954) описано 37 видів, 3 різновиди і 25 форм яблуні. В. В. Пономаренко наводить перелік 78 описаних дикорослих видів та 44 видів, що трапляються лише в культурі, виділяючи з них 24 основних дикорослих види (Пономаренко, 1992; Меженський & Меженська, 2015). Ignatov A., Bodishevskaya A. наводять перелік 48 видів та 14 гібридів *Malus* (Ignatov & Bodishevskaya, 2011). Дослідниками лабораторії таксономії в США з м. Бествілл за повідомленням J. H. Wiersema (1989) встановлено 33 дикорослих (первинних) види яблуні.

Згідно контрольного списку бази даних Інформаційної мережі ресурсів зародкової плазми (the Germplasm Resource Information Network, GRIN) таксономічний склад роду *Malus* нараховує 59 визнаних видових назв (<https://npgsweb.ars-grin.gov/>).

До списку рослин The World Flora Online (WFO), який є спільним міжнародним проєктом, включено 58 визнаних видових назви (<https://wfoplantlist.org/>).

У таксономічному списку міжнародної спільної програми Plants of the World Online (POWO) 40 визнаних видових назв (<https://powo.science.kew.org/>). Аналіз наукових назв рослин представників роду *Malus* згідно вищезазначених списків свідчить про неоднозначне трактування і загальну орієнтацію щодо ґрунтового перегляду статусу окремих назв.

Усі види яблуні у природі представлені складною дифузною системою популяцій, екотипів, форм та різновидів (Höfer & Meister, 2010). На сучасному етапі в світі внаслідок тривалого природного добору та схрещування сформувався досить різноманітний генофонд яблуні, так постійно зростає кількість сортів на противагу дикорослим видам, наприклад зареєстровано більше, ніж 700 сортів кребів, 200 з яких можна знайти на розсадниках, однак лише близько 60 сортів мають відомих родителів (Zhou al., 2020).

За каталогом М. А. Кохна, на початок ХХІ ст. рід *Malus* у дендрофлорі України представлений 31 видом, які зосереджені у ботанічних садах, дендрологічних парках та старовинних ландшафтних і багатьох міських парках, також у численних приватних садибах. Найбільші колекції внутрішньо родового різноманіття яблуні зосереджені в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка, колекції Національного університету біоресурсів і природокористування, Національному дендрологічному парку «Софіївка», дослідній станції ім. Л. П. Симиценка (Додаток Б, табл. Б.1). Це підтверджується даними останнього Чеклісту Флори України (Федорончук, 2022), за якими в Україні росте сім видів (разом з дикорослими й дичавіючими та найбільш часто культивованими видами), а також понад 30 видів обмежено представлені у колекціях ботанічних садів та дендропарків. Аборигенними з-поміж цього внутрішньородового різноманіття на території України вважаються *M. praecox* та *M. sylvestris* (Mosyakin & Fedoronchuk, 1999).

## 1.2. Морфологічна характеристика

Рослини роду *Malus* — переважно листопадні дерева середньої величини, рідше кущі з простими почерговими листками (Колесников, 1974; Калініченко, 2003). Окремі види можуть досягати іноді висоти 12–15 і навіть 20 м заввишки *M. kirghisorum* Al. Fed. & Fed., *M. orientalis*, *M. sylvestris* (Rehder, 1947; Соколов, 1954; Лангенфельд, 1991). Найменшим, майже карликовим видом є *M. sargentii*, який росте вдвічі ширшим, ніж вищим, іноді без спроби сформувати лідера. У світі відомі також карликові та напівкарликові декоративні сорти: ‘Camzam’, ‘Cinzam’, ‘Coralcole’, ‘Lanzam’, ‘Lollizam’ (Watt, 2003; Ples, 2009). Висоту та розміри видів та сортів яблуні можна регулювати, використовуючи різні за силою росту вегетативно розмножувані підщепи чи підщепи насінного походження.

У зарубіжній літературі декоративні яблуні відомі під назвою «Crabapples» — рослини роду *Malus* із діаметром плодів менше 2 дюймів (1 дюйм = 2,54 см). Назва була присвоєна їм за подібність характеру галуження із багатьма ніжками краба. Ефектні квітки та привабливі листки, які можуть відрізнитися за кольором, барвисті плоди, які довго зберігаються на дереві, роблять ці рослини дуже популярними. Крім того, багато «кребів» декоративні у період спокою завдяки своїй корі, пагонам чи типу гілкування. Види та сорти роду *Malus* відрізняються стійкістю проти несприятливих чинників довкілля, збудників хвороб та шкідників. При виборі правильного місця висаджування та дотриманні мінімального догляду тривалість життя дрібноплодих яблунь досягає 40–50 років і навіть більше (Griffin, 2005; Ples, 2009). Тривалість життя яблуні не перевищує 100–150 років, зрідка — до 200 років. У посушливих регіонах тривалість життя яблуні скорочується до 30–80 років (Лангенфельд, 1991). Максимальний вік дикорослих видів яблуні не менше 300 років, іноді навіть більше (Соколов, 1954).

Більшість декоративних яблунь мають щільну округлу крону, але залежно від виду, форми чи сорту вона може варіювати від майже колоноподібної до плакучої (Griffin, 2005). Форма крони може змінюватись не лише в процесі онтогенезу, а й залежно від умов росту. Більш-менш округла форма крони властива *M. baccata*, *M. praecox*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. florentina*,

*M. angustifolia*. Широку, розлогу чи шатроподібну крону мають *M. orientalis*, *M. floribunda*, *M. kirghisorum*, *M. niedzwetzkyana*, *M. sylvestris*.

Листки яблунь досить поліморфні, відрізняються за формою, розміром, опушенням, жилкуванням та іншими ознаками. Листки видів та сортів роду *Malus* переважно цілісні, іноді виїмчасті з 3–5 лопатями (*M. trilobata*, *M. toringoides*, *M. sargentii*). В окремих яблунь листки глянцеві, блискучі — така незначна деталь додає характерного блиску на сонці (Лангенфельд, 1991; Dirr, 2009).

Квітки білі, рожеві, кармінові, зібрані у зонтикоподібні суцвіття, гермафродитні (Колесников, 1974; Калініченко, 2003; Pereira-Lorenzo et al., 2009), основна функція яких — приваблювання комах-запилювачів (Конопелько, 2020в). Для квіток яблуні властива надзвичайна різноманітність розмірів, кольорів, структур та функцій, які слід розглядати як показник адаптації до умов навколишнього середовища (Zhou et al., 2019). Типова квітка складається із п'яти пелюсток, чашечка з п'яти чашолистків, близько 20 тичинок в трьох колах і маточки з п'ятьма стовпчиками (Pratt, 1988; Janick et al., 1996). Гінецей яблуні — недосконало синкарпний, кожен плодолистик має два насінних зачатки, з кожного з яких теоретично може бути сформована насінина, хоча існують певні відмінності між таксонами (Aldasoro et al., 2005; Sheffield et al., 2005), так відомі сорти, що формують до 20–30 насінин (Janick et al., 1996). Як на сам процес цвітіння, так і на розвиток квітки, який триває 9–10 місяців, впливає сукупність абіотичних та біотичних факторів: світло, волога, температура, забезпечення поживними речовинами, ендогенні фітогормони, сила плодоношення минулого року, хвороботворні організми, шкідники, заходи по догляду тощо (OECD..., 2019).

Плід є заключним етапом розвитку репродуктивних органів, більшу його частину формує оплодень (перикарпій), який визначає специфічні зовнішні ознаки плодів. Перикарпій складається з трьох добре помітних шарів: зовнішнього — екзокарпю, середнього — мезокарпю та внутрішнього, що межує з насінням — ендокарпю. Найважливішою частиною плоду, що забезпечує статеве розмноження, є насіння (Артюшенко & Федоров, 1986; Зиман та ін., 2004).

Основна функція плоду — захист та поширення насіння (дисемінація). Плоди як джерело їжі для тварин та елемент довготривалої еволюції, пов'язаної з фауністичним різноманіттям, визначають характер трофічних зв'язків у біоценозі. Важлива роль плодів у історії людства, адже початок землеробства, осілого способу життя та навіть державності відбувалось рівнобіжно з окультуренням рослин (Левина, 1987). Дослідження підтвердили незалежне походження соковитих плодів розоцвітих від предків з сухими плодами, наприклад кісточкових (персика) та зерняткових (яблука) із плодового типу листянки, яка має одне або кілька насінин в тонкій плодовій стінці, що розтріскується при дозріванні. Основою для розуміння еволюції плодів розоцвітих слід вважати підтвержені численні дублікації цілих геномів та чинники навколишнього середовища, зокрема тварин (Xiang et al., 2017).

Морфологічні ознаки є одними із найбільш важливих для систематики та селекції, зважаючи на простоту визначення та економічність, однак чутливими до змін навколишнього середовища, тому можуть слугувати індикатором щодо фенотипової пластичності рослин (Kumar et al., 2018). Варіація певних ознак рослин на різних рівнях організації (організму, популяції, виду, роду тощо) безумовно є відображенням зв'язку між сукупністю важливих екологічних процесів у різних масштабах, тому вимірювання екологічно значущих ознак слід розглядати як напрямок досліджень для визначення екологічних та еволюційних закономірностей, що сприятиме прогнозуванню локальних, регіональних та глобальних взаємовідносин між рослинами та навколишнім середовищем, визначенню кількісної оцінки широкого кола природних та антропогенних процесів (Perez-Harguindeguy et al., 2016).

### **1.3. Репродуктивна біологія роду *Malus* та перспективні напрямки її дослідження**

Попередником «репродуктивної біології» як напрямку досліджень є «біологія розмноження», яка вивчалася виключно на рівні організмів та враховувала спадкові морфологічні особливості. Натомість репродуктивна біологія на всіх етапах процесу розмноження враховує не лише генетичну

складову, а й екологічні взаємозв'язки (Левина, 1981). Хоча дискусії щодо розуміння терміну «репродуктивна біологія» залишилися в минулому столітті, проте й досі нерідко однобічно трактуються при проведенні наукових досліджень. Важливий аспект досліджень у галузі репродуктивної біології рослин – екологізація досліджень репродукції. Наприклад, недоцільно вивчати елементи квітки лише під кутом морфології та онтогенезу, без врахування її основної функції, тобто без контексту екології запилення та адаптивного значення процесів репродукції. Розвиток різноманітних репродуктивних структур — об'єкт дослідження систематиків, екологів та біологів-еволюціоністів (Primack, 1987). Незважаючи на те, що основи репродуктивної біології рослин були закладені близько 200 років тому, а науковий бум у її вивченні спостегігається впродовж останніх чотирьох – п'яти десятиліть, велика кількість даних, опублікованих в цій галузі потребує оцінювання та, навіть, визначення важливих напрямків досліджень, адже майже неможливо поєднати екологічний, еволюційний і генетичний підходи при вивченні розмноження рослин як процесу, що формує зв'язок між поколіннями (Schoen et al., 2019; Singh et al., 2022).

Рівнобіжно зі зростанням антропогенного навантаження все більшої актуальності набувають дослідження репродуктивних стратегій рослин як еволюційної характеристики, так і в контексті екологічної стійкості, а також можливостей пом'якшення дії окремих стресових факторів на репродуктивні системи (Vallejo-Marín, et al., 2010; Tandon, et al., 2022). В основі стратегій збереження, збагачення та раціонального використання фіторізноманіття, беззаперечно, знання репродуктивної біології рослин, особливо, про можливі обмеження, що виникають в процесі статевого розмноження (Coates & Dixon, 2007).

Яблуні це — переважно алогамні рослини з моногенним гаметофітним контролем самонесумісності, однак з невеликою кількістю самоплідних, тобто здатних зав'язувати плоди, чи навіть власне самофертильних форм — здатних зав'язувати насіння у цих плодах внаслідок авто- та/або гейтоногамії (Опалко, 2010; Li et al., 2012; Опалко & Опалко, 2015). На відміну від автогамних культур,

алогамні це — генетично досить строкатий неоднорідний матеріал, відтворення генотипів кожного з яких може бути забезпечено перезапиленням між собою 50–250 особин-носіїв усіх ознак спадковості конкретного сорту чи виду. Тобто генотип алогамних рослин міститься у сукупності особин, з яких складається популяція (Опалко та ін., 2004). Гаметофітна самонесумісність — найпоширеніша репродуктивна система у квіткових рослин, виникнення якої відбулося близько 120 млн. років тому (Aguilar et al., 2015), яка може бути контрольована двома складними механізмами, один з яких проявляється специфічністю та анатомо-морфологічними особливостями маточки, а інший — специфічністю пилку (Pratas et al., 2018). Гаметофітна самонесумісність, керована S-локусом у яблуні, обумовлює вибір запилювача, життєздатність пилку та сприйнятливість приймочки маточки (Ramírez & Davenport, 2013; Pereira-Lorenzo et al., 2018). Повна генетична сумісність настає, коли сорти відрізняються обома своїми S-локусами, напівсумісність, коли вони відрізняються в одному зі своїх двох S-локусів, і повна несумісність, коли обидва сорти мають однаковий S-генотип (Mir et al., 2016). Для полегшення роботи з перехреснозапильними рослинами на ранніх етапах використовують молекулярний аналіз для виявлення S-алелей у сучасних сортів та виявлення нових або рідкісних S-алелей у тисячах названих сортів, які існують в даний час (Cho et al., 2014; Mir et al., 2016; Sheick et al., 2018).

Еволюція складних механізмів запобігання самозапиленню у рослин через спорофітні чи гаметофітні процеси, або внаслідок механізмів, які передують запиленню, запобігає інбредній депресії та сприяє підвищенню життєздатності особин, збагаченню біологічного різноманіття внаслідок перехресного запилення (Буюн, 2013). Хоча ця досить складна біохімічна система, яка запобігає заплідненню яйцеклітин власним, або ж подібним пилком, накладає певні обмеження при використанні рослин роду *Malus* людиною для задоволення власних потреб, однак в природних умовах забезпечує генетичну різноманітність яблуні та сприяє широкій амплітуді адаптаційної здатності потомства порівняно з батьківськими рослинами, тобто є ключовим аспектом для еволюції та процвітання яблуні (Orcheski & Brown, 2012).

Здатність видів та сортів родини *Rosaceae* до міжвидової та навіть міжродової гібридизації використовується у програмах з удосконалення рослин із перенесенням бажаних ознак від дикорослих видів до культурних генотипів (Coart et al., 2003). З'ясований генетичний внесок щонайменше чотирьох дикорослих видів: *M. sieversii* (Ledeb.) Roem., *M. orientalis*, *M. sylvestris*, *M. baccata* в культивний комплекс — яблуна домашня (*M. domestica* Borkh.) (Spengler, 2019), проте у зв'язку з екстенсивним вирощуванням яблуні як плодової культури, виникає потік генів від одомашнених плодових до дикорослих видів та популяцій внаслідок спонтанної гібридизації (Ruhsam et al., 2019; Coart et al., 2003; Kron & Husband, 2009). До початку XXI ст. біологи недооцінювали руйнівну силу спонтанної гібридизації в умовах антропогенізації, однак стає все більш очевидним, що виникнення у природі багатьох проміжних форм, які за фенотипом подібні до *M. domestica* внаслідок інтрогресії генів, спонукало до формування гіпотези, згідно з якою дикорослі види замінюються сукупністю гібридних генотипів зі значною домішкою генетичної інформації від культурних сортів, що призвело до вимирання багатьох популяцій та видів, з особливою загрозою для рідкісних та вимираючих видів (Kleinschmit et al., 1998; Coart et al., 2003; Cornille, et al., 2014). Процеси гібридизації з суміжними сільськогосподарськими культурами завдають безповоротної шкоди дикорослим видам *Rosaceae*, і в тому числі яблуні (Coart et al., 2003). Розуміння природних та антропогенних факторів, які впливають на потік генів як важливу складову адаптації та еволюції видів є вирішальним при розробці програм селекції, розмноження та збереження рослинного різноманіття (Cornille et al., 2014).

Диференціація квіткових (змішаних) бруньок у яблуні розпочинається влітку (кінець червня–початок липня) після завершення інтенсивного росту пагонів, через 3–6 місяців після завершення цвітіння, одночасно з формуванням ембріонів у насінні, та залежить від генотипу й чинників довкілля. Послідовність диференціації наступна: чашолистки, пелюстки, три кола тичинок і, нарешті, насінні зачатки. Так, характерним для рослин роду *Malus* є різниця у термінах закладання (до 6 місяців), тривалості та оптимальних умовах для формування



насінних зачатків та пиляків (Крылова, 1981; Pratt, 1988). Формування та диференціація генеративних органів відбувається лише після того як листковий апарат добре розвинений та здатний виробити необхідну кількість пластичних речовин. Кількість квіткових бруньок, що сформується, залежить від розподілу пластичних речовин на ріст і розвиток плодів та на закладання генеративних бруньок. Подальший розвиток запліднених насінних зачатків, кількість та якість сформованого насіння також визначається розподілом енергетичних ресурсів у материнському організмі.

Репродуктивні характеристики рослин, такі як пилок, є найбільш виразною ознакою, адже містить велику кількість генетичної інформації, а фенотипні ознаки як результат довготривалих еволюційних процесів є видоспецифічними характеристиками. Дослідження характеристик пилкових зерен має важливе значення як для розуміння філогенезу, так і оцінки таксономічного статусу представників роду *Malus*, а також для селекції, біології запилення та навіть репродуктивної екології. Нормальний розвиток пилку — необхідна умова для селекції яблуні. Дотепер перехресна сумісність у роду *Malus* вивчена недостатньо, тому вільне запилення залишається основним методом у селекції (Zhang et al., 2019).

Враховуючи, що пилок яблуні відносно важкий і нелегко переноситься вітром (Janick et al., 1996) види та сорти роду *Malus*, як правило, запилюються бджолами та джмелями, які можуть подолати у пошуках кормової бази близько 10 км (Reim et al., 2017), а найсприятливішим часом для запилення є 10–12 година ранку, що підтверджують дослідження квіткового аромату *M. ioensis* ‘Prairie Rose’ та особливостей поширення летких сполук залежно від фази цвітіння та часу доби (Fan et al., 2019). Оптимальний період для запилення зазвичай триває від двох до дев’яти днів (OECD..., 2019) та визначається терміном формування зародкових мішків, а тривалість життєздатності зародкових мішків значно відрізняється у представників роду *Malus*, визначаючи схильність до самостерильності чи самофертильності, партенокапії чи апоміксису, що може мати значення при виборі таксонів для віддаленої гібридизації (Крылова, 1981).

Під час цвітіння одночасно з готовністю прийняти пилок відбувається виділення різних ароматичних сполук, що пов'язано з активністю комах-запилювачів, тобто сприяє максимізації запилення (Fan et al., 2019). На прикладі датської популяції *M. sylvestris* з'ясовано, що успішне запилення, як правило, можливе між близько ростучими деревами на відстані 23 м, проте лише окремі запилення на більшій відстані вплинули на середнє значення, яке становило 60 м (Larsen & Kjær, 2009). Однак при зменшенні щільності дерев у популяціях яблуні лісової, зростає частота міжвидової гібридизації рівнобіжно з відстанню поширення пилку, а максимальні запилення можуть відбуватися навіть на відстані 10,7 км (Reim et al., 2017).

Формування насіння в яблуні як і у всіх покритонасінних відбувається найчастіше внаслідок статевого, рідше нестатевого розмноження або апоміксису (Koltunow et al., 2000). Тому переважно спостерігають генетичну неідентичність насінного потомства, яка спричинюється перекомпонуванням хромосом і окремих генів у процесі формування статевих клітин і запліднення (Опалко & Опалко, 2019в). Зазвичай кількість та якість насіння залежить від запилення, оскільки нанесення пилку на приймочку при вільному запиленні часто збільшує насінну продуктивність. Кількість сформованого насіння залежить як від кількості, так і від якості пилку, а також від його перенесення, взаємодії приймочки та пилкових зерен, розвитку насінних зачатків (Aizen & Harder, 2007).

Поліплоїдія, самонесумісність, факультативний апоміксис, гібридизація знаходяться в тісному взаємозв'язку та еволюційно впливають на генетичні та фенотипічні зміни (Dickinson et al., 2007).

Реалізація репродуктивного потенціалу в певних ґрунтово-кліматичних умовах відображається здатністю до розмноження різними способами. Для більшості покритонасінних характерна подвійна модель розмноження, навіть часто із можливим одночасним проходженням статевого та нестатевого процесів, або ж із переважанням одного із них. На баланс між статевим та безстатевим процесами розмноження впливає безпосередньо заміна статевих структур

вегетативними, або ж опосередковано розподіл енергії між репродуктивними режимами (Vallejo-Marín et al., 2010).

Види роду *Malus* у природних ареалах розмножуються передусім насінням, крім того, окремі види можуть утворювати кореневу поросль. В умовах інтродукції для збереження материнських ознак використовуються способи вегетативного розмноження — переважно щеплення брунькою чи живцем, рідше живцювання та мікроклональне розмноження (Конопелько, 2020в).

Насінне розмноження забезпечує збагачення та збереження генетичного різноманіття (Piotto & Di Noi, 2003). Завдяки перекомпонуванню хромосом і окремих генів у процесі формування статевих клітин і запліднення утворюються генетично неповторні та унікальні особини, які відрізняються від родителів (Piotto & Di Noi, 2003; Опалко & Опалко, 2019в; Конопелько, 2020в). Сіянци, отримані внаслідок інтенсивної конкуренції пилку, демонструють більш енергійний і рівномірний ріст, порівняно з тими, що були результатом відсутності конкуренції або обмеженої конкуренції. Вони відрізняються краще розвинутою кореневою системою та кроною, порівняно вищою стійкістю наступних поколінь проти стресових чинників довкілля, характеризуються довговічністю (Колесніченко та ін., 2008; Shivanna, 2014), на противагу нестатевому способу розмноження (клонування), за якого формуються генетично ідентичні популяції, яким важко протистояти стресовим чинникам, зокрема шкідникам, збудникам хвороб, кліматичним змінам тощо (Piotto & Di Noi, 2003).

На території Північної Америки традиційним способом розмноження яблуні до XIX ст. був насінний, при чому використовувалося насіння від вільного запилення, що сприяло накопиченню вищого рівня генетичного різноманіття, ніж у Європі, та формуванню нескінченного потенціалу для гібридизації. Саме тому багато відомих у світі декоративних сортів мають невідоме походження, з-поміж них ‘Delicious’ (‘Hawkeye’), ‘Golden Delicious’, ‘McIntosh’, ‘Jonathan’, ‘Rome Beauty’ та ‘Northern Spy’, які були використані для подальшої гібридизації (Forsline et al., 2003). Виражена генетична мінливість — особливо важлива при вирощування садивного матеріалу для рекультивації, тобто зелених насаджень,

призначених для затінення, екологічного відновлення чи скринінгу, оскільки після висаджування вони потребують мінімального догляду (Piotto & Di Noi, 2003).

Насінне розмноження є важливим етапом для виконання інтродукційних робіт та селекційних програм. Отриманню цінного матеріалу для добору сприяє той факт, що в умовах інтродукції деревні рослини в процесі адаптації до нових кліматичних умов, можуть утворювати значно більше форм, ніж у природі. У сіянців можна виявляти зміни кольору листків у 1–2-річному віці, плакучі та пірамідальні форми — на 2–5-річному віці (Колесніченко та ін., 2008).

Успішне розмноження рослин значною мірою залежить від пристосованості до біотичних та абіотичних чинників довкілля, які на них впливають (Tandon, et al., 2022).

Для забезпечення потреб зеленого будівництва, інтродукційних робіт, збереження рослинного різноманіття, де важливою є генетична однорідність садивного матеріалу, використовують способи вегетативного розмноження або клонування.

Розмноження рослин методом щеплення — давня садівнича традиція. Згідно археологічних знахідок щеплення рослин застосовували у Стародавньому Єгипті близько 5000 років до н.е., у Ассирії та Вавилоні — 3000 років до н.е., у Китаї — близько 2000 років до н.е.. Щеплення практикували у Стародавній Греції та Римській імперії, про що свідчать праці Теофраста (487–287 рр. до н. е.), Катона (234–149 рр. до н. е.), Варрона (116–27 рр. до н. е.), Вергілія (70–19 рр. до н. е.), Плінія (12 р. до н. е. – 70 р. н. е.), Колумелли (I ст. н. е.) та інших (Forsline et al., 2003). У Персії та Малій Азії яблуні на карликових підщепах саджанці вирощували ще у III ст. до н. е.. Олександр Македонський із Персії прислав карликову яблуню до Ліцею, центру навчання, створеного Аристотелем. Теофраст, який був учнем Аристотеля і керував ліцеєм, повідомляв про використання карликових підщеп для яблуні. Використання карликових дерев, як і карликових коней, було дуже популярним у Персії. До початку XV ст. виділяли вже дві групи підщеп: дуже карликову ‘French Paradise’ («Французька

парадизка»), і карликову підщепу 'Doucin' або 'English Paradise' («Дусен» або «Англійський рай»). З 1912 року дослідники з Іст-Моллінгу (Кент, Англія), почали збирати підщепи під назвами «Paradise» і «Doucin» з усього світу. Перське слово «pardis» в перекладі з англійської — рай, а плід яблуні вважався райським яблуком. Пізніше тут були класифіковані та описані карликові підщепи 'Malling' (М). До США з Європи карликові підщепи були імпортовані на початку 1800-х років, де вони використовувалися лише для декоративних цілей або домашнього садівництва. У 1953 році від вільного запилення карликової підщепи М 8 з М 1 та М 16 серії отримано підщепи 'Cornell-Geneva' (СГ). Інші групи підщеп, наприклад польська група (Р) виведена у Польщі в 1954 р., група 'Ottawa' (О) — у Канаді в 1961 році, група Будаговського (В або Bud.) у 1976 році та серія 'Michigan' (МАС) в США в 1980 р. були розроблені пізніше. Нині більшість існуючих яблуневих садів у Сполучених Штатах та інших регіонах світу висаджують на клонових підщепах (Fallahi et al., 2002).

Загалом відомо понад 200 способів щеплення рослин та значна кількість модифікацій. Історично перший способом щеплення, імовірно, було аблакування (зближення), який людина могла спостерігати у природі. Найпоширенішими у садівництві нашого часу є способи окулірування — щеплення брунькою та копулювання — щеплення живцем, які були описані ще Вергілієм. В інтродукційній практиці використання різних способів щеплення сприяє збільшенню формового та сортового розмаїття, в окремих випадках підвищує стійкість рослин і скорочує терміни отримання насіння місцевої репродукції (Меженський & Меженська, 2015).

Уникнення кореневої парослі та «вовчків» з підщепи, вигинів стовбура, тканинної несумісності підщепи з прищепою порівняно з традиційними способами щеплення брунькою чи живцем (Hartmann et al., 2009), разом з тим отримання генетично однорідних, анатомічно та фізіологічно цілісних кореневласних рослин, перевагою яких є здатність до відновлення надземної системи у випадку її пошкодження або ж відмирання (Поликарпова, 1990) можна досягнути лише за використання вегетативних способів розмноження, зокрема

живцювання. Успішність укорінення залежить як від фізіологічного стану пагонів та рослини загалом, що змінюється впродовж вегетаційного періоду (Бильк, 1993), так і від мікрокліматичних умов — вологості, температури повітря і субстрату, освітленості, механічного та хімічного складу субстрату, аерації, хімічного складу води, які впливають на живці одночасно та взаємопов'язано, визначаючи активність фізіологічних процесів формування меристематичних клітин в базальній частині живця та фотосинтетичну діяльність листків (Ермаков, 1981). Оптимальні терміни для заготівлі живців можуть зміщуватися, залежно від року досліджень. Для більшості рослин роду *Malus* характерна тенденція більшої залежності регенераційного потенціалу від температурних коливань, ніж від кількості опадів чи гідротермічного коефіцієнту (Opalko et al., 2020).

Зважаючи на те, що яблуня належить до групи важковкорінюваних рослин (Ермаков, 1981), виникає потреба у способах прогнозування коренетвірної здатності генотипів *Malus*, для чого науковці використовують анатомічні, фізіологічні, біохімічні та молекулярно-генетичні показники (Поликарпова & Пилюгіна, 1991; Опалко, 2003; Doud & Carlson, 1977; Amissah et al., 2008; Aung et al., 2017; Xu et al., 2017). Хоча трапляються повідомлення щодо успішного живцювання видів та сортів яблуні, зокрема *M. hupehensis* (Zhang et al., 2017), *M. sieversii* (Bakhtaulova, 2020), 'Нора', 'Almey,' 'Хеleyi' (Hartmann et al., 2009).

У багатьох країнах світу для розв'язання проблем збереження рослинного різноманіття, прискореного розмноження, тиражування, та отримання садивного матеріалу унікальних, цінних декоративних деревних рослин та підвищення продуктивності як декоративного садівництва, так і плодівництва, широко впроваджується метод культури клітин, тканин, і органів рослин (Кунах, 2008; Белокурова, 2010; Колдар & Оксантиук, 2020; Zhang et al., 2005; Pereira-Lorenzo et al., 2018; Itana & Nabib, 2022). Він базується на здатності ізольованих від материнської рослини частин, за сприятливих умов культивування, регенерувати втрачені органи і таким чином відновлювати цілі рослини.

Використання методу розмноження рослин *in vitro* сприяє вирішенню важливих проблем рослинництва, зокрема збільшенню коефіцієнта розмноження

та отримання оздоровленого садивного матеріалу (Кушнір & Сарнацька, 2005; Белокурова, 2010). Використовуючи методи біотехнології рослин, вдається одержувати екологічно чисту, не забруднену хімічними пестицидами, гербіцидами, добривами, важкими металами чи радіоактивними ізотопами, рослину біомасу у необмеженій кількості (Кунах, 2005). Широке теоретичне і практичне значення має не лише розмноження колекцій оздоровлених сортів, гібридів на штучних живильних середовищах, а й збереження генетичних банків рослин *in vitro*, створення генетично змінених форм, можливість використання пробіркового матеріалу для біотехнологічних, генетичних, фізіологічних, мікробіологічних та інших досліджень. З-поміж переваг мікроклонального розмноження рослин багато дослідників виділяють здатність до реювенілізації матеріалу в культурі, що доведено на морфологічному та біохімічному рівнях (Подгаєцький та ін., 2018).

Передісторія методу культури тканин розпочалася на зламі XIX–XX ст., коли німецькі вчені Х. Фьохтінг, Броун і Моріс, Сахс, Карл Рехінгер розпочали вирощувати ізольовані частини та органи рослин. Вперше чітко обґрунтував ідею та теоретичні принципи, зокрема висунув гіпотезу про тотипотентність будь-якої живої клітини рослинного організму, німецький ботанік і фізіолог рослин Готліб Хаберландт у 1902 році. Після розробки у 30-х рр. XX ст. французькими вченими Філіпом Уайтом та Роже Готре складу живильних середовищ для *in vitro*, які використовуються і сьогодні, розпочався стрімкий розвиток культури ізольованих тканин і клітин рослин (Кунах, 2005).

Незважаючи на те, що культура тканин *M. ×domestica* та її сортів має багату історію тривалістю понад 60 років (Teixeira da Silva et al., 2019), метод мікроклонального розмноження інших видів *Malus* та сортів вивчений частково. Оптимізовану технологію мікророзмноження *M. niedzwetzkyana* представили науковці із Казахстану, відповідно до якої висока швидкість розмноження (28,77 нових пагонів на експлант) була на середовищі Кворіна Лепуавра (QL), доповненому 0,5 мг/л 6-БАП та 0,01 мг/л  $\beta$ -ІМК, усі мікропагони укорінювалися на середовищі  $\frac{1}{2}$  QL із додаванням 10 мг/л сахарози та 1,5 мг/л  $\beta$ -ІМК, і в

середньому мали 11,8 коренів на експлант (Nurtaza et al., 2019, 2021). Згідно досліджень китайських вчених, коефіцієнт розмноження для *M. halliana* на живильному середовищі за прописом Мурасіге і Скуга (МС) із вмістом 0,7 мг/л 6-БАП та 0,3 мг/л 1-НОК досягав семи, процес укорінення найкраще відбувався на середовищі  $\frac{1}{2}$  МС із додаванням 0,3 мг/л  $\beta$ -ІМК (Zhang et al., 2007). Відомі також дослідження мікроклонального розмноження *M.  $\times$ purpurea* 'Royalty' (Lu et al., 2015), *M. orientalis* Uglitzk. ex Juz. (Amirchakhmaghi et al., 2019), *M. sylvestris* (Sota et al., 2021), однак об'єктами більшості досліджень *in vitro* були підщепи та плодови сорти яблуні (Lizárraga et al., 2017; Teixeira da Silva et al., 2019).

Отже, перспективність досліджень репродуктивної біології видів та сортів роду *Malus* обумовлена фрагментарністю вивчення окремих її напрямків рівнобіжно із значним внутрішньородовим різноманіттям та пов'язана із виявленням взаємозв'язків між репродуктивними та екологічними характеристиками, вдосконаленням та розробкою ефективних способів розмноження в аспекті проблеми збереження рослинного різноманіття, збагачення асортименту декоративних деревних рослин, інтродукційних та селекційних робіт. З'ясування особливостей репродуктивної біології рослин роду *Malus* може сприяти науковою обґрунтованому розмноженню та впровадженню декоративної яблуні у зелені насадження, екологічному відновленню та розумінню механізмів адаптації до оптимальних і стресових умов довкілля та шляхів регуляції цими механізмами, збереженню, відновленню та раціональному використанню біорізноманіття, збереженню і відтворенню генофонду дикорослих родичів культурних рослин, а також створенню високо декоративних сортів із підвищеним адаптивним потенціалом проти несприятливих чинників довкілля.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі представлені результати теоретичного аналізу та синтезу доступної наукової інформації, зокрема результатів, отриманих в експериментальних і теоретичних дослідженнях, виконаних науковцями у різних країнах світу, щодо систематичного положення, ареалів, сучасного



внутрішньовидового різноманіття роду *Malus*, морфології та репродуктивної біології.

Сучасні філогенетичні системи (зокрема, Angiosperm Phylogeny Group) визначають рід *Malus* у підтрибі *Malinae* Rev., трибі *Maleae* Small, підродині *Amygdaloideae* Arn., родині *Rosaceae*. Згідно В. Т. Лангенфельда, рід поділяють на шість секцій: *Malus*, *Sorbomalus*, *Chloromeles*, *Eriolobus*, *Docyniopsis*, *Gymnomeles*.

Природний ареал видів роду *Malus* охоплює переважно лісові масиви помірної зони Північної півкулі, здебільшого світлі рідколісся, гірські схили або гірські ущелини, інколи — гірські райони субтропічних та тропічних широт із помірним кліматом.

Репродуктивна стратегія представників роду *Malus* з огляду на алогамію та гаметофітну самонесумісність у стабільно-сприятливих умовах забезпечує збереження та збагачення внутрішньородового різноманіття, сприяючи підвищенню життєздатності гетерозиготних особин унаслідок запобігання інбредної дисперсії. Однак глобальні зміни та всезростаюче антропогенне навантаження призводить до зменшення щільності популяцій, спонтанної гібридизації дикорослих видів із одомашненими плодовими і як наслідок до можливої заміни «справжніх» видів спонтанними гібридами.

Зважаючи на фрагментарність вивчення окремих напрямків репродуктивної біології рослин роду *Malus* рівнобіжно із значним внутрішньородовим різноманіттям, перспективними напрямками досліджень є з'ясування особливостей формування і розвитку генеративних органів, виявлення взаємозв'язків між репродуктивними та екологічними характеристиками, удосконалення та розробка ефективних способів насінного та вегетативного розмноження, вивчення декоративних та інших корисних властивостей.

При написанні даного розділу використано наступні посилання:

1. Конопелько, А. В. (2016). Використання генетичного потенціалу роду *Malus* Mill. (яблуна) для декоративного садівництва. *Селекційно-генетична наука і освіта*: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої світлій

пам'яті Федора Микитовича Парія (16–18 березня 2016 року). Умань: Сочінський. С. 144–148.

2. 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.

3. Конопелько, А. В. (2020а). 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.

4. Конопелько, А. В. (2020в). 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>

## РОЗДІЛ 2

### ПРИРОДНІ УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Природно-кліматичні умови району досліджень

Стаціонарні дослідження рослин роду *Malus* проводили на території Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України, що розташований у місті Умань Черкаської області на висоті 170–265 м над рівнем моря і має географічні координати 48°46' північної широти та 30°14' східної довготи за Гринвічем. Площа парку 179,33 га. Окрім того, за межею основного паркового масиву знаходиться дослідно-виробничий розсадник із маточником насіннєвого й вегетативного розмноження рослин, площа якого близько 20 га.

За ботаніко-географічним районуванням територія Уманщини входить до складу південної частини Правобережного Лісостепу України, за геоботанічним — до складу Центрального Правобережно-Придніпровського округу дубово-грабових, дубових лісів та лучних степів, за фізико-географічним районуванням — до Умансько-Маньківського району Центрально-Придніпровської височинної області Подільсько-Придніпровського краю лісостепової зони України (Зеров, 1957; Руденко та ін., 2007а, 2007б).

Зона Лісостепу простягається широкою смугою (150–330 км) із заходу на схід майже на 1100 км та займає близько 34% всієї території України. Межа зі Степом проходить по лінії Котовськ–Первомайськ–Кіровоград–Красноград–Вовчанськ. Виділяють Західний, Подільський, Придністровський, Правобережний, Лівобережний та Східний Лісостеп. Правобережний Лісостеп охоплює територію центральної і східної частини Вінницької, південно-східної частини Житомирської області, центральної і східної правобережної частини Київської та правобережної частини Черкаської областей. Сумарна сонячна радіація на рік складає 100–110 ккал/см<sup>2</sup>. Лісові ландшафти межують із лучно-степовими. Рослинний покрив представлений залишками остепнених луків і степів на плакорах, масивів дубових і дубово-грабових лісів. Зональними типами ґрунтів Лісостепу є типові опідзолені та деградовані чорноземи й сірі лісові ґрунти.

Історично певна взаємодія технологічних процесів і екзогенних сил зумовила різноманітність природних комплексів та складну геоморфологічну структуру ландшафтів. Поверхня Правобережжя в минулому зазнала дуже ерозійного впливу в дольодовиковий та льодовиковий періоди. Уманщина займає центральну частину українського кристалічного масиву та характеризується широкохвилястим долинно-балковим водно ерозійним рельєфом (Мороз та ін., 1996).

Територія нашого краю, як і Україна, була заселена людьми ще за часів первісного ладу. Появу первіснообщинних людей на території Уманщини пов'язують із періодом пізнього палеоліту, що було близько 15–18 тис. років тому. Вже у пізньому палеоліті був сформований сучасний фізичний тип людини розумної. За часів енеоліту (IV–III ст. до н.е.) на території сучасної Правобережної України впродовж 1500–2000 років розвивалась трипільська культура. Далі за часів бронзового віку був період панування переважно скотарських племен, найвідоміші з яких — поселення білогрудівської культури. Пізніше відомі велике об'єднання племен під назвою Скіфія (з середини VII ст. до н.е.), сарматське суспільство (II ст. до н.е. – IV н.е.), черняхівська культура. Починаючи з епохи бронзи на Правобережжі зароджується праслов'янський етнічний масив, але власне слов'яни з'явилися у I ст. н.е.. Пізніше Уманщина входила до складу Київської Русі, потерпала від монголо-татарської навали, була під зверхністю Великого князівства Литовського та Речі Посполитої, спустошувалася від нападів турецько-татарських нападів, що перетворили її на «Гуманську пустиню». Відродження на території Уманщини відбувалося з XVIII ст., а Умань стала володінням графа Франциска Салезія Потоцького, а пізніше його єдиного сина Станіслава Потоцького. (Монке та ін., 2001). Закоханість якого у Софію і дала початок будівництву славнозвісного парку «Софіївка», яка нині є окрасою не лише Уманщини та перлиною у вінку прикрас України, а й одним із найвидатніших творінь світового садово-паркового мистецтва кінця XVIII – першої половини XIX ст. (Косенко, 2003).

Для території міста Умань та району характерний сильно розчленований рельєф, що чітко проявляється і на території НДП «Софіївка». Формування ґрунтів і характер ґрунтового покриву, залежить від рельєфу, яким обумовлюється і перерозподіл на поверхні суші сонячної радіації (експозиція, форма і крутизна схилів), опадів і розчинених у воді речовин. Саме тому на різних елементах рельєфу створюються неоднакові умови за вологістю ґрунту, температурним і світловим режимом, умовами живлення для росту і розвитку рослин, та як наслідок відмінності у нагромадженні органічної маси, що призводить до формування різних ґрунтів. На мікроклімат парку та процеси ґрунтоутворення, безумовно, впливали і каскади ставків, створені ще за часів його будівництва та реконструкції.

Дендрологічний парк «Софіївка» розташований на гранітному базоліті мезомагматичного походження, який у балках і руслах річок виходить на поверхню і утворює мальовничі скелі. Основними мінералами, що утворюють граніт Уманського плутону є польові шпати, кількість яких на деяких ділянках досягає 70% його мінерального складу.

Долину та береги річки Кам'янка, міжбалкове плато між балками «Грекова балка» та «Звіринець», а також власне балки, що впадають в долину річки з правого боку за течією характеризують рельєфність території парку «Софіївка». Розчленований рельєф, ерозія ґрунту та спеціальні розкопки під час будівництва парку обумовили вихід на поверхню гранітної кристалічної основи (Кавказька Гірка, Мала Швейцарія, Єлисейські поля) та наявність особливого типу ґрунтів, сформованих на зміщених ґрунтах.

На території Уманського агроґрунтового району найбільш поширені реградовані чорноземи (40%), які характеризуються підвищеною родючістю та опідзолені ґрунти (35%), незначну частину займають чорноземи глибокі (10%). Глибина залягання власне гумусового горизонту в чорноземах реградованих як і в чорноземах опідзолених сягає 40–44 см. Одним із важливих чинників, що розкриває родючість чорноземних ґрунтів є волога. (Мороз та ін., 1996).

Основні ґрунтоутворюючі породи на території парку «Софіївка» — леси, граніти і новочасні алювіально-делювіальні відклади днищ, балок і долини річки Кам'янка. Ґрунтовий покрив формувався під впливом лісової та трав'яної рослинності. Близько 73% лісової території парку займають темно-сірі лісові нерідко реградовані важко суглинкові мулувато-крупнопиливаті ґрунти, до 20% площі — такі ж, але слабо змиті ґрунти, решту площі — темно-сірі лісові. Нерідко реградовані, намиті важко суглинкові ґрунти, місцями і луно-болотні. Підвищені елементи рельєфу приурочені до карбонатних ґрунтів. Найпоширеніші на території НДП «Софіївка» опідзолені чорноземи, приурочені до слабо розчленованих плато і пологих схилів. Типи ґрунтів, які залягають на території дендропарку «Софіївка» мають вміст гумусу від 1,40–4,14% (темно-сірі опідзолені ґрунти) до 4,77% (вилугувані чорноземи), кислотність їх варіює в межах рН 4,0–7,3, однак переважна частина ґрунтів має нейтральну реакцію.

Клімат району проведення досліджень характеризується як помірно-континентальний, порівняно теплий із нестійким вологозабезпеченням (Ліпінський та ін., 2003; Маринич & Шищенко, 2005), із середньою річною температурою повітря +7,0...+7,7°C. найхолоднішим місяцем вважається січень (середня температура -5,5...-6,1°C), найтеплішим — липень (середня температура +19,2...+20,8°C). Абсолютний мінімум температури повітря — -34...-38°C, абсолютний максимум — +36...+39°C (Мороз та ін., 1996).

Середня тривалість періоду з температурою повітря нижче -10°C досягає 30 діб на рік. Тривалість періоду безперервного утримання низьких температур повітря коливається від декількох годин до декількох діб. Часті відлиги — характерна особливість зимового періоду — негативно впливають на перезимівлю рослин, знижують їх загартування, різко підвищують витрати вуглеводів, спричинюють утворення льодяної кірки. Найчастіше відлиги спостерігають у грудні та лютому. Число днів із відлигами на Черкащині досягає 45 діб, а тривалість — до 14–16 діб. (Ліпінський та ін., 2003).

Дата утворення стійкого снігового покриву в середньому припадає на 20–25 грудня, а його руйнування — на 1–5 березня. В окремі роки спостерігали

зменшення періоду стійкого снігового покриву до 30–40 діб, чи подовження до 130–140, і навіть до 150–160 діб. Можливі зими без стійкого снігового покриву, такою була зима 1989–1990 рр., коли в окремих районах стійкого снігового покриву не сформувалося. У місті Умань середня багаторічна тривалість стійкого снігового покриву становить 87 діб, найменшу тривалість зафіксовано взимку 1924–1925 рр. — 19 діб, найбільшу — взимку 1908–1909 рр. — 148 діб (Ліпінський та ін., 2003).

Середня тривалість безморозного періоду на Черкащині 170–180 діб із середнім квадратичним відхиленням на 14–24 доби. Середня дата останнього весняного заморозку — 20 квітня (Ліпінський та ін., 2003). За початок весни вважають дату переходу середньодобових температур вище 0°C, що на Черкащині спостерігають 15–20 березня. За початок літа вважається дата переходу середньодобових температур через +15°C, що спостерігають переважно із середини травня до середини вересні (Мороз та ін., 1996).

Річна сумарна сонячна радіація району дослідження становить 4000–4200 мДж/м<sup>2</sup>, сума фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період (із температурою вище +5°C) — 1800–1900 мДж/м<sup>2</sup> (Ліпінський та ін., 2003).

Сума активних температур району дослідження становить близько 3000°C, із відхиленнями залежно від року на 300–400°C. Середньорічна кількість опадів 450–520 мм на рік. Однак, в окремі роки вона може зменшуватися до 255–390 мм за рік, або збільшуватися до 670–787 мм за рік. Середня багаторічна вологість повітря міста Умань становить 76%, із максимумом — 87% у листопаді-грудні, та мінімумом — 65% у травні-липні.

Згідно даних Уманської метеорологічної станції, 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 +20,6°C до +21,3°C (табл. 2.1.1). Найхолоднішим місяцем зими за роки досліджень був січень із середньою температурою -3,1°C. Найтеплішим місяцем літа був липень із середньою температурою +21,3°C. Найбільш спекотним за сумою середніх температур був 2020 рік (128,2°C), найменш спекотним — 2021

рік (104,6°C). Середня температура повітря за рік впродовж 2016–2022 років переважно була вищою за середню багаторічну ( $M_{1991-2020}$ ) на 0,9°C.

Річна сума опадів змінювалася від 374,4 мм до 606 мм (табл. 2.1.2). Сума опадів у середньому за роки дослідження була 519,0 мм за рік, що менше за середнє багаторічне значення ( $M_{1991-2020}$ ) на 67 мм. Найменше опадів випало у 2019 році (378,0 мм), найбільше — у 2021 році (641,8 мм).

Слід відмітити, що за даними Уманської метеостанції, спостерігається багаторічна тенденція щодо зменшення кількості атмосферних опадів та підвищення температурних значень, зокрема за період 1991-2020 рр., порівняно з 1961-1990 рр. кількість опадів за рік зменшилася на 47 мм, а температура зросла на 1,4°C.

Таблиця 2.1.1

Середньомісячна температура повітря в м. Умань за 2016–2022 роки, °C

Рік	Місяць												М
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$M_{1991-2020}$	-3,4	-2,3	+2,5	+9,7	+15,4	+19,0	+20,9	+20,1	+14,5	+8,3	+2,8	-1,8	+8,8
2016	-5,6	+2,4	+4,5	+12,3	+14,7	+20,0	+21,6	+20,6	+15,7	+6,4	+1,7	-1,9	+9,4
2017	-5,2	-2,8	+5,9	+9,7	+14,9	+20,0	+20,6	+22,0	+16,5	+8,7	+3,5	+2,1	+9,7
2018	-3,0	-3,7	-1,4	+13,5	+18,0	+20,2	+20,8	+22,1	+15,8	+10,1	+0,1	-2,0	+9,2
2019	-4,7	+0,5	+4,5	+9,7	+17,0	+22,4	+20,0	+20,7	+15,6	+10,0	+5,5	+2,2	+10,3
2020	+0,4	+2,2	+6,3	+9,3	+12,5	+20,9	+21,6	+20,9	+17,7	+12,7	+3,7	+0,0	+10,7
2021	-2,3	-3,8	+2,0	+7,4	+14,0	+19,9	+23,2	+20,3	+13,0	+7,2	+4,7	-1,0	+8,7
2022	-1,3	+1,8	+2,0	+8,5	+14,8	+20,5	+21,0	+21,8	+13,1	+10,0	+2,9	+1,6	+9,7
$M_{2016-2022}$	-3,1	-0,5	+3,4	+10,1	+15,1	+20,6	+21,3	+21,2	+15,3	+9,3	+3,2	+0,1	+9,7

Високу інформативність щодо режиму атмосферного зволоження та посухи має гідротермічний коефіцієнт (далі ГТК) Г. Т. Селянинова, що визначається як відношення суми опадів за період з активними температурами вище +10°C до суми температур. За значенням ГТК визначають інтенсивність посух: ГТК = 0,3–



0,5 — дуже сувора посуха,  $ГТК = 0,5-0,7$  — сувора посуха,  $ГТК = 0,7-1,0$  — помірна (Ліпінський та ін., 2003).

Таблиця 2.1.2

Середньомісячна кількість опадів в м. Умань за 2016–2022 роки, мм

Рік	Місяць												Σ за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
М <sub>1991–2020</sub>	38,0	34,0	36,0	41,0	52,0	81,0	68,0	49,0	61,0	43,0	43,0	40,0	586,0
2016	75,0	60,0	26,0	26,0	117,0	75,0	16,0	27,0	6,5	88,0	51,0	32,0	599,5
2017	21,0	40,0	26,0	53,0	48,0	40,0	59,0	30,0	38,0	54,0	37,0	104,0	550,0
2018	58,0	44,0	66,0	18,0	20,0	82,0	94,0	3,0	106,0	14,0	50,0	51,0	606,0
2019	55,0	25,0	17,0	22,0	35,0	69,0	34,0	19,0	32,0	10,0	14,0	46,0	378,0
2020	13,0	51,0	25,0	21,0	101,0	71,0	21,0	17,0	28,0	82,0	19,0	34,0	483,0
2021	60,0	42,0	33,0	51,0	55,0	105,0	91,0	70,0	16,0	6,8	20,0	92,0	641,8
2022	24,0	7,2	14,0	52,0	24,0	37,0	28,0	44,0	101,0	4,6	34,2	4,4	374,4
М <sub>2016–2022</sub>	43,7	38,5	29,6	34,7	57,1	68,4	49,0	30,0	46,8	37,1	32,2	51,9	519,0

За роки досліджень виявлено суттєві зміни ГТК, що дало змогу визначити інтенсивність посухи (рис. 2.1.1).

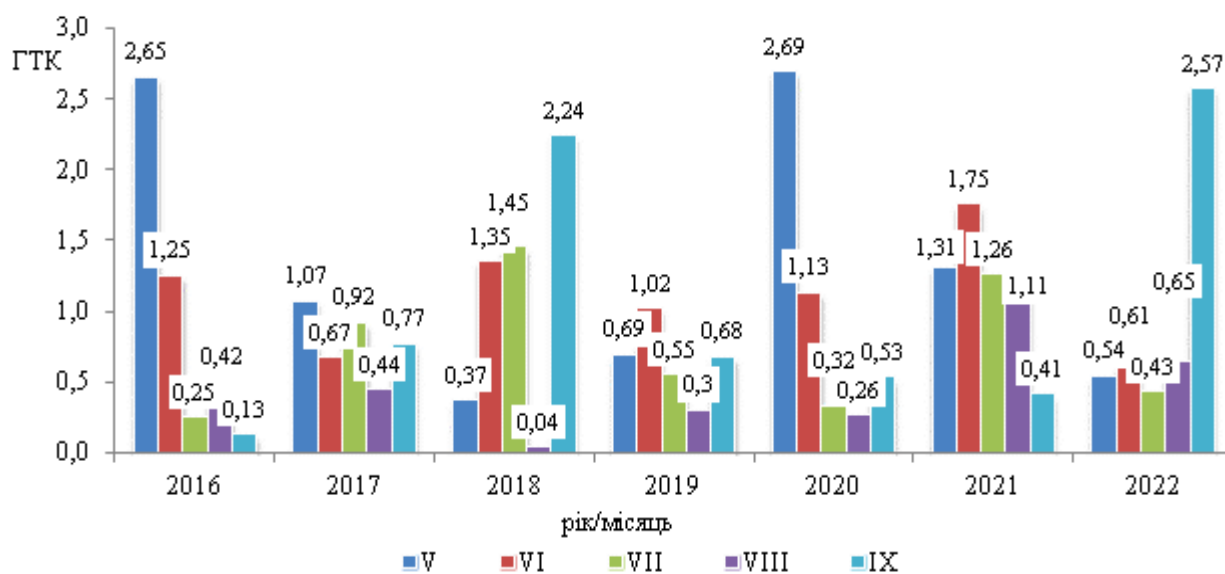


Рис. 2.1.1. Гідротермічний коефіцієнт впродовж травня-вересня 2016–2022 рр.

Значення ГТК у травні 2016–2022 рр. було в межах від 0,37 (у 2018 році) до 2,69 у 2020 році. Середнє значення ГТК у червні було 1,11, із найнижчим значенням у 2022 році та найвищим — у 2021 році. ГТК у липні 2016–2022 рр. був у межах від 0,25 до 1,45, середній показник становив 0,74. Найбільш посушливим місяцем був серпень, із ГТК в межах від 0,04 до 1,11, середнє значення — 0,46. Значення ГТК у вересні було в межах від 0,13 до 2,57. Найнижче значення ГТК фіксували у серпні 2018 року, однак зважаючи на метеорологічні показники попереднього та наступного місяців 2018 року, посуху не спостерігали.

Найбільш посушливим місяцем за роки досліджень був серпень із ГТК = 0,26, найвищою середньою температурою +21,26°C та найменшою середньою кількістю опадів — 19,2 мм. Найбільш посушливе літо, згідно ГТК, було в 2020 році, що підтверджували дані наших спостережень за посухостійкістю рослин.

## 2.2. Характеристика об'єктів дослідження

Об'єктами дослідження були види та сорти *Malus* із колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України, які 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'.

Слід зауважити, що наукові назви окремих видів роду *Malus* мають неоднозначне трактування у різних базах даних (<http://www.theplantlist.org/>, <https://www.worldfloraonline.org/>, <https://powo.science.kew.org/>, <https://npgsweb.ars-grin.gov/>, <https://www.iucnredlist.org/>), зокрема це стосується *M. trilobata*,

*M. tschonoskii* та *M. niedzwetzkyana* (додаток В, табл. В.1). Однак в очікуванні уточнення питань систематики і таксономії, враховуючи загальну орієнтацію щодо ґрунтового перегляду статусу окремих назв, ми досліджували ці рослини як види роду *Malus*, що характеризуватимуть їх незалежно від нинішніх і майбутніх таксономічних новацій.

*M. trilobata* (яблуня трьохлопатева) — єдиний та досить відособлений, оригінальний та примітивний представник монотипної секції *Eriolobus*, із вузьким диз'юктивним ареалом на Сході Середземномор'я (додаток Д, рис. Д.1). Це цінна плодово-медоносна рослина, що вирізняється високою декоративністю та посухостійкістю (Tashev & Petkova, 2009). Деревя заввишки від 5 до 15 м. Природно росте на території Болгарії, Греції, Ізраїлю, Лівану, Сирії, Туреччини, поодинокі або невеликими групами, в широколистяних або змішаних широколистяно-хвойних лісах разом із видами *Quercus* L., *Juniperus* L. та *Cedrus* (Trew) Mill. (Li et al., 2022; IUCN, 2022). У Лівані поширені на висотах від 1000 до 1500 м разом із рослинами *Ostrya* Scop., *Sorbus* L., *Fraxinus* L. та *Abies* L. на піщаних ґрунтах із високим рівнем *pH* (Zahreddine et al., 2007). У культурі з 1877 року (Rehder, 1949).

Вид описаний вперше французьким ботаніком та мандрівником Жаком де Лабілард'є в ліванських горах під назвою *Grataegus trilobata*. До роду *Malus* вид перенесений Шнейдером у 1906 році (Лангенфельд, 1991). Народна назва, відома у країнах Середземномор'я — оленяче яблуко — *deer apple* (Demircan et al., 2022).

Вид *M. trilobata* відмічений у Червоному списку Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів — МСОП (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN), належить до категорії «Майже під загрозою», яка є близькою до групи «Види під загрозою» (категорії «У критичній небезпеці», «Зникаючий» та «Уразливий»), і найімовірніше вид може бути перенесений у одну з цих категорій у найближчому майбутньому. Однак тенденція щодо зміни чисельності популяцій *M. trilobata* невідома (IUCN, 2022). Європейський Червоний список також визначає *M. trilobata* у категорії «Майже під загрозою» (Rivers et al., 2019).

У колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» рослини *M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. coronaria* 'Red Tip' із 2008 року, вирощені з матеріалу, отриманого із Варшавського ботанічного саду Польської академії наук.

*M. tschonoskii* (яблуня чоноскі) — дерево до 10–15, зрідка до 20 м заввишки, стовбур може досягати в діаметрі до 2 м (Li et al., 2022). Природний ареал — Японія (Li et al., 2022; додаток Д, рис. Д.1), переважно на острові Хонсю у передгірських лісах, де у 1873 році К. І. Максимовичем були зібрані гербарні зразки з плодами, але без листків (Rehder, 1949; Лангенфельд, 1991).

*M. tschonoskii* — вид досить рідкісний у культурі, який вирощують здебільшого в дендраріях. Стійкий проти парші яблуні (Beckerman et al., 2009) та проти ураження *Rhagoletis pomonella* — яблучною личинкою (Myers et al., 2008). Virізняється пірамідальним габітусом та осіннім помаранчево-червоним забарвленням листків (Rehder, 1949).

Цей вид є вторинним генетичним родичем культивованої яблуні, тому має потенціал для використання як донора генів для покращення врожаю; також культивується як декоративна рослина, однак відомостей щодо його еколого-біологічних особливостей та поширення недостатньо (IUCN, 2022).

*M. fusca* (яблуня бура, або прирічкова) вперше описана за матеріалами, зібраними на території тихоокеанського побережжя Північної Америки ботаніком Рафінеском під назвою *Pyrus fusca* (Лангенфельд, 1991). Природний ареал займає прибережні території від Аляски та Алеутських островів до Каліфорнії (Rehder, 1949; додаток Д, рис. Д.1). *M. fusca* генетично групується із видами, що походять із Центральної Азії та Китаю, а не з іншими північноамериканськими таксонами, тому припускають, що вид є мігрантом через Берингову протоку ((Routson et al., 2012). Інтродукція виду розпочалася з 1836 року. У колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» рослини *M. fusca* з 2015 року, отримані з матеріалу, заготовленого на дослідній станції ім. Л. П. Симиренка.

Сіянци *M. fusca* можуть бути використані як підщепи для одомашнених яблунь у заболочених місцях (Routson et al., 2012). Virізняється стійкістю проти

опіку, яка наразі не подолана жодним відомим штамом *Erwinia amylovora* (Emeriewen et al., 2018).

*M. fusca* (Pacific crabapple — тихоокеанський креб) — культурно важливий вид для перших націй тихоокеанського північно-західного регіону Північної Америки, які цінують і використовують плоди як їжу, кору та листя для ліків, а деревину для виготовлення інструментів і будівництва (Routson et al., 2012).

*M. floribunda* (*M. baccata* × *M. sieboldii*) — яблуня рясноквітуча — має гібридне походження, за сукупністю ознак відноситься до секції *sect. Sorbomalus* (Лангенфельд, 1991). Інтродукована з Японії до Європи 1862 року (Рубцов, 1974; Ditt, 2009). Історія культивування *M. floribunda* у США розпочалася у дендрарії Арнольда на початку ХХ ст. (Crandall, 1917). Це — невелике дерево, заввишки 6–10 м, із широкою розкидистою кроною, тому діаметр крони дорослих рослин часто більший, ніж висота. *M. floribunda* має ефектний вигляд, як і більшість дрібноплодих яблунь, у період цвітіння та плодоношення. Рекомендують висаджувати на передньому плані в солітерах чи групами (Колесников, 1974; Рубцов, 1974). Має високу декоративну цінність та селекційне значення (Wang et al., 2022). Найбільш вивченим геном стійкості з-поміж *Malus* spp. до парші яблуні визнаний ген *Vf*, ідентифікований у *M. floribunda* 821 (Belfanti et al., 2004). У колекції НДП «Софіївка» *M. floribunda* з 2005 року, отримана щепленням із живців Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка.

Дослідження, проведене у міських районах Швеції, визначили *M. floribunda* як рослину, що може загрожувати системам підземних комунікацій, зокрема трубопроводів із полівінілхлориду, у зв'язку з тим, що у радіусі 20 м від стовбура дерев яблуні рясноквітучої фіксували проникнення її кореневої системи до з'єднань труб у 70% випадків (Östberg et al., 2012).

*M. toringoides* — дерево або високий кущ заввишки 3–10 м (Li et al., 2022). Опис зробив Редер у 1915 році (*M. transitoria* var. *toringoides*) за матеріалами, зібраними Е. Вілсоном у 1904 році на території Китаю. Природний ареал — Південно-Західний Китай, на висотах 3000–3600 над рівнем моря (додаток Д, рис. Д.1). Це — ендемік гір Хендуань, росте у посушливих субальпійських

районах округу Лухуо регіону Ганзі в провінції Сичуань (Xu et al., 2011; Wang et al., 2020). У культурі вид відомий з 1913 року у Великобританії (Лангенфельд, 1991). *M. toringoides* — факультативний апоміктичний вид, характеристики якого поєднують ознаки *M. kansuensis* та *M. transitoria* (Ming-hao et al., 1999). У колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» з 2007 року, матеріал отриманий із Ботанічного саду ім. О. В. Фоміна.

Зарекомендувала себе як цінна декоративна рослина. Рослини *M. toringoides* для озеленення цінні не лише своїми декоративними ознаками, а й зважаючи на добре розвинену кореневу систему та стресостійкість можуть бути використані для екологічного відновлення деградованої рослинності в посушливих альпійських районах, для відновлення рослинності вздовж сухих річкових долин і схилів пагорбів, що виходять на південь, у деградованих екосистемах (Xu et al. 2011). Виявлено, що існують різні морфологічні типи *M. toringoides* за соле-, посухо-, жаростійкістю, за стійкістю до затоплення та різних типів гнилі (Ming-hao et al., 1999). Може бути використаний як напівкарликова підщепа з хорошою сумісністю, що забезпечує раннє плодоношення, високу врожайність та хорошу якість плодів (Wang et al., 2020).

*M. toringoides* використовується на Тибеті та в Китаї як лікарська та їстівна рослина, зокрема для лікування або профілактики серцево-судинних захворювань (Quan et al., 2020). Чай з його листків («E Se tea») — традиційний напій на Тибеті (Wang et al., 2020). Зважаючи на багатівікове використання сировини *M. toringoides* у народній медицині, в XXI ст. актуальні біохімічні дослідження хімічного складу плодів, кори, листків та приготованого з них чаю, його антиоксидантної та цитопротекторної активності (Wang et al., 2010; Elansary et al., 2020). Розроблено технологію індукції калюсу із листків *M. toringoides* (Xiaobo et al., 2019).

*M. coronaria* 'Red Tip' — гібрид впроваджений у культуру 1919 року з Експериментальної сільськогосподарської станції Південної Дакоти (США). Материнська рослина — сіянець *M. coronaria* із околиць річки Елк (Мінесота), батьківська — *M. niedwetzkyana* (Hansen, 1927). Пурпурові листки на верхівках

молодих пагонів та ніжно-рожеві квітки забезпечують декоративну цінність для озеленення. У роки з рясним плодоношенням починаючи з серпня–вересня площа під кроною вкрита плодами, тому рекомендуємо висаджувати рослини *M. coronaria* ‘Red Tip’ далі від пішохідних доріжок для уникнення їхнього засмічення.

*M. baccata* (яблуня ягідна) — переважно невелике дерево, заввишки 4–8 м із низькою округлою кроною, іноді досягає понад 10 м заввишки (Rehder, 1949; Лангенфельд, 1991). Природний ареал протягується від Сибіру до Кореї та Гімалаїв (додаток Д, рис. Д.1). Рослини *M. baccata*, зважаючи на їх розміри, рекомендують використовувати у невеликих садах і скверах як солітери, а також у групових і алейних насадженнях. У великих садах і парках вона має гарний вигляд у групах на передньому плані високорослих дерев. Придатна для формування живоплотів (Колесников, 1974). Вирізняється морозостійкістю (Рубцов, 1974), посухостійка та відносно газостійка (Колесников, 1974). Клонування гену MbMYB4 родини MYB із геному *M. baccata* сприяло підвищенню холодо- та посухостійкості рослин (Yao et al., 2022).

Завдяки екологічній адаптивності та стійкості до різноманітних біотичних і абіотичних стресових чинників, сіянці *M. baccata* використовують як підщепи (Raja et al., 2022). Відповідно до дослідження анатомічної будови *M. baccata*, вид має властивості карликової підщепи, подібні до вегетативної підщепи M9, тому може розглядатися як важливий генетичний ресурс для впровадження карликової підщепи насінного походження (Kumar et al., 2022). З’ясовано, що ген MbDREB1 із геному *M. baccata* функціонує як фактор транскрипції та підвищує стійкість рослин до низьких температур, посухи та сольового стресу (Yang et al., 2011).

*M. halliana* (яблуня Холла) — дерево до 5 м заввишки з широкою округлою кроною (Rehder, 1949; Рубцов, 1974). Описана німецьким дендрологом Кьоне в 1890 році. Природний ареал охоплює Китай, до Японії яблуня Холла була інтродукована (додаток Д, рис. Д.1 ). Вид поширений у долинах рік (Рубцов, 1974).

*M. halliana* є місцевою підщепою на солончаково-лужних ґрунтах північно-західного Китаю, яка демонструє вищу солончакову стійкість до лугу та вирізняється вищою стійкістю до посухи та дефіциту заліза, порівняно з іншими підщепами яблуні (Jia et al., 2019).

У народній китайській медицині сировину *M. halliana* використовували як фітотерапію для лікування травм, переломів і кровотеч (Yin et al., 2017), у традиційній медицині квітки *M. halliana* використовують для лікування метрорагії (Cui et al., 2019). Розроблено технологію виробництва чаю з листків яблуні Холла, що подібний до процесу виробництва зеленого чаю. Флоридин як основний компонент такого чаю має протидіабетичну, покращуючу пам'ять, антиоксидантну, протипухлинну, естрогенну та антиестрогенну активність (Yin et al., 2017).

*M. niedwetzkyana* — дикорослий родич культивованих сортів і, отже, міжнародний генетичний ресурс (IUCN, 2022). Природний ареал *M. niedwetzkyana* розташований у Середній Азії (Афганістан, Китай, Казахстан, Киргизстан, Узбекистан) та обмежений гірськими лісами Тянь-Шаню. Це невибагливий, морозостійкий, посухостійкий вид, цікавий для декоративного садівництва та селекції. *M. niedwetzkyana* як вихідний матеріал у селекції використовував І. В. Мічурін для створення гібридів яблуні з пурпуровим забарвленням листків, квіток та плодів (Бородина и др., 1966; Колесников, 1974). У Червоному списку Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (IUCN) значиться у категорії «Зникаючий». Внаслідок збільшення площі сільськогосподарських угідь, надмірного випасу худоби, гібридизації з іншими видами та культивованими сортами відбувається скорочення його ареалу та загрожує зникнення (IUCN, 2022).

*M. ×purpurea* (яблуня пурпурова) — гібрид *M. niedwetzkyana* × *M. atrosanguinea*. Дерево з розкидистою ажурною кроною. У культурі на території України (Львів) відома з 1900 року (Рубцов, 1974). У колекції НДП «Софіївка» *M. ×purpurea* з 2004 року, отримана щепленням із живців Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка (Опалко, 2015).



М. А. Dirr (2009) повідомляє про сприйнятливість яблуні пурпурової до парші та вогнівки. Разом з тим, *M. ×purpurea* — морозостійка та посухостійка рослина. Придатна для контрастних композицій — створення груп, узлісь, алей тощо (Рубцов, 1974). Завдяки високій декоративності та різноманіттю властивостей *M. ×purpurea* та її сорти, не лише стануть окрасою будь-якого ландшафту, а й можуть бути основою для селекції декоративної яблуні.

*M. ×purpurea* ‘Ola’ — дерево з ажурною розкидистою кроною та великими рожевими квітками (Опалко, 2015). Стійкий проти хвороб сорт, і тому рекомендується для оздоблення невеликих двориків, де не можна застосовувати пестициди (Опалко та ін., 2016). У колекції НДП «Софіївка», рослини сорту ‘Ola’, з 2008 року, вирощені щепленням із матеріалу Варшавського ботанічного саду Польської академії наук (Опалко, 2015).

*M. ×purpurea* ‘Royalty’ — дерево з прямою конічною кроною, із віком більш розкидистою (Опалко, 2015). Дерево росте повільно, формує компактну низько розгалужену конічну крону, що відповідає запитам дизайнерів, проте вимагає селекційно-генетичного поліпшення щодо стійкості до збудників хвороб (Опалко та ін., 2016). Сильно сприйнятливий до парші та вогнівки (Dirr, 2009). Живці сортів ‘Royalty’ та ‘Selkirk’ отримано з головного ботанічного саду ім. Н. В. Цицина РАН у 2004 році (Опалко, 2015).

*M. ×purpurea* ‘Selkirk’ — невелике дерево з широкою округлою кроною. Сорт мало сприйнятливий до парші яблуні, вогнівки та борошнистої роси (Dirr, 2009). Зважаючи на те, що плоди цього сорту можуть засмічувати доріжки та майданчики восени, як і сорту ‘Ola’, тому їх рекомендують висаджувати на газоні у солітерах чи групами. Рослини *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ слід висаджувати від пішохідних доріжок та майданчиків на такій відстані, щоб крона не нависала над ними, однак достатньо близько, щоб можна було насолоджуватися красою квіток та плодів.

Окрім того, за період виконання досліджень за темою дисертаційної роботи відбувалися експедиційні поїздки до Інституту помології ім. Л. П. Симиренка НААН України, саду-музею «Український Едем», розсадника декоративних

рослин «Єва», під час яких виконували спостереження за ростом та розвитком видів та сортів яблуні. Також було отримано цінний матеріал для збагачення колекційного фонду НДП «Софіївка» НАН, зокрема дрібноплодими видами, 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').

Нині в колекцію НДП «Софіївка» залучено цінний фонд генетичних ресурсів видів і сортів роду *Malus*, що використовується як маточник для розмноження та є об'єктом науково-дослідних робіт, який потребує збереження та збагачення.

### 2.3. Методика досліджень

Стаціонарні дослідження та основні спостереження за рослинами роду *Malus* проводили у НДП «Софіївка» НАН України, зокрема на колекційних та експозиційних ділянках, дослідно-виробничій ділянці відділу декоративних і плодкових рослин, у теплиці із дрібнодисперсним зрошенням і у лабораторних умовах. При дослідженні особливостей репродуктивної біології, способів розмноження та перспектив використання у зеленому будівництві рослин роду *Malus* були застосовані описові, порівняльні, експериментальні, лабораторні, польові та статистичні методи.

Для визначення систематичного положення роду *Malus* використано метод критичного аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури, проведено аналіз отриманої інформації. Таксономічний склад об'єктів дослідження уточнювали за різними контрольними списками: The Germplasm Resource Information Network (GRIN), The World Flora Online (WFO), та Plants of the World Online (POWO). Визначаючи валідність таксонів використовували базу даних World Flora Online (2023).

Фенологічні спостереження проводили згідно з «Методикой фенологических наблюдений в ботанических садах СССР» (Александрова и др., 1975). Вплив температурних умов аналізували за сумою ефективних температур

вище 5°C (SET>5°C) та вище 10°C (SET>10°C), обрахованому з використанням загальноживаних методів.

Рясність цвітіння та плодоношення оцінювали візуально за шкалою В.Г. Каппера (1930) у модифікації О. А. Калініченка (1978). Динаміку сезонного приросту пагонів визначали для кожного виду/сорту із точністю до 1 мм за рекомендаціями А. А. Молчанова та В. В. Смірнова (1967) та розраховували добовий приріст і за ним порівнювали різні генотипи.

Для характеристики морфологічних ознак квіток, плодів та насіння використовували описовий метод зовнішніх морфологічних особливостей, атласи з описової морфології вищих рослин (Артюшенко & Федоров, 1986; Артюшенко, 1990), довідник з морфології квіткових рослин (Зиман та ін., 2004), латинсько-англо-російсько-український словник термінів з морфології та систематики судинних рослин (Зиман та ін., 2011).

Для характеристики забарвлення плодів використовували Міжнародну еталонну шкалу кольорів — The Royal Horticultural Society (RHS).

Біометричні показники генеративних та вегетативних органів вимірювали за допомогою штангенциркуля ШЦ–III–160 мм (СРСР, ЛИЗ/ИЗМЕРОН) з точністю 0,05 мм. Масу плодів та насіння визначали за допомогою лабораторної електронної ваги CERTUS CBA–300–0,05 з точністю 0,005 г.

Для характеристики репродуктивної здатності визначали фертильність та життєздатність пилкових зерен за методикою Т. В. Паршикової (2010). У лабораторних дослідженнях використовували тринокулярний мікроскоп Levenhuk MED 25T, обладнаний цифровою камерою 5,1 Мп.

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).

Фактичну посухостійкість рослин визначали візуально за уніфікованою шкалою В. М. Меженського (2007). Інтенсивність посухи визначали за гідротермічним коефіцієнтом зволоження Г. Т. Селянинова (ГТК) (1928) (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).

У досліджах 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), В. Г. Куян (1998, 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 генетики, селекції та репродуктивної біології 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 та С. В. Сідневої (1973), акліматизаційне число М. А. Кохна (1994). Декоративність оцінювали за шкалою О.Г. Хороших і О.В.Хороших (1999) із власними модифікаціями за чотирима основними частинами: декоративність крони, листків, квіток та плодів. Залежно від прояву декоративних ознак, декоративність була оцінена як висока (29–42 бали), середня (15–28 балів), низька (14 і менше балів).

Статистичний аналіз проводили за допомогою пакету програм Microsoft Excel\_2007, згідно з рекомендаціями Л. О. Атраментової та О. М. Утевської (2007, 2014).

## РОЗДІЛ 3

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

#### 3.1. Формування та розвиток генеративних органів

Квітка, плід та насінина — генеративні органи покритонасінних рослин, ріст та розвиток яких забезпечує насінне розмноження.

Вступ рослин у генеративну фазу в процесі онтогенезу — важливий показник, який необхідно враховувати для оцінки успішності інтродукції (Кохно & Курдюк, 1994), у селекції та декоративному садівництві (Опалко та ін., 2004; Кучерявий, 2008). За нашими спостереженнями, вступ у генеративну фазу рослин насінної репродукції фіксували на 4–7 рік після сівби, а за вегетативного розмноження поодинокі суцвіття та плоди спостерігали навіть у рослин другого року розвитку.

##### 3.1.1. Особливості цвітіння видів і сортів роду *Malus*

Вегетація видів та сортів яблуні згідно наших спостережень та літературних даних розпочинається за досягнення середньодобових температур  $+8...+10^{\circ}\text{C}$ , розпускання бруньок —  $+11...+13^{\circ}\text{C}$ , цвітіння —  $+14...+16^{\circ}\text{C}$ , дозрівання плодів —  $+20...+25^{\circ}\text{C}$  (Яременко, 1964; Гончаровська, 2019).

Розгортання квіткових бруньок у досліджених видів та сортів яблуні спостерігали із другої декади березня до другої декади квітня, бутонізацію — переважно у третій декаді березня – другій декаді квітня. Дата початку цвітіння, як і настання інших фенологічних фаз, залежали від накопичення суми ефективних температур ( $\text{SET} > 5^{\circ}\text{C}$ ), яка на початок цвітіння рослин роду *Malus*, залежно від виду чи сорту, становила в середньому від  $179,18^{\circ}\text{C}$  (*M. fusca*) до  $511,02^{\circ}\text{C}$  (*M. trilobata*). У 2016, 2017, 2019 і 2020 році види та сорти яблуні відзначалися відносно раннім цвітінням, 2018 — пізнім.

Цвітіння видів та сортів яблуні в середньому тривало від 10 до 15 діб. Найдовший період цвітіння за роки досліджень був характерний для рослин *M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, найкоротший — для *M. trilobata* (табл. 3.1.1.1).

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

Вид / сорт	Початок цвітіння	Початок цвітіння, СЕТ>5°C	Завершення цвітіння	Тривалість, діб
<i>Eriolobus</i>				
<i>M. trilobata</i>	31.05±11	511,02±13,98	9.06±6	10 ±2
<i>Docyniopsis</i>				
<i>M. tschonoskii</i>	5.05±10	227,53±17,48	20.05±7	14±2
<i>Sorbomalus</i>				
<i>M. floribunda</i>	28.04±11	199,78±18,38	1.05±7	15±3
<i>M. fusca</i>	29.04±8	179,18±29,18	10.05±7	13±2
<i>M. toringoides</i>	9.05±9	262,90±21,90	21.05±8	12±2
<i>Chloromeles</i>				
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	5.05±9	242,08±17,38	16.05±7	12±2
<i>Gymnomeles</i>				
<i>M. baccata</i>	24.04±11	199,93±20,93	8.05±8	12±3
<i>M. halliana</i>	28.04±10	202,40±21,00	11.05±8	14±4
<i>Malus</i>				
<i>M. niedzwetzkyana</i>	26.04±10	174,48±17,48	9.05±8	15±2
Gr. cult. <i>Domesticae</i>				
<i>M. ×purpurea</i>	26.04±9	184,28±33,87	8.05±7	15±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	27.04±9	195,33±22,83	9.05±8	12±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	30.04±10	212,63±19,03	11.05±8	12±2
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	28.04±9	199,50±26,50	9.05±9	13±3

За початком цвітіння досліджених видів і сортів роду *Malus* нами виділено групи:

- ранньоквітучі (третья 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*;

- пізньоквітучі (третья декада травня) — *M. trilobata*.

З-поміж досліджених видів та сортів яблуні були рослини із білими квітками та білими бутонами (*M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. toringoides*), рослини із пурпуровими (*M. halliana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’) чи рожевими (*M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) бутонами та квітками від пурпурового (*M. ×purpurea* ‘Royalty’) до рожевого (*M. halliana*, *M. ×purpurea*, *M. niedzwetzkyana*) чи світло-рожевого (*M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) забарвлення (рис. 3.1.1.1).

У видів *M. floribunda*, *M. fusca* та *M. baccata* спостерігали контрастну зміну кольорової гамми в період від появи бутонів і до завершення цвітіння (для них характерні рожеві бутони, але білі квітки), іншим видам та сортам це явище було також властиве, але в меншій мірі (від пурпурових бутонів і до рожевих квіток).

Розташування пелюсток досліджених генотипів *Malus* переважно вільне, за винятком *M. ×purpurea* та її сортів ‘Ola’, ‘Selkirk’. Форма пелюсток видів та сортів яблуні округла (*M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’), продовгувата (*M. fusca*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*) чи еліптична (*M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’), залежно від співвідношення довжини та ширини. Жилкування дихотомічне. Пелюстки яблунь досить неоднорідні, навіть на одній рослині можна спостерігати різні за формою та розмірами пелюстки. Найбільш характерною ознакою, як зазначав В.Т. Лангенфельд (1991) є форма основи пелюсток рослин роду *Malus*. Розрізняють пелюстки з виїмчастою, округлою та клиноподібною основою. Також види та сорти яблуні відрізняються між собою за ступенем зростання стилодіїв та характером їх опушення (табл. 3.1.1.2).



1



2



3



4



5



6



7

Рис. 3.1.1.1. Квітки видів та сортів *Malus*:

- 1 — *M. trilobata*, 2 — *M. tschonoskii*, 3 — *M. coronaria* 'Red Tip',  
 4 — *M. floribunda*, 5 — *M. halliana*, 6 — *M. niedzwetzkyana*,  
 7 — *M. ×purpurea* 'Royalty'



Суцвіття видів і сортів роду *Malus* 73,40–111,44 мм у діаметрі, в середньому складені із 4,02–6,36 квіток. Найбільші за діаметром квітки характерні для *M. floribunda* (59,84 мм) та *M. ×purpurea* (59,56 мм), найменші — у *M. trilobata* (39,52 мм) та *M. tschonoskii* (39,54 мм). Пелюстки видів та сортів яблуні завдовжки 20,52–44,72 мм, завширшки 9,72–21,96 мм. За довжиною квітконіжки переважали рослини *M. ×purpurea* (44,72 мм) та *M. halliana* (44,08 мм). Кількість тичинок, залежно від виду чи сорту в середньому становила від 17,12 шт. (*M. ×purpurea* ‘Royalty’) до 45,52 шт. (*M. tschonoskii*) (табл. 3.1.1.3).

Найменший рівень мінливості (дуже низький та низький) досліджені генотипи мали за кількістю тичинок у квітці, за довжиною та шириною пелюстки. Середній (*M. floribunda*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. ×purpurea* ‘Ola’ та ‘Royalty’) та підвищений (*M. trilobata*, *M. tschonoskii*, *M. fusca*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) рівень мінливості види та сорти мали за кількістю квіток у суцвітті.

Характеристика суцвіть та квіток рослин роду *Malus*

Вид / сорт	Тип суцвіття	Переважаюче забарвлення (бутон/квітка)	Розташування пелюсток	Форма пелюстки	Форма верхівки пелюстки	Форма основи пелюстки	Зростання стилодіїв	Опушення стилодіїв
<i>Eriolobus</i>								
<i>M. trilobata</i>	щиток	біле/біле	вільні	округла	виімчаста	виімчаста	в основі	на 1/3 довжини
<i>Docyniopsis</i>								
<i>M. tschonoskii</i>	зонтик	біле/біле	вільні	округла	заокруглена, зрідка виімчаста	округла або виімчаста	на 1/2	на 1/2 довжини
<i>Sorbomalus</i>								
<i>M. floribunda</i>	зонтик	рожеве/біле	вільні	еліптична	заокруглена	округла або ширококлиноподібна	на 1/4	вище місця зростання
<i>M. fusca</i>	зонтик	рожеве/біле	вільні	продовгувата	заокруглена, зрідка виімчаста	клиноподібна	на 1/3 довжини	у місці зростання
<i>M. toringoides</i>	зонтик	біле/біле	вільні	продовгувата	заокруглена	клиноподібна	на 1/3 довжини	у місці зростання
<i>Chloromeles</i>								
<i>M. coronaria</i> ‘Red Tip’	щиток	рожеве/світло-рожеве	вільні	округла	заокруглена	виімчаста або округла	на 1/3 довжини	на 1/3 довжини
<i>Gymnomeles</i>								
<i>M. baccata</i>	зонтик	рожеве/біле	вільні	продовгувата	заокруглена	клиноподібна	на 1/3 довжини	на 1/2 довжини
<i>M. halliana</i>	зонтик	пурпурове/рожеве	вільні	еліптична	виімчаста	клиноподібна	на 1/2 довжини	у місці зростання
<i>Malus</i>								
<i>M. niedzwetzkyana</i>	зонтик	рожеве/рожеве	вільні	продовгувата	заокруглена	клиноподібна	на 1/4	не опушені
<i>Gr. cult. Domesticae</i>								
<i>M. ×purpurea</i>	зонтик	пурпурове/рожеве	дотичні	еліптична	заокруглена, зрідка виімчаста	клиноподібна	на 1/3 довжини	на 1/2 довжини
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	зонтик	рожеве/світло-рожеве	дотичні	округла	заокруглена	округла	на 1/4	на 1/2 довжини
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	зонтик	пурпурове/пурпурове	вільні	еліптична	заокруглена або виімчаста	клиноподібна	на 1/3 довжини	у місці зростання
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	зонтик	рожеве/світло-рожеве	дотичні	округла	виімчаста, або заокруглена	округла	на 1/3 довжини	у місці зростання

Таблиця 3.1.1.3

Морфометричні показники квіток представників роду *Malus*

Вид / сорт	Діаметр суцвіття		Кількість квіток у суцвітті		Діаметр квітки		Довжина пелюстки		Ширина пелюстки		Довжина квітконіжки		Кількість тичинок	
	$\bar{x}$ , мм	VC, %	$\bar{x}$ , шт.	VC, %	$\bar{x}$ , мм	VC, %	$\bar{x}$ , мм	VC, %	$\bar{x}$ , мм	VC, %	$\bar{x}$ , мм	VC, %	$\bar{x}$ , шт.	VC, %
<i>Eriolobus</i>														
<i>M. trilobata</i>	82,76	15,33	4,02	20,83	39,52	6,29	19,04	10,45	14,88	8,07	30,48	13,46	21,08	7,98
<i>Docyniopsis</i>														
<i>M. tschonoskii</i>	79,52	17,88	4,76	23,71	39,24	6,30	18,04	8,69	12,16	10,80	20,52	11,95	45,52	7,09
<i>Sorbomalus</i>														
<i>M. floribunda</i>	100,72	10,32	5,16	19,12	59,84	6,80	30,16	9,79	17,64	12,98	37,20	8,88	20,92	7,03
<i>M. fusca</i>	74,60	11,76	4,16	31,56	42,00	6,41	20,48	9,47	10,08	11,78	23,80	15,58	19,32	11,74
<i>M. toringoides</i>	73,40	11,75	4,40	20,75	42,72	12,00	20,08	8,37	9,72	10,08	23,80	15,58	20,2	10,31
<i>Chloromeles</i>														
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	95,00	28,54	5,52	16,64	57,52	7,12	27,04	9,70	17,20	13,84	33,36	12,30	19,56	6,61
<i>Gymnomeles</i>														
<i>M. baccata</i>	97,58	14,60	5,04	24,62	53,00	12,11	25,08	12,50	15,20	10,57	37,64	7,47	19,72	10,20
<i>M. halliana</i>	94,24	18,85	6,40	27,80	44,92	12,86	23,72	9,85	13,68	10,28	44,08	11,90	23,80	9,16
<i>Malus</i>														
<i>M. niedzwetzkyana</i>	92,20	14,90	4,92	22,66	53,88	11,26	26,40	11,04	16,20	11,43	41,16	15,93	19,04	9,56
<i>Gr. cult. Domesticae</i>														
<i>M. ×purpurea</i>	97,40	14,01	5,00	20,82	59,56	15,15	27,80	14,46	16,76	12,57	44,72	13,64	22,68	8,97
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	94,60	10,90	5,00	15,28	53,68	8,65	27,32	8,82	16,84	9,34	31,24	13,59	20,88	10,31
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	91,84	15,29	3,96	22,44	45,28	8,30	25,12	10,36	14,36	10,99	34,76	12,52	17,12	8,65
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	111,44	8,91	6,36	17,51	55,40	10,47	26,96	10,89	21,96	8,57	41,00	11,00	19,84	8,57

### 3.1.2. Карпологічні ознаки видів та сортів яблуні

Плоди яблуні є одним з найвиразніших елементів загального обліку рослини. Декоративність у період плодоношення за часом значно перевищує період цвітіння, при цьому важливими ознаками є колір, форма, розмір плодів, рясність плодоношення та тривалість їхнього збереження на дереві. Морфологічні характеристики плодів та насіння визначають цінні для визначення екологічних та еволюційних закономірностей. Плоди та насіння є окремою ланкою у зміні поколінь рослин-інтродуцентів при їх акліматизації, визначають репродуктивну здатність в умовах інтродукції, їх морфологічні ознаки відображують відповідність біології рослин до нових агрокліматичних умов (Конопелько, 2021в).

Початок зав'язування плодів фіксували через 5–10 діб після завершення цвітіння. Залежно від генотипу ріст плодів тривав від 86 у рослин *M. fusca* до 154 діб у *M. floribunda*. Плоди досліджених видів і сортів роду *Malus* досягали за суми ефективних температур від 1519,65°C (*M. fusca*) до 2548,90°C (*M. floribunda*). Час дозрівання плодів є географічно залежним, так як залежить від суми ефективних температур, проте закономірності дозрівання ранніх чи пізніх генотипів відносно один одного залишаються стабільними (OECD..., 2019). За термінами (початком) дозрівання найбільш ранньоспілим виявився вид *M. fusca* (перша декада серпня), середньоспілі — *M. halliana*, *M. baccata*, *M. ×purpurea* (перша декада вересня), *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ (друга декада вересня), пізньоспілі — *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. tschonoskii* (перша декада жовтня), *M. toringoides* (друга декада жовтня), *M. trilobata* (третья декада жовтня), *M. floribunda* (перша декада листопада). Тривалість дозрівання плодів залежала від генотипу (найменша — 80–90 діб для *M. fusca* та найбільша — 189–199 діб *M. floribunda*). Тривалість збереження плодів на дереві також залежала від року дослідження, рясності плодоношення та просторового розміщення (ізоляцією/віддаленістю) рослин. Після дозрівання найкоротший період на

дереві зберігалися плоди *M. coronaria* 'Red Tip' та *M. fusca*, найдовший — *M. floribunda* та *M. baccata* (табл. 3.1.2.1).

Таблиця 3.1.2.1

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

Вид / сорт	Початок дозрівання плодів	Початок дозрівання плодів, СЕТ	Тривалість дозрівання плодів, діб	Тривалість збереження плодів на дереві, діб
<i>Eriolobus</i>				
<i>M. trilobata</i>	третя декада жовтня	2529,65±40,35	109–118	30–60
<i>Docyniopsis</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	120–270
<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

Для більшості досліджених генотипів властива куляста форма плоду, з переважанням червонуватого забарвлення плодів із різними відтінками та жовтуватої м'якоті (рис. 3.1.3.1).



1



2



3



4



5



6



7



8

Рис. 3.1.2.1. Плоди видів і сортів роду *Malus*: 1 — *M. trilobata*;  
 2 — *M. tschonoskii*; 3 — *M. floribunda*; 4 — *M. toringoides*; 5 — *M. coronaria* ‘Red  
 Tip’; 6 — *M. halliana*; 7 — *M. niedzwetzkyana*; 8 — *M. × purpurea* ‘Selkirk’

Чашечка переважно відсутня або ж іноді наявна, наліт на шкірці відсутній або слабкий, глянсуватість шкірки переважно слабка (табл. 3.1.2.2).

Таблиця 3.1.2.2

Морфологічні ознаки плодів представників роду *Malus*

Вид / сорт	Форма плоду	Переважаюче забарвлення	Забарвлення м'якоті	Чашечка	Наліт на шкірці	Глянсуватість шкірки
<i>Eriolobus</i>						
<i>M. trilobata</i>	куляста	Блискучий жовтувато-зелений (RHS 150B)	зеленувате	завжди наявна	відсутній	відсутня
<i>Dosyniopsis</i>						
<i>M. tschonoskii</i>	плескато-куляста	Світло-жовтувато-зелений (RHS 154D)	зеленувато-біле	завжди наявна	відсутній	відсутня
<i>Sorbomalus</i>						
<i>M. floribunda</i>	куляста	Яскраво-червонувато-оранжевий (RHS 40A)	жовтувате	відсутня	відсутній	слабка
<i>M. fusca</i>	еліпсоїдна	Сильний помаранчево-жовтий (RHS 163B)	жовтувато-рожеве	іноді наявна	відсутній	слабка
<i>M. toringoides</i>	куляста	Яскраво-жовтий (RHS 9A)	жовтувате	відсутня	відсутній	сильна
<i>Chloromeles</i>						
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	куляста	Яскраво-зеленувато-жовтий (RHS 2A)	жовтувато-біле	завжди наявна	сильний	слабка
<i>Gymnomeles</i>						
<i>M. baccata</i>	куляста	Помірний червонувато-оранжевий (RHS 35A)	жовтувате	відсутня	слабкий	слабка
<i>M. halliana</i>	куляста	Сильний червонувато-оранжевий (RHS 40C)	жовтувате	іноді наявна	слабкий	слабка
<i>Malus</i>						
<i>M. niedzwetzkyana</i>	еліпсоїдна	Сильний червонувато-оранжевий (RHS 31B)	жовтувато-рожеве	переважно наявна	слабкий	слабка
<i>Gr. cult. Domesticae</i>						
<i>M. ×purpurea</i>	куляста	Яскраво-червонувато-оранжевий (RHS 41A)	жовтувато-помаранчеве	відсутня	слабкий	слабка
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	куляста	Яскраво-червонувато-оранжевий (RHS 34A)	рожевувате	іноді наявна	слабкий	слабка
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	куляста	Сильний пурпурно-червоний (RHS 60B)	пурпурове	завжди наявна	слабкий	слабка
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	плескато-куляста	Яскраво-червонувато-оранжевий (RHS 34B)	червонувате	іноді наявна	відсутній	сильна

Морфологічна характеристика, зокрема забарвлення поверхні плоду та м'якоті, наявність нальоту та глянсуватість, на нашу думку, дає змогу оцінити філогенетичний розвиток видів та простежити еволюцію плодів у роду: від зеленого та жовтого відтінків поверхні плоду до помаранчевого та червоного; від зеленого та білого відтінків м'якоті до жовтого та червоного; від матової поверхні яблук у представників примітивніших секцій *Eriolobus* (*M. trilobata*) та *Docyniopsis* (*M. tschonoskii*) до глянсуватої. Ймовірно, така еволюція морфологічних ознак пов'язана з візуальним сприйняттям плоду та його привабливістю для потенційних диспергаторів (поширювачів) насіння.

Наявність чи відсутність чашечки при плоді, не дає змогу оцінити філогенетичний рівень виду, адже в еволюції плодів яблуні виділяють декілька напрямків, що сприяло значному різноманіттю морфологічних ознак плодів сучасних видів *Malus* (рис. 3.1.2.2).

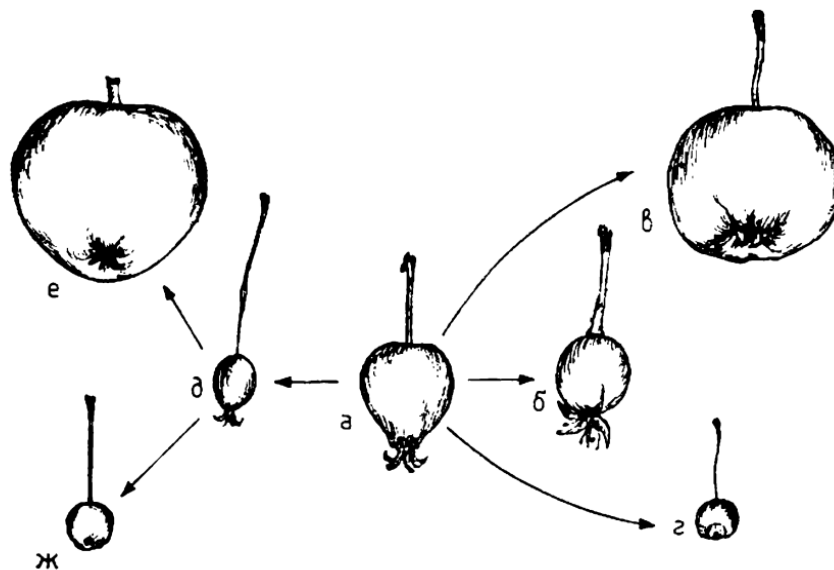


Рис. 3.1.2.2. Еволюція плодів яблуні (за В. Т. Лангенфельдом, 1991):

- а — первинно примітивний тип *Docyniopsis*; б — примітивний тип *Eriolobus*;  
 в — тип *Chloromeles*; г — дрібноплодий тип *Sorbomalus*;  
 д — проміжна форма типу *Docyniopsis*; е — тип справжніх яблунь — *Malus*;  
 ж — дрібноплодий тип *Gymnomeles*.



Формування дрібних плодів відбувалося внаслідок розростання зав'язі, у формуванні плодів крупноплідних яблунь брали участь інші частини квітки, зокрема чашечка (Лангенфельд, 1991). Таким чином, чашечка наявна у плодах рослин-представників секцій *Docyniopsis*, *Eriolobus*, *Chloromeles*, *Malus*, відсутня у яблунь, що належать до секцій *Sorbomalus* та *Gymnomeles*.

Розмір плодів визначається передусім рівнем, необхідним для створення оптимальних умов для формування насіння, їх збереження і поширення. Варіація розмірів, кількості плодів чи насінин у рослин роду *Malus* пояснюється насамперед різними кліматичними умовами їх росту та способами поширення насіння: у представників секції *Malus* при поїданні ссавцями (кабанами, ведмедями тощо) — теріохорія, у дрібноплодих яблунь секції *Gymnomeles* — при скльовуванні їх з дерев птахами — орнітохорія. Близько 65 % *Malus* spp. мають плоди дрібні діаметром 0,5–1,5 см, еволюційний розвиток яких відбувався за рахунок розростання однієї зав'язі, в формуванні крупніших плодів (діаметром 2–3 см і більше) брали участь чашечка та інші частини квітки, тим самим визначивши два філогенетичні напрямки — крупноплідності та дрібноплідності (Лангенфельд, 1991). Збільшення розмірів насіння або енергії, відведеної на формування плодів має прямий кореляційний зв'язок із зменшенням кількості сформованого насіння або енергії, доступної для інших функцій рослини, тому еволюція крупніших плодів, враховуючи метаболічні інвестиції у збільшення цукристості плодів, ймовірно, супроводжувалася високою спеціалізацією на теріохорію. Невеликий географічний ареал, генетично неоднорідні популяції та низькі темпи колонізації — загальна тенденція не лише для видів *Malus*, а й інших рослин, які поширюються завдяки крупним ссавцям. Дикорослі види Розоцвітих з крупними плодами часто занесені до категорії зникаючих, а обернено пропорційне співвідношення між розміром плодів європейських видів роду *Malus* та площею сучасного ареалу пояснюється насамперед із зменшенням кількості крупних ссавців у Голоцені. Цілком ймовірно, що географічно обмежені популяції (наприклад,

*M. niedzwetzkyana*), багато з яких таксономісти вважали окремими видами, є генетично ізольованими групами одного виду (Spengler, 2019).

Плоди досліджених видів і сортів роду *Malus* були досить різноманітними за розмірами (висотою, діаметром, масою) та довжиною плодоніжки (табл. 3.1.3.3). Найбільші за масою плоди формувалися у *M. coronaria* 'Red Tip' (середня маса 61,20 г), найменші — у *M. toringoides* (середня маса 0,55 г) та *M. fusca* (середня маса 0,30 г). За довжиною плодоніжки вирізнялися плоди *M. ×purpurea* з середньою довжиною 33,58 мм, найкоротша плодоніжка була у плодів *M. tschonoskii* (середня довжина 12,83 мм).

Аналіз мінливості дає змогу оцінити ступінь залежності певних ознак від факторів, що на них впливають. Морфологічні ознаки з високими коефіцієнтами варіації вважаться неінформативними при визначенні видової чи сортової приналежності рослин. Найменший рівень мінливості (дуже низький та низький) досліджені генотипи мали за висотою та діаметром плоду. Варіабельність за довжиною плодоніжки була в межах від дуже низького (*M. trilobata*) та низького (*M. fusca*, *M. toringoides*, *M. halliana*) до середнього (*M. tschonoskii*, *M. floribunda*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk') рівня. Середній (*M. floribunda*, *M. fusca*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. ×purpurea*), підвищений (*M. trilobata*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk') та високий (*M. tschonoskii*) рівень мінливості властивий представникам роду *Malus* за масою плоду.

Біометричні показники плодів видів і сортів роду *Malus*

Вид / сорт	Висота, мм			VC, %	Діаметр, мм			VC, %	Довжина плодоніжки			VC, %	Маса, г			VC, %
	max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$	
<i>Eriolobus</i>																
<i>M. trilobata</i>	17,50	15,00	16,63	6,67	21,50	18,00	19,75	7,87	33,50	31,00	32,38	3,42	5,26	3,20	4,12	21,33
<i>Docyniopsis</i>																
<i>M. tschonokii</i>	21,00	13,50	17,33	11,59	25,00	17,00	21,40	10,98	18,00	9,50	12,83	14,74	8,39	2,40	5,12	31,75
<i>Sorbomalus</i>																
<i>M. floribunda</i>	16,00	13,00	14,44	4,93	17,50	14,00	15,72	6,16	36,00	18,00	26,62	17,20	3,11	1,58	2,29	17,00
<i>M. fusca</i>	9,00	8,00	8,70	6,66	8,00	7,00	7,03	7,87	20,00	16,00	18,00	11,11	0,35	0,26	0,30	14,87
<i>M. toringoides</i>	10,00	7,00	9,00	8,88	11,00	7,00	9,80	9,85	29,00	17,00	23,14	12,23	0,74	0,20	0,55	25,16
<i>Chloromeles</i>																
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	44,00	24,00	39,08	10,28	56,00	45,00	50,96	5,96	40,00	17,00	28,48	18,16	76,56	45,57	61,20	15,69
<i>Gymnomeles</i>																
<i>M. baccata</i>	11,00	9,00	10,08	6,19	13,00	10,00	11,52	6,07	37,00	19,00	30,08	17,00	2,00	1,02	1,50	21,18
<i>M. halliana</i>	13,00	10,00	11,48	7,80	14,00	10,00	11,84	8,60	39,00	28,00	32,80	9,81	1,44	0,59	1,03	21,29
<i>Malus</i>																
<i>M. niedzwetzkyana</i>	31,00	15,00	24,42	12,29	27,00	13,50	22,78	12,04	41,00	14,00	25,40	26,73	11,93	4,43	7,23	23,92
<i>Gr. cult. Domesticae</i>																
<i>M. ×purpurea</i>	18,00	15,00	16,58	4,41	20,00	17,00	18,42	5,35	45,00	19,00	33,58	19,95	4,23	2,59	3,29	13,97
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	24,50	17,00	20,58	8,95	28,00	21,00	24,04	7,40	30,00	16,00	22,12	14,91	11,15	4,68	7,14	22,99
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	15,00	10,00	12,40	10,79	17,00	11,00	14,04	10,68	40,00	23,00	31,56	15,12	2,90	0,94	1,63	30,00
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	22,50	15,50	18,42	8,54	26,00	20,00	22,60	6,97	41,00	24,00	33,48	14,33	8,40	3,57	5,49	20,87

Найважливішою частиною плоду, одиницею поширення та розмноження рослин, що розвивається з насінного зачатку, як правило, після запліднення, є насіння (Артюшенко, 1990; Зиман та ін., 2004; Николаева и др., 1985).

У плодах досліджених яблунь формувалося в середньому від 0,25 (*M. tschonoskii*) до 6,64 (*M. toringoides*) насінин на один плід (реальна насінна продуктивність), за винятком *M. trilobata*, в плодах якої за 2019–2022 роки не виявлено сформованого насіння в умовах НДП «Софіївка» (рис. 3.1.2.3). Кількість насінних зачатків (потенційна насінна продуктивність) становила в середньому 7,77 шт. на один плід. Найбільшу кількість насінних зачатків відмічали у *M. floribunda*, *M. baccata*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ( $n = 10,00$ ), найменшу у *M. ×purpurea* 'Royalty' та *M. halliana* ( $n = 2,88$  та  $n = 4,00$  відповідно).

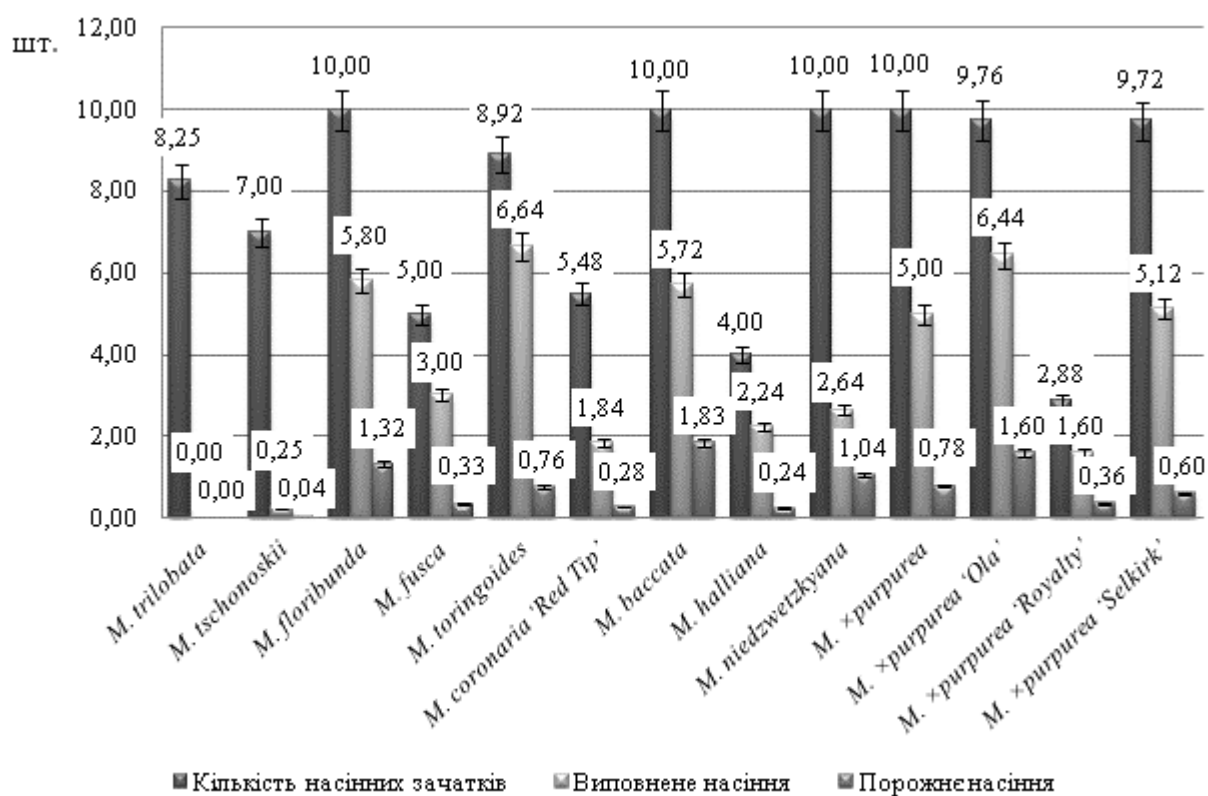


Рис. 3.1.2.3 Характеристика насінної продуктивності рослин роду *Malus* (за даними 2020 року)

Проаналізовані показники насінної продуктивності, наведені на рисунку 3.1.2.3, визначили високий відсоток насінних зачатків, з яких

сформувалося насіння для *M. toringoides* (74,44%), *M. ×purpurea* ‘Ola’ (65,98%), *M. fusca* (60,00%), *M. floribunda* (58,00%), *M. baccata* (57,20%), *M. halliana* (56,00%), *M. ×purpurea* ‘Royalty’ (55,56%), *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ (52,67%) та *M. ×purpurea* (50%). Для *M. niedzwetzkyana* та *M. coronaria* ‘Red Tip’ відсоток насінних зачатків, з яких сформувалося насіння становив 26,40% та 33,58% відповідно. Найнижчий відсоток насінних зачатків, з яких сформувалося насіння був характерний для *M. tschonoskii* (3,57%) в середньому 7,00 шт. на один плід, та для *M. trilobata* (0%) — 8,25 шт. на один плід, що є свідченням низької репродуктивної здатності цих видів, ймовірно, зважаючи на умови інтродукції та філогенетичний рівень.

Доброякісність насіння досліджених видів становила від 71,74% до 90,32% (*M. tschonoskii* — 86,21%, *M. floribunda* — 81,46%, *M. fusca* — 90,09%, *M. toringoides* — 89,73%, *M. coronaria* ‘Red Tip’ — 86,79%, *M. baccata* — 75,76%, *M. halliana* — 90,32%, *M. niedzwetzkyana* — 71,74%, *M. ×purpurea* — 86,51%, *M. ×purpurea* ‘Ola’ — 80,10%, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ — 81,63%, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ — 89,51%).

Зважаючи на проаналізовані показники насінної продуктивності та доброякісність насіння, репродуктивна здатність може значно знижуватися на етапі запилення через несприятливі гідротермічні умови, недостатню кількість генетично сумісного життєздатного пилку, пізньовесняні заморозки, ураження шкідниками та збудниками хвороб тощо.

Насінна продуктивність як один з найважливіших показників життєвості виду в конкретних умовах залежала від комплексу зовнішніх та внутрішніх чинників. Найбільший вплив на кількість утвореного насіння мали погодні умови, що припадали на фенофази цвітіння та формування плодів і насіння, від яких залежала успішність процесу запилення, проростання пилкових зерен та запліднення. З-поміж внутрішніх чинників визначальним насамперед є був генотип, яким і зумовлювалась кількість насінних зачатків у гінецеї, а також якість мікро- і мегаспор (Вайнагий, 1974).

Найменшу реальну насінну продуктивність (кількість насіння в одному плоді, шт.) види яблуні мали в 2017 році, що спричинено недозапиленням внаслідок несприятливих погодних умов у період цвітіння (опаді 14–17.04 та 20–21.04) і пізньовесняними заморозками (25.04 та 10–11.05.2017), та призвело до часткового або повного (наприклад, *M. niedzwetzkyana* не були сформовані плоди) обмерзання зав'язі. Впродовж 2018 та 2020 років спостерігали максимальні показники реальної насінної продуктивності. П'ятирічні дані свідчать про те, що у часовій динаміці насінної продуктивності видів роду *Malus* період спаду чергується з періодом підйому (рис. 3.1.2.4).

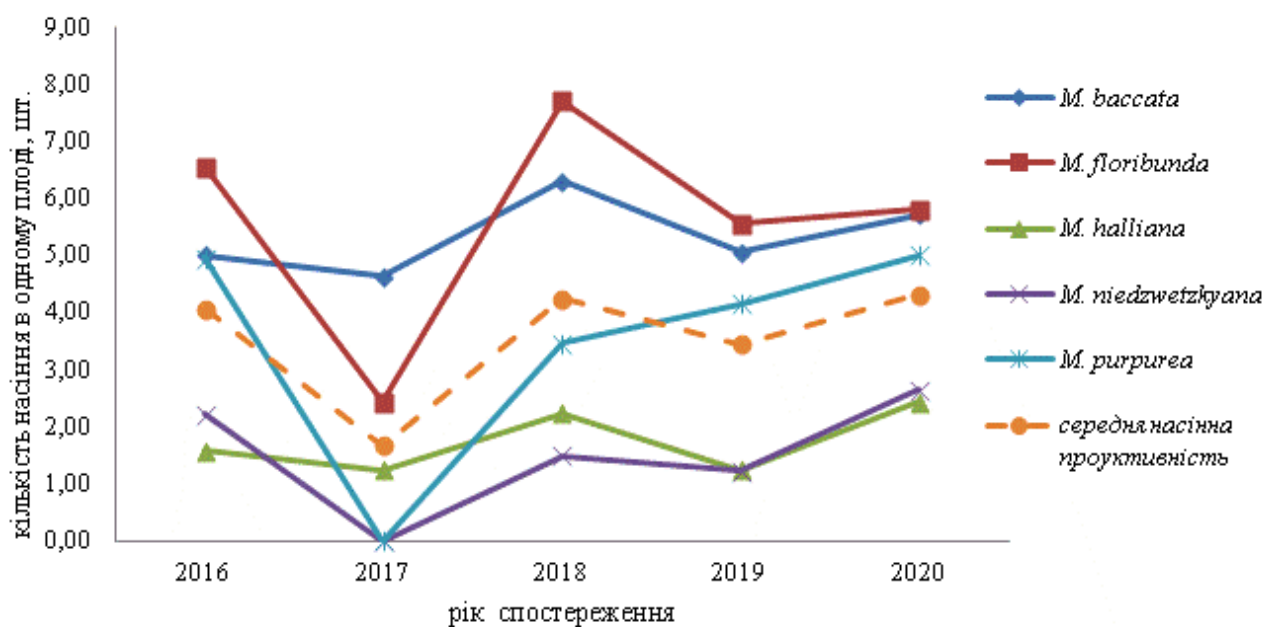


Рис. 3.1.2.4. Реальна насінна продуктивність видів роду *Malus*

Для розуміння взаємозв'язків між насінною продуктивністю і середньомісячними температурами (табл. 3.1.2.4) та кількістю опадів, проводили кореляційний аналіз (табл. 3.1.2.5).

Найбільше від температурних показників залежала насінна продуктивність рослин *M. halliana*, найменше — *M. ×purpurea*. Підвищення температурних значень у липні у рік, що передував збору насіння (початок закладання генеративних бруньок) призводило до зниження насінної

продуктивності, так як і зниження температури у листопаді та грудні у рік, що передував збору насіння (повільне формування частин квітки).

Таблиця 3.1.2.4

Кореляційний зв'язок між температурами та кількістю насінин в плоді видів роду *Malus*

Період спостереження	Вид					x̄
	<i>M. baccata</i>	<i>M. floribunda</i>	<i>M. halliana</i>	<i>M. niedzwetzkyana</i>	<i>M. ×purpurea</i>	
червень ПР	0,35	-0,02	0,63*	0,46*	0,28	0,29
липень ПР	<b>-0,74*</b>	<b>-0,81*</b>	<b>-0,81*</b>	-0,68*	-0,62*	<b>-0,71*</b>
серпень ПР	0,40	0,62*	-0,06	0,02	0,32	0,39
вересень ПР	0,00	0,51*	-0,03	0,35	0,38	0,38
жовтень ПР	0,51*	0,42*	0,43*	0,46*	0,57*	0,55*
листопад ПР	0,45*	0,43*	<b>0,78*</b>	<b>0,76*</b>	0,48*	0,60*
грудень ПР	<b>0,73*</b>	<b>0,74*</b>	<b>0,88*</b>	<b>0,80*</b>	0,61*	<b>0,81*</b>
січень РД	0,65*	0,27	<b>0,86*</b>	0,59*	0,39	0,51*
лютий РД	-0,22	0,17	0,08	0,73*	<b>0,73*</b>	0,45*
березень РД	<b>-0,72*</b>	-0,68*	-0,34	0,01	-0,07	-0,39*
квітень РД	0,52*	0,70*	0,28	0,17	0,19	0,44*
травень РД	0,27	0,34*	-0,24	-0,41	-0,15	0,00
червень РД	-0,06	0,06	-0,22	0,07	0,34	0,13
липень РД	0,22	0,29	0,60*	0,72*	0,45*	0,49*
серпень РД	0,27	-0,22	0,11	-0,62*	<b>-0,75*</b>	-0,43*
вересень РД	0,14	-0,28	0,54*	0,30	0,01	0,03

*Примітка:* ПР — рік, що передував збору насіння; РД — рік збору насіння.  
\*Кореляція достовірна при  $P < 0,05$

Насінна продуктивність рослин *M. baccata* найбільше залежала від опадів, *M. halliana* — найменше. Підвищена кількість опадів у жовтні у рік, що передував збору насіння (повільне формування частин квітки), та у квітні у рік збору насіння (період цвітіння) призводила до зниження кількості насінин на один плід для видів роду *Malus*. Підвищення кількості опадів у червні року збору насіння (період активного росту плодів та насіння) сприяло порівняно вищим показникам насінної продуктивності для усіх видів.

Кореляційний зв'язок між кількістю опадів та кількістю насінин у плоді  
видів роду *Malus*

Період спостереження	Вид					$\bar{x}$
	<i>M. baccata</i>	<i>M. floribunda</i>	<i>M. halliana</i>	<i>M. niedzwetz- kyana</i>	<i>M. ×purpurea</i>	
червень ПР	<b>-0,72*</b>	-0,18	-0,52*	0,18	0,25	-0,08
липень ПР	0,19	0,52*	0,15	0,15	0,50*	0,40*
серпень ПР	0,36	-0,04	-0,48*	-0,21	-0,48*	-0,14
вересень ПР	0,01	0,33	0,29	0,13	0,47*	0,29
жовтень ПР	-0,21	-0,56*	-0,48*	<b>-0,83*</b>	<b>-0,94*</b>	<b>-0,76*</b>
листопад ПР	-0,63*	-0,33	-0,63*	-0,69*	-0,47*	-0,58*
грудень ПР	<b>0,82*</b>	0,47*	0,47*	-0,06	-0,02	0,30
січень РД	0,06	0,61*	-0,22	0,17	0,40	0,38
лютий РД	0,16	0,29	0,58*	0,58*	0,33	0,40
березень РД	<b>0,79*</b>	0,55*	-0,06	0,01	-0,06	0,32
квітень РД	<b>-0,73*</b>	<b>-0,92*</b>	<b>-0,95*</b>	<b>-0,77*</b>	<b>-0,89*</b>	<b>-0,95*</b>
травень РД	-0,23	0,05	-0,17	0,65*	0,49*	0,31
червень РД	<b>0,74*</b>	<b>0,99*</b>	<b>0,74*</b>	<b>0,76*</b>	<b>0,85*</b>	<b>0,96*</b>
липень РД	0,48*	0,11	0,11	-0,51*	-0,51*	-0,18
серпень РД	<b>-0,95*</b>	<b>-0,74*</b>	-0,69*	-0,30	-0,34	-0,63*
вересень РД	<b>0,74*</b>	0,38*	-0,22	-0,22	-0,22	0,14

*Примітка:* ПР — рік, що передував збору насіння; РД — рік збору насіння.  
\*Кореляція достовірна при  $P < 0,05$

З'ясовано, що найбільший вплив на кількість насінин в одному плоді мали: середньомісячні температури липня у рік, що передує збору насіння (обернений сильний кореляційний зв'язок) та грудня у рік, що передує цвітінню (прямий сильний кореляційний зв'язок), кількість опадів у жовтні у рік, що передує 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). Кореляційний зв'язок слабкої сили із насінною продуктивністю видів яблуні мали середньомісячні температури червня у рік, що передував збору плодів, травня та червня року дослідження, сума опадів за червень, серпень, вересень року, що передував збору насіння, а також сума опадів за липень року дослідження.



Отже, насінна продуктивність залежала, насамперед від кількості опадів та температури повітря у найбільш критичні періоди репродуктивного розвитку (закладання генеративних бруньок, цвітіння і запилення, активний ріст плодів і насіння). Разом з тим, слід відмітити чутливість генеративних бруньок яблуні до зниження температури повітря у листопаді та грудні у рік, що передував збору насіння, а також негативний вплив підвищеної кількості опадів у жовтні у рік, що передував збору насіння, що можна припустити, пов'язано із підвищенням під час дефіциту опадів рівня вуглеводів, необхідних для проходження органотворчих процесів. Чутливість до метеорологічних чинників була видоспецифічною реакцією що, ймовірно, залежала від метеорологічних показників у природних ареалах досліджених видів.

Насінна шкірка у видів роду *Malus* світло-коричневого, коричневого або темно-коричневого забарвлення, форма переважно обернено-яйцеподібна, насінний рубчик, розміщений в базальній частині, еліпсоїдальний, насінний шов довгий, поверхня гладенька (рис. 3.1.2.5).

Біометричні показники насіння (довжина, ширина, товщина) наведено у таблиці 3.1.2.6. Найважче насіння було характерне для *M. coronaria* 'Red Tip' (62,77 г), найлегше — *M. fusca* (5,00 г). Найменший рівень мінливості з-поміж біометричних показників насіння досліджені рослини роду *Malus* мали за довжиною насінини — дуже низький (*M. toringoides*, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Selkirk', *M. ×purpurea* 'Royalty') та низький (*M. tschonoskii*, *M. ×purpurea* 'Ola'). За шириною насінини рівень мінливості був у межах від дуже низького (*M. tschonoskii*, *M. toringoides*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* 'Ola') та низького (*M. floribunda*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk') до середнього (*M. fusca*, *M. ×purpurea*). Мінливість товщини насінини була в межах від дуже низького (*M. ×purpurea*) та низького (*M. tschonoskii*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk') до середнього (*M. fusca*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. halliana*) та

підвищеного (*M. floribunda*) рівня. Найбільша варіабельність була властива дослідженим яблуням за кількістю насінин в плоді — від підвищеного (*M. ×purpurea* ‘Ola’) до високого (*M. toringoides*, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) та дуже високого (*M. tschonoskii*, *M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’).

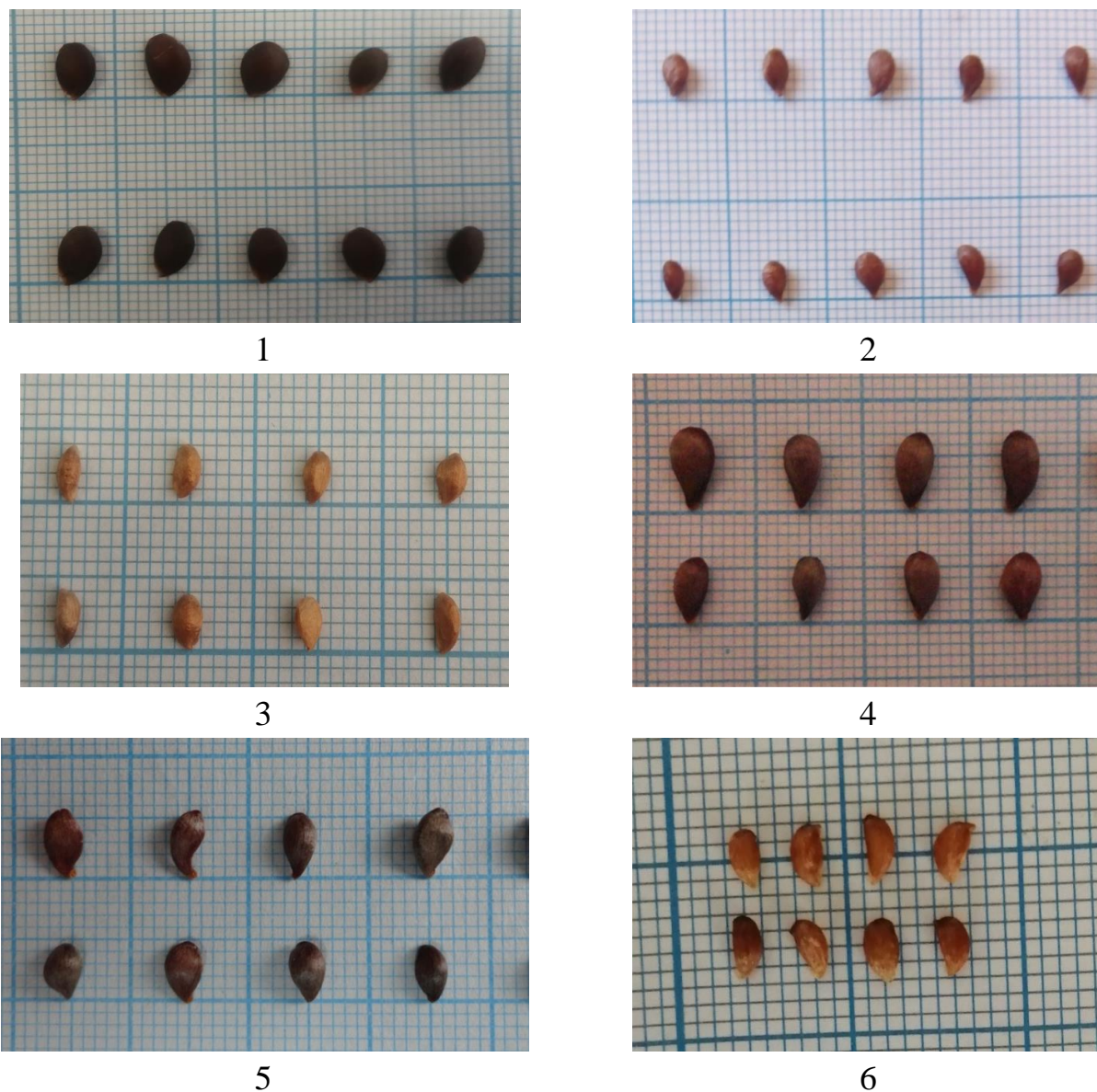


Рис. 3.1.2.5. Насіння видів роду *Malus*:

- 1 — *M. tschonoskii*; 2 — *M. ×purpurea*; 3 — *M. toringoides*;  
4 — *M. niedzwetzkyana*; 5 — *M. baccata*; 6 — *M. fusca*

Морфометрична характеристика насіння представників роду *Malus*

Вид / сорт	Довжина, мм			VC, %	Ширина, мм			VC, %	Товщина, мм			VC, %	Кількість насінин в плоді, шт.			VC, %	Маса 1000 шт., г
	max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$		max	min	$\bar{x}$		
<i>Eriolobus</i>																	
<i>M. trilobata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-
<i>Docyniopsis</i>																	
<i>M. tschonoskii</i>	6,75	5,00	6,07	8,31	4,50	3,50	3,98	6,90	2,25	1,50	1,95	9,93	1,00	0,00	0,25	176,9 3	25,00
<i>Sorbomalus</i>																	
<i>M. floribunda</i>	5,00	4,00	4,47	7,28	2,50	1,75	2,25	9,62	2,00	1,00	1,48	23,35	9,00	2,00	5,80	31,08	8,45
<i>M. fusca</i>	3,50	3,00	3,38	6,20	2,00	1,50	1,67	15,49	1,50	1,00	1,21	15,57	4,00	2,00	3,00	33,33	5,00
<i>M. toringoides</i>	4,25	3,25	3,78	6,97	2,50	2,00	2,07	6,54	1,50	1,00	1,27	15,99	9,00	1,00	6,64	33,36	5,15
<i>Chloromeles</i>																	
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	9,00	7,00	8,01	6,21	5,00	4,25	4,72	5,58	3,75	2,50	3,10	10,92	3,00	0,00	1,84	40,55	62,77
<i>Gymnomeles</i>																	
<i>M. baccata</i>	5,25	4,00	4,67	7,53	3,00	2,00	2,47	11,06	2,00	1,25	1,46	16,26	9,00	1,00	5,72	36,22	11,00
<i>M. halliana</i>	5,00	4,00	4,44	5,70	2,50	1,75	2,10	8,42	2,00	1,00	1,53	15,87	4,00	1,00	2,24	48,70	8,30
<i>Malus</i>																	
<i>M. niedzwetzkyana</i>	7,00	5,50	6,08	6,14	4,00	2,75	3,12	7,71	2,50	1,50	2,08	10,82	6,00	1,00	2,64	42,18	21,92
<i>Gr. cult. Domesticae</i>																	
<i>M. ×purpurea</i>	5,00	4,00	4,47	6,91	3,00	2,00	2,60	13,02	2,25	1,50	1,98	7,22	9,00	2,00	5,00	32,66	14,20
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	6,50	4,75	5,81	8,72	3,75	2,50	3,42	7,82	2,50	1,50	2,02	9,40	9,00	2,00	6,44	30,10	20,53
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	6,00	4,25	4,98	7,66	3,00	2,25	2,73	9,13	2,25	1,50	1,95	8,28	3,00	0,00	1,60	59,84	12,63
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	6,00	5,00	5,50	5,41	4,00	3,00	3,51	8,35	2,50	1,75	2,02	9,40	9,00	3,00	5,12	33,03	19,26

### 3.1.3. Особливості ритмів росту та розвитку генеративних органів.

#### Рясність цвітіння та плодоношення

Найвищою рясністю цвітіння та плодоношення впродовж 2016 – 2020 рр. вирізнялися дрібнопліді яблуні (секції *Sorbomalus* та *Gymnomeles*): *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. baccata* та *M. halliana* (середня рясність цвітіння понад 4,0 бали, рясність плодоношення понад 3,0 бали). Види та сорти з відносно більшими плодами (*M. coronaria* ‘Red Tip’, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) отримали високу оцінку за інтенсивністю цвітіння (3,5–4,2 бали), однак отримали порівняно нижчі оцінки за інтенсивністю плодоношення (2,0–3,0 бали), ймовірно, з огляду на те, що ріст та розвиток крупніших плодів потребує більше енергетичних затрат. Найнижчі оцінки за рясністю цвітіння та плодоношення отримали *M. trilobata*, *M. fusca* (репродуктивна сфера яких досліджувалася із 2019 та 2018 року відповідно) та *M. tschonoskii* (табл. 3.1.3.1).

Таблиця 3.1.3.1

#### Рясність цвітіння і плодоношення видів і сортів роду *Malus*

Вид, сорт	Інтенсивність цвітіння/плодоношення по роках, бал					x̄
	2016	2017	2018	2019	2020	
<i>Eriolobus</i>						
<i>M. trilobata</i>	-	-	-	2/1	2/1	2,0/1,0
<i>Docyniopsis</i>						
<i>M. tschonoskii</i>	4/2	3/1	4/2	3/1	3/2	3,4/1,4
<i>Sorbomalus</i>						
<i>M. floribunda</i>	5/4	5/3	5/4	4/3	5/4	4,8/3,6
<i>M. fusca</i>	-	-	2/1	3/2	4/4	3,0/2,3
<i>M. toringoides</i>	4/3	5/3	4/3	4/3	5/4	4,4/3,2
<i>Chloromeles</i>						
<i>M. coronaria</i> ‘Red Tip’	4/3	3/1	4/2	3/2	4/3	3,6/2,2
<i>Gymnomeles</i>						
<i>M. baccata</i>	4/3	4/2	5/4	4/3	5/3	4,4/3,0
<i>M. halliana</i>	5/3	4/3	5/4	4/3	5/3	4,6/3,2
<i>Malus</i>						
<i>M. niedzwetzkyana</i>	5/2	4/0	5/3	4/2	4/3	4,4/2,0
<i>Gr. cult. Domesticae</i>						
<i>M. ×purpurea</i>	4/3	4/1	5/4	4/3	4/3	4,2/2,8
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	4/2	3/1	5/3	4/2	5/3	4,2/2,2
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	5/3	3/1	4/3	5/2	4/2	4,2/2,2
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	3/2	4/0	5/3	4/3	4/3	4,0/2,2



### 3.2.1. Якісні характеристики пилоквих зерен

Зрілі пилкові зерна яблуні двобічно симетричні, продовгуваті, середнього розміру з трьома поздовжніми борознами, в середній частині кожної з яких по екваторіальному колу утворюються пори — апертури (Крылова, 1981; Опалко, 2005; Zhang et al., 2019). Сучасними дослідженнями з'ясовано, що пилок різних видів роду *Malus* відрізняється за розмірами та забарвленням, стабільною для усіх видів яблуні є трьохборозенчаста структура (рис. 3.2.1.1). Орнамент екзини залишається незмінним і генетично стабільним, тобто характеристики пилкових зерен слід вважати потенційно цінними для таксономії, при вивченні походження та генетичної еволюції рослин (Nazeri, 2008; Dyakova, 2014; Zhang et al., 2017).

Кількість та якість пилку, що продукується окремим мікроспорофілом, квіткою чи рослиною, залежить від спадкових чинників, віку рослини, фізіологічного стану та умов їхнього росту, має значний вплив на процес зав'язування плодів та насіння (Крылова, 1981). Згідно дослідження розвитку змішаних бруньок та пиляків *M. halliana*, стадія дозрівання пилку збігається із фазою «рихлого бутона», тобто за один – два дні до початку цвітіння (Zhang et al., 2019).

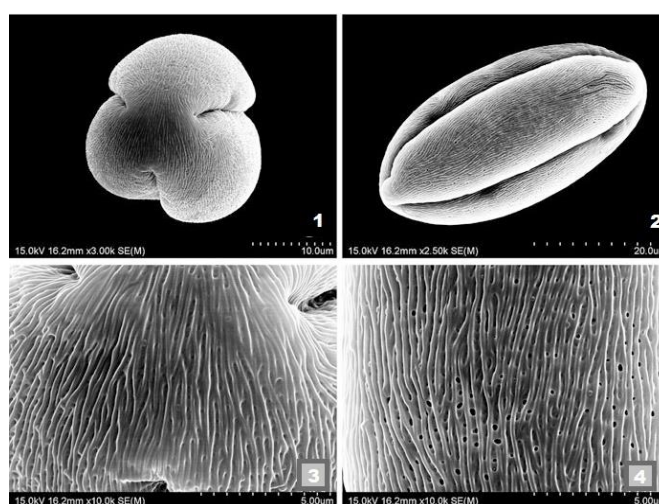


Рис. 3.2.1.1. Пилок *M. baccata* (Zhang et al., 2019): 1 — полярний вид пилкового зерна, 2 — екваторіальний вид, 3 — орнамент екзини в полярній осі, 4 — орнамент екзини в екваторіальній осі.



Якість пилку оцінювали за кількістю фертильних і життєздатних пилкових зерен. Так, прийнято розрізняти поняття «життєздатність» — здатність чоловічого гаметофіту до росту на відповідних тканинах маточки, і «фертильність» — запліднююча здатність або зиготичний потенціал, тобто здатність викликати повне запліднення. Головною морфологічною ознакою фертильності є наявність у пилкових зернах сформованих чоловічих гамет (сперміїв). За звичайних умов майже увесь пилок, що утворився у пиляках, є фертильним. До стерильності пилку, деформації чи дегенерації ядер, клітин чи цитоплазми чоловічого гаметофіту призводять несприятливі чинники довкілля (надмірне пониження чи підвищення температури та вологості), штучна дія різними реагентами та фізичними факторами, а також порушення мейозу при мікроспорогенезі. Критично впливає на якісні характеристики пилкових зерен дефіцит поживних речовин на етапі дозрівання пилку (Zhang et al., 2019).

Виявлено високу фертильність пилку досліджених таксонів яблуні, що свідчить про достатню адаптивність рослин (рис. 3.2.1.2; рис. 3.2.1.3). Найвищі показники фертильності (понад 90%) мали рослини *M. coronaria* 'Red Tip', *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Selkirk', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. toringoides*, *M. trilobata*, найнижчі — *M. niedzwetzkyana* (79,84 %), проміжні значення характерні для видів *M. baccata* (89,23 %), *M. halliana* (89,13 %) та *M. tschonoskii* (89,75%).

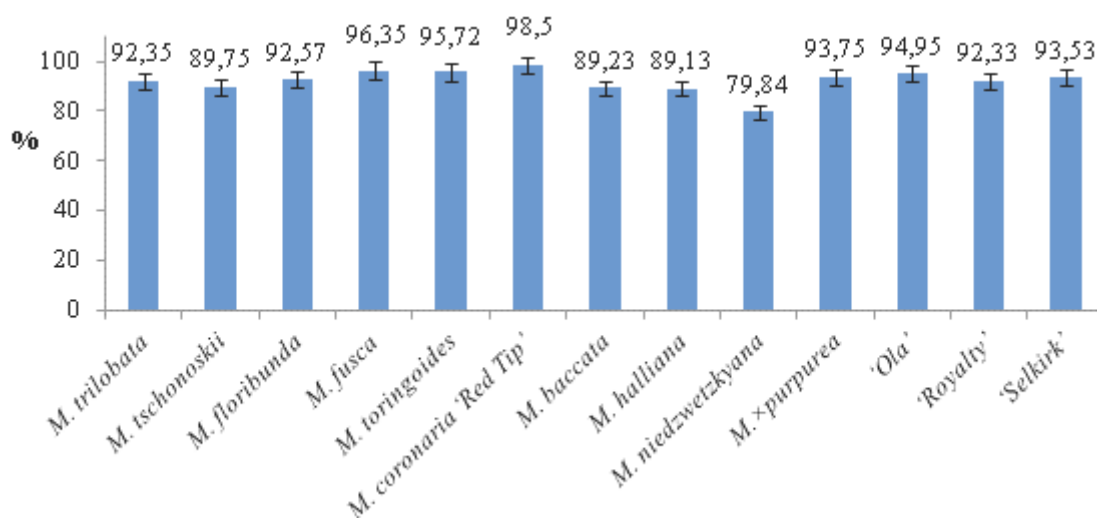


Рис. 3.2.1.2. Фертильність пилкових зерен представників роду *Malus*

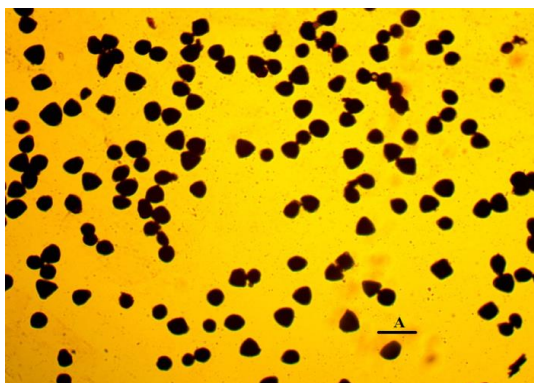


Рис. 3.2.1.3. Пилкові зерна *M. coronaria* ‘Red Tip’ (після фарбування йодним розчином; A = 100 мкм)

Життєздатність пилкових зерен визначали методом пророщування у чашках Петрі на штучних живильних середовищах з додаванням сахарози в різних концентраціях (рис. 3.2.1.4; табл. 3.2.1.1).

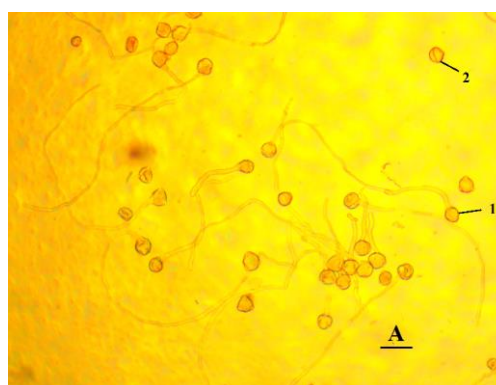


Рис.3.2.1.4. Пилкові зерна *M. fusca* на живильному середовищі з концентрацією сахарози 10 % (A = 100 мкм): 1 — життєздатний пилкок; 2 — нежиттєздатний пилкок

Початок проростання пилкових зерен у видів і сортів роду *Malus* спостерігали через дві (*M. toringoides*, *M. baccata*, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. coronaria* ‘Red Tip’) та чотири години (*M. tschonoskii*, *M. trilobata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’), а найбільшу кількість пророслих пилкових трубок та облік проводили відповідно через 24 та 48 годин (Конопелько, 2018).



Життєздатність пилку представників роду *Malus*

Вид, сорт	Відсоток пророслого пилку за концентрації сахарози, %				
	5	10	15	20	25
<i>Eriolobus</i>					
<i>M. trilobata</i>	1,03±0,03	7,33±0,22	2,25±0,08	0	0
<i>Docyniopsis</i>					
<i>M. tschonoskii</i>	3,69±0,11	31,97±0,96	46,45±1,39	24,61±0,74	5,63±0,17
<i>Sorbomalus</i>					
<i>M. floribunda</i>	16,57±0,51	29,82±0,89	51,46±1,16	20,05±0,61	18,80±0,56
<i>M. fusca</i>	6,01±0,19	36,69±1,10	2,35±0,07	1,07±0,03	0
<i>M. toringoides</i>	30,26±0,91	53,00±1,59	73,32±2,19	48,95±1,47	12,50±0,38
<i>Chloromeles</i>					
<i>M. coronaria</i> ‘Red Tip’	13,37±0,40	30,09±0,91	17,90±0,54	13,92±0,41	1,85±0,05
<i>Gymnomeles</i>					
<i>M. baccata</i>	36,96±1,11	62,92±1,89	26,84±0,81	22,22±0,65	29,79±0,89
<i>M. halliana</i>	0	9,25±0,27	7,71±0,23	20,54±0,62	11,02±0,33
<i>Malus</i>					
<i>M. niedzwetzkyana</i>	0	1,51±0,04	5,04±0,15	0,75±0,02	0
<i>Gr. cult. Domesticae</i>					
<i>M. ×purpurea</i>	7,39±0,22	23,45±0,70	41,21±1,23	10,73±0,03	3,16±0,09
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	29,92±0,89	36,12±1,08	24,32±0,73	11,36±0,34	3,89±0,11
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	16,66±0,49	33,66±1,01	42,55±1,27	27,27±0,81	10,71±0,32
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	10,50±0,31	14,92±0,44	17,50±0,52	8,33±0,24	6,52±0,19

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*.

Найвища життєздатність пилку була характерна для *M. tschonoskii*, *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. baccata*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’

(понад 40 %). Найменш життєздатний пилок був у видів *M. trilobata* (7,33%) та *M. niedzwetzkyana* (5,04%) (Опалко та ін., 2023).

Хоча дані з пророщування пилку відносні, вони слугують істотним орієнтиром у гібридизації. Вважають, що коли проростання пилку в умовах *in vitro* дорівнює або перевищує 40%, то він повністю придатний для використання в польових умовах. Згідно методики, запропонованої Флорінім, пилок поділяється на три групи: із поганою життєздатністю — до 30% фертильних пилкових зерен, середньою — від 30 до 70% та доброю — більше 70% (Крылова, 1981; Опалко, 2005; DeLong et al., 2016).

### 3.2.2. Самоплідність та самофертильність.

З метою з'ясування здатності до самоплідності та самофертильності видів та сортів декоративної яблуні (*M. floribunda*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk') визначали відсоток зав'язування плодів (відношення кількості утворених плодів до загальної кількості квіток) та насіння (відношення реальної насінної продуктивності до потенційної) в умовах авто- та алогамії (рис. 3.2.2.1).



Рис. 3.2.2.1. Рослини під ізоляторами

Кількість генеративних органів визначали у рослин, що росли в однакових умовах (на одній дослідній ділянці) (табл. 3.2.2.1).

Таблиця 3.2.2.1

Кількість генеративних органів декоративних видів та сортів яблуні  
впродовж вегетаційного сезону (шт.)

Вид, сорт	Бруньки	Бутони	Квітки	Зав'язь, 7–10 діб після завершення цвітіння	Плоди, 60 діб після завершення цвітіння	Плоди, 120 діб після завершення цвітіння
<i>M. floribunda</i>	<u>101</u>	<u>518</u>	<u>513</u>	<u>469</u>	<u>436</u>	<u>413</u>
	134	674	654	64	41	34
<i>M. halliana</i>	<u>34</u>	<u>193</u>	<u>184</u>	<u>140</u>	<u>100</u>	<u>94</u>
	61	371	368	60	15	13
<i>M. niedzwetzkyana</i>	<u>48</u>	<u>202</u>	<u>192</u>	<u>162</u>	<u>51</u>	<u>49</u>
	45	195	178	0	0	0
<i>M. ×purpurea</i>	<u>81</u>	<u>372</u>	<u>347</u>	<u>256</u>	<u>220</u>	<u>217</u>
	146	666	653	97	80	72
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	<u>20</u>	<u>88</u>	<u>86</u>	<u>68</u>	<u>32</u>	<u>28</u>
	24	118	114	4	4	4
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	<u>57</u>	<u>257</u>	<u>256</u>	<u>95</u>	<u>70</u>	<u>42</u>
	43	188	188	2	1	0
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	<u>55</u>	<u>320</u>	<u>269</u>	<u>176</u>	<u>100</u>	<u>98</u>
	38	233	203	0	0	0
ПРИМІТКА*	<u>алогамія</u> автогамія					

В умовах автогамії плоди зав'язалися у *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* та 'Ola', виповнене насіння сформувалося у плодах *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*. Самобезплідними були *M. niedzwetzkyana*, 'Royalty' та 'Selkirk' (табл. 3.2.2.2).

## Відсоток зав'язування плодів та насіння залежно від типу запилення

Вид, сорт	Зав'язування плодів, %	Насінна продуктивність, шт.		Зав'язування насіння, %
		потенційна	фактична	
<i>M. floribunda</i>	<u>80,51</u>	<u>5130,00</u>	<u>2975,4</u>	<u>58,00</u>
	5,20	6540,00	13,6	0,21
<i>M. halliana</i>	<u>51,09</u>	<u>736,00</u>	<u>445,28</u>	<u>60,50</u>
	3,53	1472,00	73,60	5,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	<u>25,52</u>	<u>1920,00</u>	<u>506,88</u>	<u>26,40</u>
	0	1780,00	0	0
<i>M. ×purpurea</i>	<u>62,54</u>	<u>3470,00</u>	<u>1735,00</u>	<u>50,00</u>
	11,03	6530,00	215,49	3,30
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	<u>32,56</u>	<u>839,36</u>	<u>437,92</u>	<u>52,17</u>
	3,51	1112,64	0	0
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	<u>16,41</u>	<u>737,28</u>	<u>409,6</u>	<u>55,56</u>
	0	541,44	0	0
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	<u>36,43</u>	<u>2614,68</u>	<u>962,56</u>	<u>36,81</u>
	0	1973,16	0	0
ПРИМІТКА*	<u>алогамія</u> <u>автогамія</u>			

Самонесумісність може спричинити певні труднощі як у селекційно-генетичних роботах, так і плодівництві та декоративному садівництві (Конопелько, 2021а). Впродовж тисячоліть виробники та селекціонери використовували механізми самонесумісності як інструмент маніпулювання одомашненням сільськогосподарських культур (Muñoz-Sanz et al., 2020). Здатність до автогамії важлива у несприятливих екологічних умовах (Пономарев, 1960). Самозапильні сорти яблуні, зокрема у плодівництві викликають інтерес із огляду на проблему досягнення максимальної та стабільної урожайності, полегшення догляду та захисту садів, збору плодів, тобто зменшення затрат на виробництво. Самозапильні (самоплідні) генотипи, на відміну від перехреснозапильних, менш залежні від несприятливих чинників навколишнього середовища та зменшення кількості запилювачів внаслідок

екологічних змін. Для народного господарства самоплідність сортів яблуні досить цінна ознака, хоча під кутом еволюції — не є прогресивною.

Як середня маса плодів, так і кількість насіння в одному плоді, переважно зменшувалася в умовах автогамії (рис. 3.2.2.2; рис. 3.2.2.3).

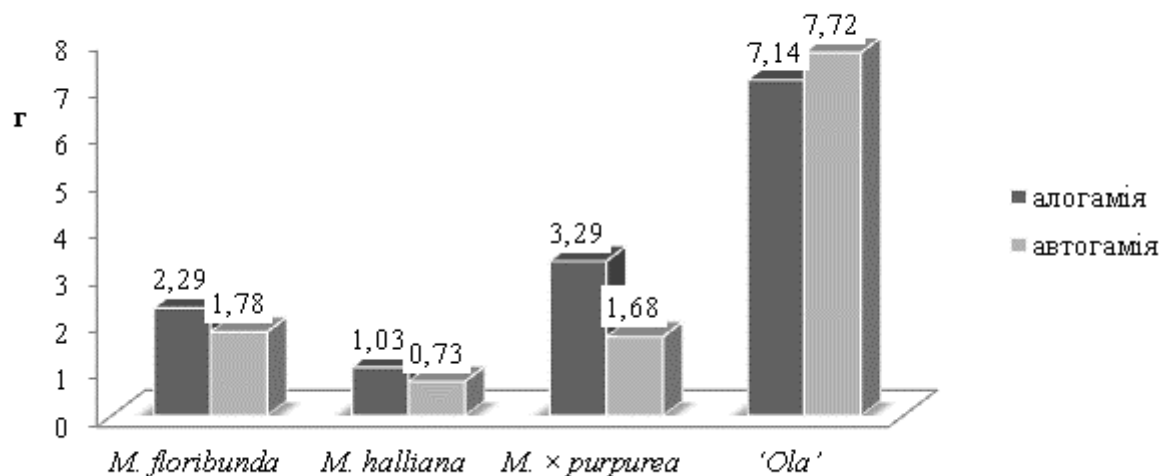


Рис. 3.2.2.2. Середня маса плоду залежно від типу запилення

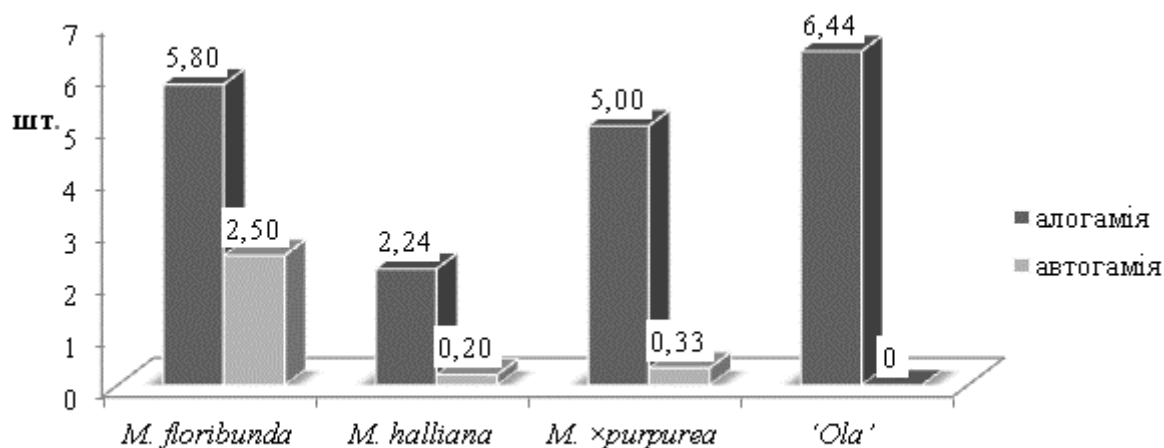


Рис. 3.2.2.3. Кількість насінин в одному плоді залежно від типу запилення

У *M. × purpurea* за автогамії зав'язувалися плоди за середньою масою менші на 48,93%, у *M. halliana* — менші на 29,13%, у *M. floribunda* — менші на 22,27% від плодів сформованих в умовах алогамії. У сорту 'Ola' середня маса

плодів за автогамії збільшилася на 8,12%. Для усіх вибірок коефіцієнт варіації не перевищував допустимого значення ( $V < 33,00\%$ ), окрім маси плодів *M. ×purpurea* 'Ola' ( $V = 65,72\%$ ), середнє значення якої було нетиповим для сукупності. Кількість насіння у одному плоді зменшилася в середньому на 93,40% у *M. ×purpurea*, на 91,07% у *M. halliana*, на 56,90% у *M. floribunda*.

Нашими дослідженнями підтверджено, що пов'язане з самонесумісністю перехресне запилення має позитивний вплив на кількість плодів та життєздатність насіння, а самонесумісність у рослин виявляється зменшенням кількості насіння, яке утворюється при самозапиленні порівняно з перехресним запиленням (Буюн, 2013).

Будь-яке природне угруповання складається із певної кількості видів рослин та видів тварин, багато із яких є потенційними запилювачами. Однак кожен вид рослин «залучає» лише частину потенційних запилювачів для постійного відвідування своїх квіток та запилення, та перешкоджає відвідуванню для деяких інших видів тварин, що присутні в даному угрупованні, тим самим визначаючи чітку спеціалізацію процесу запилення. З'ясовано, що обмеження щодо відвідувачів квіток пов'язано з морфологією, специфікою виділених ароматичних речовин, а також кількісними та / або якісними особливостями нектару та пилку (Shivanna, 2014).

Лімітувальними факторами відсотків зав'язування плодів та насіння для видів та декоративних сортів роду *Malus* були погодні умови в період цвітіння, самонесумісність та недостатня кількістю генетично сумісного пилку внаслідок просторової ізоляції/віддаленості (Конопелько, 2021а; Конопелько, 2022а).

Для перехреснозапильних рослин з-поміж біотичних факторів, які впливають на показники зав'язування плодів та насіння, слід відзначити склад фітоценозу, зокрема масове чи поодиноке зростання видів одного роду в конкретному угрупованні. Науковцями зарубіжних країн з'ясовано, що успішне запилення, як правило, можливе між близько ростучими деревами на відстані 23 м (Larsen & Kjær, 2009; Reim et al., 2017).

Відсоток зав'язування плодів для *M. halliana* та *M. niedzwetzkyana* за вирощування у солітерах зменшувався у 2,8–3,4 рази, на противагу груповим насадженням (рис. 3.2.2.4). Відповідно зменшувалася і декоративність цих рослин у літньо-осінній період. Його зниження спостерігали для одного і того ж виду/сорту за несприятливих метеорологічних умов у період цвітіння. Зниження відсотка зав'язування плодів у *M. × purpurea* 'Royalty' у 2020 році (до 16,41%) можна пояснити тим, що переважну частину періоду цвітіння спостерігали опади, внаслідок чого не відбулося запилення більшості квіток та не були сформовані плоди. Відсоток зав'язування плодів у відносно сприятливі роки (період цвітіння без опадів) 'Royalty' досягав 52,73%.

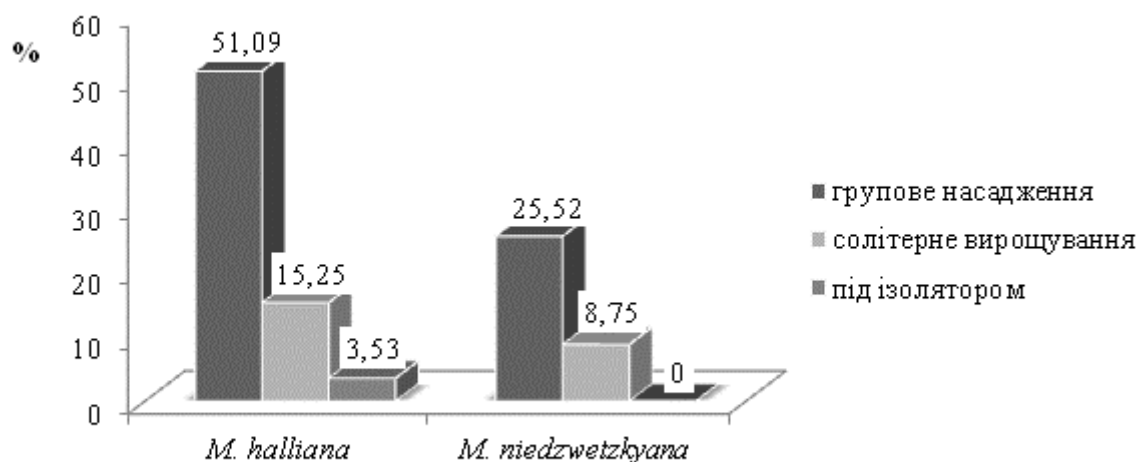


Рис. 3.2.2.4. Зав'язування плодів залежно від розташування видів яблуни у різних типах ландшафтних композицій

Дослідження самоплідності та самофертильності видів та сортів яблуни вказує на те, що як продуктивність, так і декоративність рослин роду *Malus* у період плодоношення, залежить від умілого планування як дослідних ділянок, так і зелених насаджень населених місць. Сумісне зростання в групах, масивах, куртинах, узліссях одночасно різних декоративних видів та сортів яблуни сприятиме підвищенню ефектності зелених насаджень в літньо-осінній період (Конопелько, 2021а). Лише самоплідні яблуни придатні для створення

однорідних масивів, алей та солітерів, сорти-запилювачі, посаджені поблизу них, забезпечуватимуть порівняно вищу урожайність та декоративність.

### **3.3. Репродуктивні характеристики залежно від їх екологічних особливостей**

Ріст та розвиток рослинних організмів відбувається під впливом різних чинників навколишнього середовища (Косаківська, 2003; David-Schwartz, 2019). Деякі з них залежно від інтенсивності та тривалості можуть виступати як стресори. Проявом адаптації живих організмів у відповідь на стрес є сукупність морфологічних та фізіолого-біохімічних змін (Косаківська, 2003; Гончаровська та ін., 2017; Anjum, et al., 2011). Небезпечні погодні катаклізми, різкі зміни погоди, паводки, повені, сильні вітри, зливи і дощі, град, посухи — наслідки глобальної зміни клімату, що призводять до значних екологічних та економічних збитків у всьому світі. В умовах зміни клімату рівень і умови зволоження є провідним чинником, що обмежує використання природного потенціалу рослинних ресурсів. Тенденція до посилення посух спостерігається на більшій частині України, за останні 20 років посухи повторюються майже вдвічі частіше (Іванюта та ін., 2020). Слід зазначити, що виявлення джерел стійкості проти стресових чинників докільля тісно пов'язане з питаннями еволюції, систематики і географії рослин та є актуальним напрямком вивчення генофонду яблуні (Конопелько, 2016; Konopelko et al., 2023). Проведення експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні для повної комплексної оцінки передбачає визначення за баловою шкалою морозостійкості та холодостійкості, посухостійкості, стійкості проти збудників тощо (Києнко та ін., 2016; Києнко та ін., 2017; Ткачик та ін., 2017).

Враховуючи вищезазначене, впродовж 2016–2022 років нами проводилися спостереження за стійкістю представників роду *Malus* до чинників довкілля з метою подальшого з'ясування взаємозв'язку екологічних характеристик та розвитку генеративних органів.

Візуальна оцінка посухостійкості видів і сортів роду *Malus* проводилася щорічно, нами не було виявлено морфологічних змін, які б свідчили про



зниження посухостійкості впродовж 2016–2022 років, за винятком серпня 2020 року (ГТК = 0,26). У зазначений період спостерігали локальні пошкодження на окремих листках та втрату тургору листків у видів та сортів декоративної яблуні, що спонукало нас до дослідження потенційної посухостійкості рослин за допомогою фізіологічних методів (Кушніренко та ін., 1975). Фактична посухостійкість для усіх досліджених генотипів у цей період (*M. floribunda*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) була оцінена у 6 балів за шкалою В.М. Меженського (2007). При чому суттєвої різниці за візуальними показниками між різними видами чи сортами не було (рис. 3.3.1).



1



2

Рис. 3.3.1. Локальні пошкодження листків під час посухи:

1 — рослини *M. halliana*; 2 — сорт ‘Royalty’

Згідно методики М. Д. Кушніренка (1975) було визначено наступні фізіологічні показники: вміст води у листках, відносна тургоресцентність, дефіцит води та водоутримуюча здатність (табл. 3.3.1).

Лабораторні дослідження, на відміну від візуальної оцінки, розподілили досліджені генотипи за посухостійкістю, зокрема, за водним дефіцитом на групи. Сильна посухостійкість була властива *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’ (водний дефіцит  $\leq 10\%$ ), середня —

*M. ×purpurea* ‘Selkirk’ та *M. ×purpurea* ‘Ola’ (водний дефіцит 10–20%), низька — *M. niedzwetzkyana* (водний дефіцит  $\geq 20\%$ ).

Таблиця 3.3.1

Фізіологічні показники посухостійкості представників роду *Malus*

Вид, сорт	Вміст води, %	Відносна тургоресцентність, %	Дефіцит води, %	Втрата води, %			
				через 2 год.	через 4 год.	через 6 год.	через 24 год.
<i>M. floribunda</i>	59,95±0,79	98,57±0,88	7,46±0,49	11,94±0,59	23,60±0,61	36,92±0,62	64,69±1,19
<i>M. halliana</i>	61,64±0,79	98,86±0,67	6,84±0,52	9,67±0,55	20,83±0,60	31,99±0,53	50,22±1,11
<i>M. niedzwetzkyana</i>	60,67±0,93	91,50±0,81	24,37±0,70	14,04±0,61	22,54±0,40	33,63±0,59	59,50±0,97
<i>M. ×purpurea</i>	67,18±0,77	98,09±0,68	7,07±0,51	15,09±0,40	20,02±0,55	33,41±0,74	61,50±0,81
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	60,22±0,47	81,72±0,69	17,07±0,62	13,68±0,57	32,04±0,54	51,96±0,79	77,36±0,79
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	62,57±0,70	89,61±0,86	9,30±0,56	10,55±0,51	22,08±0,51	40,54±0,74	72,18±0,83
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	61,57±0,86	88,46±0,93	10,28±0,47	12,97±0,58	29,36±0,48	44,38±0,93	66,23±0,91

Здатність рослин зберігати морфологічну структуру та функціональні особливості під дією несприятливих чинників довкілля залежить від характеру та інтенсивності цих чинників і визначається низкою генетичних механізмів, по-перше, кількістю генетичного різноманіття та генетичною основою ознак, що обмежують адаптивність (Скляр & Злобін, 2015; David-Schwartz et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Висока тургоресцентність і низький дефіцит води відповідно до методики свідчать про високу посухостійкість рослин.

Стабільність, або ж незначна зміна процесів життєдіяльності в період посухи свідчить про високу продуктивність таких рослин. Вищу

продуктивність мають рослини, у яких процеси життєдіяльності у період посухи мало змінюються (Кушніренко та ін., 1975). Недостатня стійкість до посухи є однією з причин зниження декоративних якостей та передчасного старіння садових насаджень (Гончаровська, 2019). Посухостійкість, як і будь-яку іншу адаптивну цінність рослини, необхідно оцінювати під час селекції, відбору та впровадження нових сортів (Кушніренко та ін., 1975; Blum, 2011).

Регулювати певною мірою посухостійкість рослин можна за допомогою підживлення, відомо, що калійні та фосфорні добрива сприяють підвищенню посухостійкості рослин, азотні — навпаки — знижують її. Для зменшення стресу від посухи ефективними є препарати з арбускулярними мікоризними грибами, які утворюють симбіози з корінням найважливіших видів сільськогосподарських культур. Дослідженнями доведено, що симбіоз цих мікоризних грибів покращує пристосованість рослин до посухи. Генетичний контроль симбіозу мікоризи залежить від експресії MdGH3-2/12, який контролює і стійкість яблуні до посухи (Huang et al., 2021). Сорти яблуні на карликових підщепах, зважаючи на поверхневе залягання кореневої системи, за однакових умов менш посухостійкі, ніж на напівкарликових та сильнорослих підщепах (Кушніренко та ін., 1975).

Згідно дослідження найбільш посухостійкими слід вважати *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* (відносна тургоресцентність понад 98,00%, водний дефіцит менший за 10,00%). Досить показово те, що для даних видів був характерний високий відсоток зав'язування плодів (понад 50,00%).

Наукові дослідження стресостійкості культурних рослин останніх років пов'язані з ідентифікацією генів стійкості, зокрема і у геномі яблуні (Wang et al., 2022), насамперед, задля пошуку цінних ресурсів стійкості, та доводять, що одні й ті ж гени можуть брати участь у захисних реакціях як на абіотичні, так і на біотичні стресові чинники (Zhang et al., 2021). Ознаки стійкості мають різний генетичний контроль, однак впливають одна на одну через обмінні процеси. Низька стійкість до одного зі стресових чинників довікля ослаблює рослинний організм і знижує його стійкість до іншого стресора, навіть якщо вона була

високою. Наприклад, у ослаблених від посухи або постраждалих від морозу рослин яблуні знижується захисний потенціал, і вони стають сприйнятливими до збудників хвороб (Mody et al., 2009). Під час сильної та тривалої посухи показником стресу, за результатами досліджень угорських вчених, можна вважати підвищення концентрації сахарози у листках, а під час тимчасових посушливих періодів — підвищення концентрації глюкози та фруктози (Nemeskeri et al., 2009). Стрес від посухи та його інтенсивність може впливати на привабливість яблуні домашньої для травоядних комах. Рослини з високим рівнем стресу були найбільш привабливі для гусениць, а приріст популяції попелиці був найвищим на рослинах, що не піддавали стресу та найнижчим на рослинах із низьким рівнем стресу (Mody et al., 2009). Повідомлялося, що експресія фактора транскрипції *Mub4* гену *Osmub4* покращує фізіологічну та біохімічну адаптацію до стресу від холоду та посухи трансгенних рослин яблуні (Pasquali et al., 2008).

Програма реакції рослин на стрес складається з численних компонентів, включаючи активні форми кисню, мембрани, G-білки, кальцій, окисно-відновний гомеостаз, НАДФН-оксидази, протеїнкінази та базові сигнальні механізми гормонів (Sewelam et al., 2016). Такі фітогормони, як саліцилова кислота, ауксини, гібереліни, цитокініни та абсцизова кислота, координують різні шляхи передачі сигналу рослинами під час їх відповіді на стресори навколишнього середовища (Faroq et al., 2009; Khan et al., 2012). Одним із лімітувальних чинників росту та розвитку рослин є окислювальний стрес, який виникає внаслідок різноманітних стресорів та впливає на біологічні процеси через генерацію підвищених концентрацій активних форм кисню. Збій або нездатність антиоксидантних захисних механізмів стримувати надмірне виробництво активних форм кисню в несприятливих умовах призводить до порушення різних клітинних, фізіологічних і біохімічних функцій (Arel & Hirt, 2004; Faroq et al., 2009). Вищезазначене має значний вплив на врожайність та якість різних культур (Xie et al., 2019).

Наша здатність прогнозувати екологічні наслідки зміни клімату та керувати ними залежить від розуміння пластичної акліматизації рослин до фізіологічного стресу (Grossman, 2023), особливо стресу від посухи та механізмів, що лежать в основі рослин для його послаблення (Atta et al., 2022). Сукупність морфологічних, фізіологічних, біохімічних і молекулярних змін у рослинах під час посухи має важливе значення для цілісного розуміння механізмів стійкості рослин (Anjum et al., 2011) і є об'єктом дослідження стресостійкості рослин, яке проводять вчені з різних країн світу (Reddy et al., 2004; Farooq et al., 2009). Різні види рослин за допомогою численних механізмів стійкості можуть зменшити використання своїх ресурсів і регулювати свій ріст, щоб впоратися з несприятливими умовами навколишнього середовища, такими як посуха (Seleiman et al., 2021; Abdelhakim et al., 2022).

Враховуючи звуження генетичного різноманіття культивованих видів яблунь, отримання нових джерел стійкості та оцінка їх реакції на посуху на фізіологічному та генетичному рівнях є важливим питанням для селекції яблуні (Wojcik et al., 2022; Sestras & Sestras, 2023). Численні дослідження були присвячені впливу посухи та підвищених температур на продуктивність рослин і врожайність через фізичні пошкодження, фізіологічні та біохімічні порушення та молекулярні зміни. Вони вказують на важливість критичного обговорення основних реакцій рослин на ці стреси як основи для розробки потенційних стратегій управління в майбутньому (Fahad et al., 2017; Hussain et al., 2018; Iqbal et al., 2020).

Доведено, що інтенсивність фотосинтезу знижується різко в умовах посухи (Ping & Bai, 2015; Wang et al., 2018). Враховуючи, що виявлено сильний кореляційний зв'язок між водним потенціалом листків яблуні та фотосинтетичною активністю, фотосинтез як процес, можна розглядати як основу врожаю яблук, а дослідження взаємозв'язків між посухостійкістю та врожайністю є актуальним (Wang et al., 2018).

Це зумовило необхідність з'ясувати зв'язок між фізіологічними показниками посухостійкості та кількісними репродуктивними показниками

рослин роду *Malus*, які визначають як декоративність, так і продуктивність рослин.

Для з'ясування зв'язку показників потенційної посухостійкості та репродуктивних характеристик були проведені розрахунки парних коефіцієнтів кореляції між вмістом води у листках, відносною тургоресцентністю, дефіцитом води, водоутримною здатністю з одного боку та фертильністю і життєздатністю пилоквих зерен, відсотками зав'язування плодів і насіння з іншого боку (табл. 3.3.2).

Таблиця 3.3.2

Кореляція між показниками посухостійкості та репродуктивними характеристиками

Репродуктивні характеристики	Коефіцієнт кореляції			
	Вміст води у листках	Відносна тургоресцентність	Дефіцит води	Втрата води (через 2 год)
Фертильність пилоквих зерен	0,22	-0,13	-0,60*	0,03
Життєздатність пилоквих зерен	0,20	0,16	-0,60*	0,14
Відсоток зав'язування плодів	0,25	<b>0,73*</b>	<b>-0,76*</b>	-0,30
Відсоток зав'язування насіння	0,05	0,38*	<b>-0,72*</b>	-0,55*

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

Слід відмітити, що для розрахунків були взяті показники фактичної посухостійкості та репродуктивні характеристики одного року (період 2020). Так як репродуктивні характеристики, зокрема відсоток зав'язування плодів *M. ×purpurea* 'Royalty' був знижений внаслідок несприятливих погодних умов у період цвітіння (він становив 16,41% — найнижчий у 2020 році, хоча у роки зі сприятливими погодними умовами в період цвітіння досягав 52,73%), його було виключено з кореляційного аналізу задля забезпечення достовірності отриманих результатів.

Виявлені кореляційні зв'язки свідчать про залежність зав'язування плодів і насіння рослин від потенційної посухостійкості. При чому сильний прямий зв'язок ( $r = 0,73$ ) виявлений між відсотком зав'язування плодів та відносною тургоресцентністю, а сильний зворотний зв'язок між відсотками зав'язування плодів і насіння та дефіцитом води ( $r = -0,76$  і  $r = -0,72$  відповідно). Для усіх репродуктивних характеристик найбільш визначальним з-поміж показників потенційної посухостійкості був дефіцит води, який мав з ними зворотний сильний (з відсотками зав'язування плодів і насіння) та зворотний середній (з фертильністю та життєздатністю пилкових зерен) кореляційний зв'язок. Вищу репродуктивну здатність, зокрема за показниками фертильності та життєздатності пилкових зерен, за зав'язуванням плодів і насіння, мали види та сорти яблуні з нижчим дефіцитом води, визначеним у період посухи.

З'ясування зв'язків між кількісними фізіологічними показниками посухостійкості та продуктивності рослин, а також пошук визначальних фізіологічних факторів, пов'язаних зі зниженням якісних і кількісних показників життєдіяльності рослин або навіть їх загибелі, яка спричинена посухою, викликає зацікавленість наукової спільноти (Adams et al., 2017; Blum, 2017). Було досліджено зв'язок між стресом від посухи, параметри газообміну та фотосинтетична активність листя (Wang et al., 2018). Для сільськогосподарських культур (ячмінь, пшениця, кукурудза, сорго, нут, горох, соєві боби, ріпак, гірчиця, рицина та соняшник) в умовах посухи, у 24 з 26 випадків виявлений позитивний і значущий зв'язок було виявлено між осмотичним регулюванням та продуктивністю (Blum, 2017). Результати досліджень, проведених у Європі свідчать, що літня спека і дефіцит опадів призводять до зниження первинної валової продуктивності рослин, що супроводжується уповільненням дихання екосистеми і, відповідно, збільшенням кількості джерела вуглекислого газу (Ciais et al., 2005). Основна причина загибелі деревних рослин під час посухи — це втрата транспортної функції рослини, тобто здатність рослини переміщати воду від коренів до листя (гідралічний збій), при нестачі вуглекислого газу (вуглецеве голодування)

було причиною смертності лише в половині випадків (Adams et al., 2017). Урожайність культурних рослин та їх виживання не слід розглядати як ідентичні наслідки стресу від посухи. Стабільність компонентів урожайності рослин є відображенням механізму пластичності, на якому повинна базуватися оцінка посухостійкості (Basu et al., 2016).

Ми підтримуємо ідею про те, що ознаки, які забезпечують толерантність до стресорів навколишнього середовища, не є статичними в часі (Grossman, 2023), однак, на нашу думку, наше дослідження визначило рівень фізіологічної пластичності досліджених видів і сортів, що, у свою чергу, відобразило успішність розвитку генеративних органів.

Згідно кліматичного сценарію майбутнього короточасні потепління протягом зими стануть частішими та потенційно підвищать ризик пошкодження морозом багаторічних садових культур (Palonen et al., 2021), тому як для озеленення, так і для плідництва необхідно відбирати найбільш зимостійкі генотипи — тобто найбільш адаптовані до несприятливих умов зимового періоду (Конопелько, 2022с). Під зимостійкістю розуміють здатність багаторічних і озимих рослин витримувати весь комплекс несприятливих чинників осінньо-зимово-весняного періоду, здебільшого негативні температури. Вона включає холодостійкість і морозостійкість рослин (Скляр & Злобін, 2015). На зимостійкість істотно впливають інтенсивність, тривалість та строки закінчення ростових процесів.

Згідно візуальної оцінки зимостійкості досліджені види і сорти роду *Malus* зарекомендували себе як виключно зимостійкі рослини (за уніфікованою шкалою В. М. Меженського у 9 балів). У 2017 році спостерігали негативний вплив пізньовесняних заморозків (25 квітня і 10 травня), як наслідок не були сформовані плоди у *M. niedzwetzkyana* та *M. ×purpurea* ‘Selkirk’ через обмерзання зав’язі.

Підвищенню стійкості до низьких температур сприяють високі концентрації калійних добрив, обробка насіння фітогормонами, підвищена вологість повітря та хороше освітлення (Скляр & Злобін, 2015). Підвищити



холодостійкість можна за допомогою щеплення теплолюбних рослин на холодостійкі.

Зимостійкість змінюється залежно від року досліджень. Надлишок вологи та холод можуть бути причиною вимерзання кори на штамбах та гілках, а тривалі та часті посухи знижують морозостійкість квіткових бруньок не тільки у теплолюбних, а й у відносно морозостійких сортів (Трохимчук & Макарова, 2012).

Зрозуміло, що польові методи визначення зимостійкості, як і інших екологічних характеристик, можуть забезпечити отримання достовірних результатів лише за трудомістких багаторічних спостережень.

Математично відображує фактичну зимостійкість коефіцієнт зимостійкості запропонований І. С. Косенком (2002) — відношення тривалості періоду вегетації до тривалості росту пагонів (Косенко, 2002). Відповідно, найбільш зимостійким з-поміж досліджених генотипів був *M. ×purpurea* ‘Ola’ (коефіцієнт зимостійкості — 3,43), найменш зимостійким — *M. niedzwetzkyana* (коефіцієнт зимостійкості — 2,14) (табл. 3.3.3).

Таблиця 3.3.3

Коефіцієнт зимостійкості представників роду *Malus*

Вид, сорт	Тривалість росту пагонів, діб	Тривалість вегетації, діб	Коефіцієнт зимостійкості
<i>M. floribunda</i>	94±1,6	259±3,5	2,76±0,09
<i>M. halliana</i>	89±1,5	240±3,1	2,70±0,08
<i>M. niedzwetzkyana</i>	118±2,0	253±2,8	2,14±0,07
<i>M. ×purpurea</i>	96±1,8	254±2,8	2,65±0,09
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	72±1,6	247±2,5	3,43±0,12
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	105±2,1	240±2,5	2,29±0,07
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	89±1,7	252±3,0	2,83±0,08

Для з’ясування впливу показників зимостійкості на репродуктивні характеристики досліджених генотипів були проведені розрахунки парних

коефіцієнтів кореляції між коефіцієнтом зимостійкості з одного боку та фертильністю і життєздатністю пилоквих зерен, відсотками зав'язування плодів та насіння з іншого боку (табл. 3.3.4). Для обрахунків були взяті показники репродуктивних характеристик рослин одного року (період 2020).

Сильний прямий кореляційний зв'язок ( $r = 0,82$ ) виявлений між коефіцієнтом зимостійкості та фертильністю пилоквих зерен, середній прямий зв'язок — між коефіцієнтом зимостійкості та життєздатністю пилоквих зерен і коефіцієнтом продуктивності ( $r = 0,51$  і  $r = 0,53$  відповідно).

Таблиця 3.3.4

Кореляція між репродуктивними характеристиками та коефіцієнтом зимостійкості

Репродуктивні характеристики	Коефіцієнт кореляції між репродуктивними характеристиками та коефіцієнтом зимостійкості
Фертильність пилоквих зерен	0,82*
Життєздатність пилоквих зерен	0,51*
Відсоток зав'язування плодів	0,02
Відсоток зав'язування насіння	0,53*
<i>Примітка:</i> * кореляція достовірна при $P < 0.05$	

Таким чином, репродуктивні характеристики видів та сортів яблуні залежали від стійкості проти стресових чинників довкілля. Дефіцит води як елемент посухостійкості відображав рівень плодоношення та насінної продуктивності (що підтверджено сильним кореляційним зв'язком) і фертильність та життєздатність пилоквих зерен (середній кореляційний зв'язок).

Тобто, посухостійкість та зимостійкість яблуні можна розглядати як важливий аспект для успішного репродуктивного розвитку видів та сортів *Malus*. Результати можуть бути використані для відбору генотипів яблуні в селекційних програмах на підвищення (максимального збереження) врожайності за умов нестійкого зволоження.

### 3.4. Схожість насіння залежно від способів передпосівної підготовки та строків сівби

Для насіння яблуні властивий ендогенний фізіологічний спокій (Николаева и др., 1985), зумовлений зниженою активністю зародка, яка в поєднанні з погіршенням газообміну покривів створює фізіологічний механізм гальмування проростання насіння. Здатність насіння перебувати у стані органічного спокою — ознака, що виникла в процесі еволюції як адаптація для перенесення несприятливих чинників навколишнього середовища та є невід'ємною частиною онтогенезу, перешкоджає передчасному проростанню насіння, сприяючи виживанню видів у природі та створенню запасів насіння в ґрунті. Насіння, що перебуває у органічному спокої не проростатиме навіть за наявності усіх необхідних для цього умов (Артюшенко, 1990).

Строки збирання насіння залежать від строків дозрівання плодів. На практиці переважно збирають плоди дикорослих видів яблуні з поверхні ґрунту в період масового їх опадання (Черствін & Давидова, 1973).

Видалення насіння із плодів — трудомісткий процес. На виробництві плоди яблуні пропускають через мийно-дробильні машини, а потім після відокремлення м'якоті видаляють насіння. Проте недостатня механізація обробки насінної сировини та очищення насіння зазвичай призводить до тривалої ручної роботи із розрізанням плодів та видаленням насіння (Черствін & Давидова, 1973).

За роки досліджень спостерігали самосів у видів та навіть сортів яблуні, зокрема *M. baccata*, *M. floribunda*, *M. ×purpurea*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana* та *M. ×purpurea* 'Ola' (рис. 3.4.1). Найбільше самосіву було відмічено навесні 2020 року, проте більша частина проростків не виживала, ймовірно через конкуренцію із трав'янисті рослинами. Зрідка проростки з'являлися із цілих плодів та гинули, не маючи можливості закріпитися кореневою системою у ґрунті (рис. 3.4.2). Поодинокі дворічні та трирічні сіянці були виявлені під пологом дерев *M. baccata*, *M. floribunda*, *M. halliana* та *M. ×purpurea* (рис. 3.4.3).



Рис. 3.4.1. Самосів *M. ×purpurea*

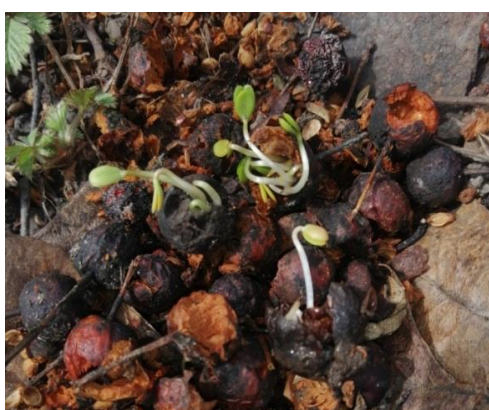


Рис. 3.4.2. Плоди із пророслим насінням під пологом *M. floribunda*



Рис. 3.4.3. Самосів *M. halliana*

Досліджували методи подолання спокою насіння та підвищення схожості. Тривалість стратифікації, що забезпечувала найвищу схожість та енергію проростання насіння для *M. baccata* була необхідна впродовж 26–31 доби,

*M. × purpurea* 21–31 добу, *M. floribunda* — 50–60 діб, *M. halliana* — 55–65 діб, *M. niedzwetzkyana* — 85–95 діб.

Проростання насіння у рослин роду *Malus* наземне, тобто сім'ядолі виносяться на поверхню ґрунту (Васильченко, 1950).

Згідно наших спостережень, оптимальний термін стратифікації насіння дещо варіює залежно від року та часу обробки, тому дійшли до висновку, що сівбу найкраще проводити після виходу зі спокою (набухання, поява зародкового корінця) 10,0% та більше насінин. Найкоротший період стратифікації потребує насіння, зібране в період дозрівання плодів. Насіння, що вилучене з недозрілих плодів та підсушене насіння після зберігання при кімнатній температурі впродовж 2–4 місяців потребує вдвічі довшого періоду стратифікації для виходу зі стану спокою (рис. 3.4.4).

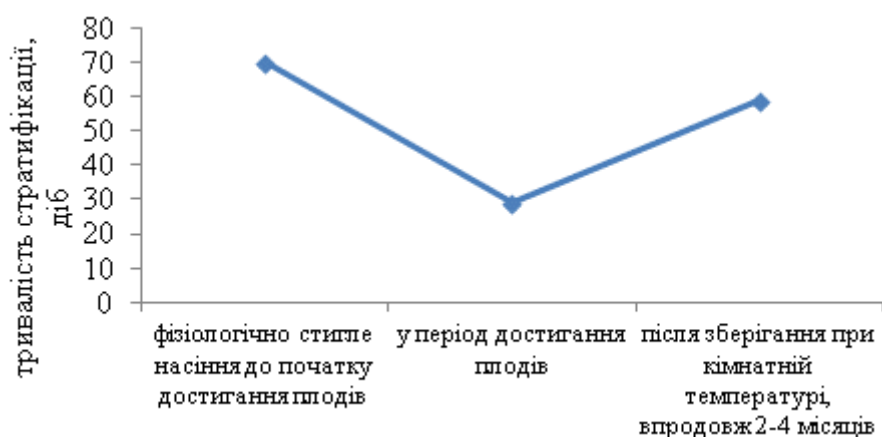


Рис. 3.4.4. Тривалість стратифікації насіння *M. baccata* залежно від часу його збору та тривалості зберігання

Свіжозібране насіння висівали восени 2015–2019 рр. та стратифіковане навесні 2016–2020 рр. Найвищими середніми показниками схожості після 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%) (табл. 3.4.1).

Весняна сівба (друга – третя декада квітня) стратифікованого насіння сприяла вищій схожості порівняно з осінньою залежно від виду на 2,00–17,80%

(середній показник 7,76%). Найкращих результатів вдалося досягнути застосувавши стратифікацію з поетапним вилученням пророслого насіння та подальшою сівбою, що сприяло на 32,00–55,00% (середній показник 44,16%) вищій схожості насіння, порівняно з осінньою сівбою.

Таблиця 3.4.1

Схожість насіння видів яблуні залежно від термінів сівби та передпосівної обробки

Показники схожості насіння	Вид				
	<i>M. baccata</i>	<i>M. floribunda</i>	<i>M. halliana</i>	<i>M. niedzwetzkyana</i>	<i>M. ×purpurea</i>
Осіння сівба свіжозібраного насіння					
min–max	20,00–62,00	12,00–60,00	0–32,00	8,00–60,00	0–40,00
$\bar{x}$	42,40	29,00	12,80	46,00	17,00
VC, %	43,41	64,23	100,41	55,22	98,67
Весняна сівба стратифікованого насіння					
min–max	55,0–60,00	28,00–36,00	15,00–25,00	50,00–58,00	18,00–22,00
$\bar{x}$	60,00	32,00	20,00	54,00	20,00
VC, %	11,76	11,68	35,36	10,48	14,14
Поетапна сівба стратифікованого насіння					
min–max	88,00–94,00	80,00–88,00	38,00–52,00	74,00–82,00	62,00–78,00
$\bar{x}$	91,00	84,00	45,00	78,00	70,00
VC, %	4,67	6,73	22,00	7,25	16,16

Зважаючи на трудомісткість процесу вилучення насіння з плодів нами був випробуваний спосіб осінньої сівби плодами, зокрема для видів *M. halliana* та *M. ×purpurea*. Для дослідження брали плоди після початку їх дозрівання за трьома варіантами — тверді плоди, м'які плоди та контроль (сівба насінням). Враховуючи середню кількість насінин у плодах, визначали ґрунтову схожість. Відсоток пророслого насіння за сівби твердими плодами істотно не відрізнявся від відсотка схожості за сівби насінням. Сівба з використанням м'яких плодів призводила до зменшення схожості насіння яблуні вдвічі (табл. 3.4.2).

Початкові етапи онтоморфогенезу сіянців не відрізнялися, однак щільність сіянців, отриманих за сівби плодами була дещо вищою (Конопелько, 2023в; Конопелько, 2023д).

Таблиця 3.4.2

Схожість насіння за осінньої сівби залежно від посівного матеріалу

Посівний матеріал	Кількість висіяного насіння (плодів), шт.	Кількість отриманих сіянців, шт.	Схожість, %
<i>M. halliana</i>			
Тверді плоди	242 (100)	38±1,5	15,70±0,48
М'які плоди	242 (100)	19±0,6	7,85±0,25
Насіння	50	8±0,2	16,00±0,52
<i>M. ×purpurea</i>			
Тверді плоди	500 (100)	64±1,9	12,80±0,42
М'які плоди	500 (100)	36±1,0	7,20±0,22
Насіння	50	6±0,2	12,00±0,42

Ключовими ендогенними чинниками, які визначають вихід насіння зі стану спокою й початок його проростання є фітогормональна регуляція, в якій провідна роль належить балансу між вмістом гіберелінів та абсцизової кислоти. У насінні, що перебуває в стані спокою вміст абсцизової кислоти є високим та знижується при стратифікації, а концентрації гіберелінів, навпаки, після холодової стратифікації підвищуються (Косаківська та ін., 2019; Lewak, 2011; Wani et al., 2014; Vishal & Kumar, 2018; Ali et al., 2022). Гібереліни беруть участь у численних процесах розвитку, включаючи розвиток та проростання насіння, ріст сіянців, проліферацію коренів, визначення розміру та форми листя, індукцію та розвиток квіток, запилення та ріст плодів (Richards et al., 2001; Vishal & Kumar, 2018; Daviere & Achard, 2013). Послідовність виробництва гормонів у насінні яблуні пов'язана з чітко визначеними стадіями розвитку ембріона та ендосперму. Гібереліни вперше з'являються в насінні яблуні приблизно через п'ять тижнів після цвітіння, приблизно через дев'ять

тижнів їх вміст підвищується до максимальної концентрації і згодом знову зменшується, повністю зникнувши до часу дозрівання насіння (Luckwill et al., 1969). Вищезазначене спонукало нас до дослідження схожості насіння яблуні залежно від способів обробки та концентрацій гіберелової кислоти. Обробка насіння *M. baccata* біологічно активними речовинами без його стратифікації не дала позитивних результатів (рис. 3.4.5).

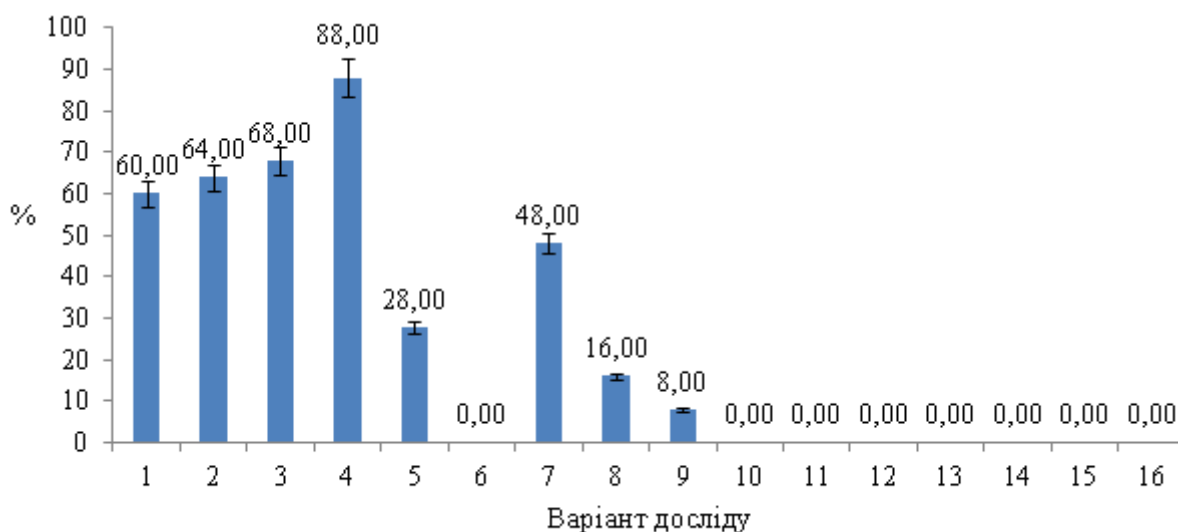


Рис. 3.4.5. Схожість насіння залежно від способів передпосівної обробки: 1 — контроль — стратифікація без обробки; 2 — стратифікація + обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,005%; 3 — стратифікація + обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,015%; 4 — стратифікація + обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,025%; 5 — стратифікація + «Циркон»; 6 — стратифікація + «Епин-екстра»; 7 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,005% + стратифікація; 8 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,015% + стратифікація; 9 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,025% + стратифікація; 10 — «Циркон» + стратифікація; 11 — «Епин-екстра» + стратифікація; 12 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,005% без стратифікації; 13 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,015% без стратифікації; 14 — обробка гібереловою кислотою в концентрації 0,025% без стратифікації; 15 — «Циркон» без стратифікації; 16 — «Епин-екстра» без стратифікації

Застосування різних концентрацій гіберелової кислоти та комерційних регуляторів росту рослин («Циркон» та «Епин-екстра») перед стратифікацією



призводило до істотного зниження схожості насіння порівняно з контролем, або ж насіння взагалі не проростало

Застосування різних за концентрацією розчинів гіберелової кислоти для стратифікованого насіння сприяло підвищенню його схожості на 6,25% (за концентрації розчину 0,005%), 11,76% (за концентрації розчину 0,015%) та 31,82% (за концентрації розчину 0,025%), порівняно з контролем. Обробка стратифікованого насіння регулятором росту «Циркон» призводила до зниження його схожості порівняно з контролем на 53,33%. Після застосування «Епин-екстра» для стратифікованого насіння, його проростання не спостерігали. Слід наголосити на необхідності першочергової стратифікації насіння перед його обробкою ріст-регулюючими речовинами.

Отже, наше дослідження підтверджує думку про, те, що лише тривала холодова стратифікація може забезпечити усунення симптомів глибокого фізіологічного спокою насіння яблуні (Debska et al., 2013) , хоча трапляються повідомлення про можливість заміни холодової стратифікації обробкою гіберелінами у інших рослин (Mehanna et al., 1985; Karam & Al-Salem, 2001; Lee et al., 2022).

Результати наших досліджень узгоджуються із даними щодо способів подолання спокою насіння *Juglans nigra* L. та підвищення його схожості, згідно яких обробка гіберелінами після стратифікації сприяла вищій схожості, порівняно з контролем (Parvin et al., 2015), така ж закономірність була відмічена для насіння видів *Prunus* (Imani, et al., 2011), *Pyrus* (Baharvandi et al., 2020). Крім того, відмічена можливість застосування регуляторів росту під час стратифікації насіння яблуні (Gornik et al., 2018).

Слід відмітити, що для оптимізації необхідні подальші дослідження щодо концентрацій гіберелової кислоти, а також фізіологічних та молекулярно-генетичних процесів, що відбуваються у насінні під час стратифікації та обробки регуляторами росту.

### 3.5. Початкові етапи онтогенезу, ріст та розвиток сіянців

Знання біологічних особливостей рослин — теоретична основа збереження різноманіття. Вивчення початкових етапів онтогенезу сприяє накопиченню знань, необхідних для отримання якісного садивного матеріалу плодкових та декоративних культур, підщеп, сіянців для селекційних робіт. Дослідження особливостей перебігу онтогенезу рослин-інтродуцентів дає змогу визначити ступінь росту та розвитку, потенціал збереження та поновлення виду в нових для нього умовах.

Онтогенетичні стани виділяються зважаючи на комплекс якісних та кількісних ознак рослин. В онтогенезі рослин виділяють латентний, прегенеративний, генеративний та постгенеративний періоди (Gatsuk et al., 1980; . Скляр, 2013; Дехтярьов, 2014). Залежно від екологічних умов на основі кількісних ознак у межах кожного життєвого стану розрізняють особини різного рівня життєздатності (нормальний, субнормальний і низький чи сублетальний) (Скляр, 2013).

Перший період онтогенезу — латентний (ембріональний) — характеризується тим, що рослина знаходиться в насінині у стані спокою зародка. Живлення гетеротрофне за рахунок ендосперму (Gatsuk et al., 1980). Особливості латентного періоду онтогенезу видів роду *Malus* описані у підрозділах 3.2, 3.3.

Сіянці, отримані із насіння висіяного восени, з'являлися на поверхні ґрунту в кінці березня – у першій половині квітня, за сталого переходу середньодобових температур  $+5^{\circ}\text{C}$  (рис. 3.5.1). Першим з-поміж досліджених видів проростало насіння *M. floribunda* ( $\text{CET}>5^{\circ}\text{C} = 44,50\pm 3,45$ ), далі *M. baccata* ( $\text{CET}>5^{\circ}\text{C} = 48,05\pm 4,15$ ), *M. halliana* ( $\text{CET}>5^{\circ}\text{C} = 50,20\pm 3,85$ ), *M. \times purpurea* ( $\text{CET}>5^{\circ}\text{C} = 57,30\pm 4,97$ ), та *M. niedzwetzkyana* ( $\text{CET}>5^{\circ}\text{C} = 59,25\pm 3,80$ ).



Рис. 3.5.1. Сходи *M. halliana*

Після весняного посіву стратифікованого насіння на поверхні ґрунту першими з'явилися сходи *M. niedzwetzkyana* та *M. baccata* (через 6–9 діб після сівби), далі *M. floribunda* (12–16 діб), *M. ×purpurea* (13–17 діб) та *M. halliana* (17–21 добу).

Від проростання насінини і до вступу у генеративну фазу розвитку триває прегенеративний період онтогенезу, у якому виділяють наступні вікові стани: проростки, ювенільні (рис. 3.5.2), іматурні та віргінільні рослини (Gatsuk et al., 1980).



Рис. 3.5.2. Проростки та ювенільні особини *M. baccata*

Проростання насіння починається із його набрякання і розриву зародковим корінцем насінної шкірки. Це початок другого вікового стану прегенеративного періоду онтогенезу — проростки (*pl*). Зародковий корінчик прикріплює проросток до субстрату, забезпечує його водою й мінеральними речовинами. Одночасно живлення відбувається за рахунок ендосперму. Поживних речовин, що зберігалися в сім'ядолях достатньо лише для росту гіпокотилія та закріплення рослини у субстраті. У лабораторних умовах у видів яблуні зародковий корінчик росте впродовж 2–4 діб, досягаючи 10–15 мм, далі з-поміж насінної шкірки з'являється гіпокотиль. Потім звільняються від насінної шкірки та розкриваються сім'ядолі. Найменші за розміром сім'ядолі характерні для *M. floribunda* та *M. halliana*, найбільші для *M. niedzwetzkyana* (табл. 3.5.1).

Віковий стан проростків триває у видів *M. baccata*, *M. floribunda* та *M. niedzwetzkyana* впродовж 8–10 діб, *M. × purpurea* та *M. halliana* — 11–14 діб. Відбувається перехід до наступного вікового стану.

Таблиця 3.5.1

Біометричні показники сім'ядолей сіянців яблуні

Вид	Довжина, мм		Ширина, мм	
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$
<i>M. baccata</i>	9,00–12,50	10,92	5,00–8,50	6,83
<i>M. floribunda</i>	7,00–12,00	9,17	5,00–6,00	5,25
<i>M. halliana</i>	7,00–11,00	8,86	5,00–7,00	5,58
<i>M. niedzwetzkyana</i>	10,00–15,00	13,42	6,00–9,00	7,29
<i>M. × purpurea</i>	8,00–11,00	9,60	5,00–8,00	6,70

Від появи перших справжніх листків до початку галуження тривав ювенільний віковий стан. Активно розвивалася коренева система, росли бічні корені, що з'явилися після відкриття сім'ядолей, на початку росту першої пари справжніх листків. Перша пара справжніх листків росла одночасно, далі листки росли за порядком (спочатку третій, пізніше четвертий і т.д.). Рівнобіжно з

процесом відмирання сім'ядолей розпочинався процес лігніфікації гіпокотилія (початок здерев'яніння). Відмінності між видами у ювенільному віковому стані характеризували за показниками висоти, довжини кореневої системи та кількості листків (табл. 3.5.2).

Найвищими після відмирання сім'ядолей були сіянці *M. niedzwetzkyana* (69,00 мм), найнижчими — *M. floribunda* (42,50 мм). За довжиною кореневої системи лідирували сіянці *M. ×purpurea* (108,33 мм), найменші значення були характерні для *M. niedzwetzkyana* (54,00 мм). Найбільшу кількість листків мали сіянці *M. ×purpurea* (8,00 шт.), найменшу — *M. halliana* (6,60 шт.). Тривалість життя сім'ядолей досліджених сіянців була в межах від 43 (*M. halliana*) до 49–50 діб (*M. ×purpurea*, *M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana* та *M. baccata*).

Таблиця 3.5.2

Биометричні показники сіянців яблуні ювенільного вікового стану

Вид	Висота, мм		Довжина кореневої системи, мм		Кількість листків, шт.	
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$
<i>M. baccata</i>	45,00–62,00	52,40	40,00–85,00	67,50	6–11	7,18
<i>M. floribunda</i>	40,00–50,00	42,50	45,00–90,00	64,50	6–8	7,00
<i>M. halliana</i>	50,00–70,00	58,00	60,00–75,00	67,50	5–8	6,60
<i>M. niedzwetzkyana</i>	58,00–80,00	69,00	45,00–65,00	54,00	7–11	7,33
<i>M. ×purpurea</i>	40,00–57,00	46,67	90,00–125,00	108,33	9–13	8,00

У сіянців яблуні перехід до іматурного вікового стану (початок гілкування) зрідка фіксували у перший рік вегетації, однак для більшості сіянців — упродовж другого року вегетації, у окремих сіянців, незалежно від видової приналежності, гілкування розпочиналося на третій рік після появи сходів. Початок гілкування, що характеризує іматурний віковий стан, спостерігали наприкінці першого року вегетації у 2–4% сіянців *M. baccata* та *M. ×purpurea*, 6–10% сіянців *M. halliana*, 11–15% сіянців *M. floribunda*, 18–22% *M. niedzwetzkyana*. Наприкінці другого року вегетації початок гілкування

фіксували у 75–80% сіянців *M. niedzwetzkyana*, 82–87% — *M. halliana*, 85–90% — *M. floribunda*, 86–91% — *M. × purpurea* 89–94% — *M. baccata*. Трьохрічні сіянці яблуні мали галуження пагонів другого і третього порядку. На цьому етапі закінчувався іматурний віковий стан. Віргінільний віковий стан представників роду *Malus* тривав від 1–3 років до 4–7 років. Після накопиченням рослинами достатньої вегетативної маси розпочинався генеративний період онтогенезу.

Висота однорічних сіянців після весняної сівби стратифікованим насінням була в межах 170,75 до 222,17 мм, довжина кореневої системи від 192,89 до 225,39 мм, діаметр кореневої шийки від 2,60 до 3,25 мм, кількість листків від 11,79 до 13,95 шт., залежно від виду. Сіянці, отримані з насіння, посіяного восени на 34,04% перевищували за висотою, на 25,18% за довжиною кореневої системи, на 22,89% за діаметром кореневої шийки та на 28,35% за кількістю листків сіянці, отримані після весняної сівби стратифікованого насіння. Висота однорічних сіянців у кінці першого року вегетації після осінньої сівби була в межах 238,25 до 350,75 мм, довжина кореневої системи від 201,76 до 326,25 мм, діаметр кореневої шийки від 3,28 до 4,25 мм, кількість листків від 16,15 до 19,00 шт., залежно від виду (табл. 3.5.3).

Найвищими були однорічні сіянці *M. halliana*, найнижчими — *M. × purpurea*, за довжиною кореневої системи вирізнялися сіянці *M. baccata*, найменша глибина залягання кореневої системи в кінці першого року вегетації була властива *M. niedzwetzkyana* (рис. 3.5.3). Найбільший діаметр кореневої шийки мали однорічні сіянці *M. baccata* та *M. halliana*, найменший — *M. niedzwetzkyana*. Найбільшу кількість листків мали сіянці *M. baccata*, найменшу *M. floribunda* та *M. niedzwetzkyana*.

Біометричні показники однорічних сіянців *Malus* spp. (2016–2022 рр.)

Вид	Висота, мм		Довжина кореневої системи, мм		Діаметр кореневої шийки, мм		Кількість листків, шт.	
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$
Сівба свіжозібраним насінням (чи підзимня сівба)								
<i>M. baccata</i>	255,17–370,00	310,20	297,05–365,45	326,25	4,12–4,58	4,25	17,00–20,25	19,00
<i>M. floribunda</i>	211,86–339,44	285,52	256,86–347,26	287,06	3,05–3,50	3,32	15,20–19,48	17,95
<i>M. halliana</i>	297,25–390,33	350,75	252,30–325,58	278,94	3,85–4,10	3,95	14,80–20,44	18,62
<i>M. niedzwetzkyana</i>	188,33–336,00	300,12	188,67–226,85	201,76	2,83–3,46	3,28	13,67–17,00	16,15
<i>M. × purpurea</i>	170,00–270,25	238,25	255,00–270,30	252,65	4,00–4,42	4,18	16,50–19,25	17,34
min–max	-	238,25–350,75	-	201,76–326,25	-	3,28–4,25	-	16,15–19,00
$\bar{x} \pm SD$	-	296,97 $\pm$ 40,79	-	269,33 $\pm$ 46,07	-	3,80 $\pm$ 0,47	-	17,81 $\pm$ 1,13
CV, %	-	13,74	-	17,11	-	12,29	-	6,32
Весняна сівба стратифікованим насінням								
<i>M. baccata</i>	169,67–246,67	222,17	197,85–282,50	225,39	2,89–3,35	3,20	10,50–16,06	13,95
<i>M. floribunda</i>	103,75–198,45	175,15	185,00–225,34	210,48	2,34–2,99	2,73	9,75–14,32	11,79
<i>M. halliana</i>	205,00–265,30	233,15	160,00–198,35	182,20	3,00–3,47	3,25	9,50–13,68	12,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	110,00–210,35	178,18	164,09–230,43	196,65	2,23–2,75	2,60	12,55–14,32	12,96
<i>M. × purpurea</i>	108,00–201,50	170,75	159,17–245,10	192,89	2,33–3,05	2,88	9,83–15,28	13,10
min–max	-	170,75–222,17	-	192,89–225,39	-	2,60–3,25	-	11,79–13,95
$\bar{x} \pm SD$	-	195,88 $\pm$ 29,39	-	201,52 $\pm$ 16,74	-	2,93 $\pm$ 0,29	-	12,76 $\pm$ 0,88
CV, %	-	15,00	-	8,31	-	9,75	-	6,89



Рис. 3.5.3. Сіянци *M. niedzwetzkyana* у кінці першого року вегетації

У посушливі роки біометричні показники сіянців, зокрема висота надземної частини, знижувалася в 1,2–1,5 рази.

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У розділі представлені результати дослідження розвитку генеративної сфери та насінного розмноження видів та сортів *Malus*, а саме: особливостей цвітіння та запилення, зав'язування плодів та насіння, початкових етапів онтогенезу, а також висвітлено взаємозв'язки між репродуктивними характеристиками та екологічною стійкістю, між насінною продуктивністю та метеорологічними показниками.

Сума ефективних температур на початок цвітіння досліджених видів та сортів *Malus* була в межах від 179,18°C для *M. fusca* до 511,02°C для *M. trilobata*. Період цвітіння тривав від 10 (*M. trilobata*) до 15 діб (*M. floribunda*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*). Для дозрівання плодів була необхідна сума ефективних температур від 1519,65°C (*M. fusca*) до 2548,90°C (*M. floribunda*). Виділені ранньо- (*M. floribunda*, *M. fusca*, *M. baccata*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* 'Ola', *M. ×purpurea* 'Royalty', *M. ×purpurea* 'Selkirk'), середньо- (*M. coronaria* 'Red



Tip', *M. toringoides*, *M. tschonoskii*) та пізньоквітучі (*M. trilobata*), а також ранньо- (*M. fusca*), середньо- (*M. halliana*, *M. baccata*, *M. × purpurea*, *M. niedzwetzkyana*, *M. × purpurea* 'Royalty', *M. × purpurea* 'Ola', *M. × purpurea* 'Selkirk') та пізньоспілі (*M. coronaria* 'Red Tip', *M. tschonoskii*, *M. toringoides*, *M. trilobata*, *M. floribunda*) види/сорти роду *Malus*.

Дослідження якісних характеристик пилкових зерен показало високу запліднюючу здатність пилку видів та сортів яблуні (від 79,84% у *M. niedzwetzkyana* до 98,50% у *M. coronaria* 'Red Tip'), однак відсоток його проростання на середовищах із концентрацією сахарози 10–15–20% був у межах від 5,04% у *M. niedzwetzkyana* до 73,32% у *M. toringoides*.

Відсоток зав'язування плодів, середня маса одного плоду та кількість сформованого насіння у рослин роду *Malus* в однакових ґрунтово-кліматичних умовах залежали від особливостей запилення. За самозапилення плоди зав'язувалися у рослин *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. × purpurea* та сорту 'Ola', виповнене насіння сформувалося у плодах *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. × purpurea*, натомість у рослин *M. niedzwetzkyana*, сортів 'Royalty' та 'Selkirk' плоди не зав'язувалися і насіння відповідно не формувалося.

Відсоток зав'язування плодів та насіння мав сильний кореляційний зв'язок із дефіцитом води як одним із елементів посухостійкості рослин, та середній кореляційний зв'язок із якісними характеристиками пилкових зерен. Фертильність пилкових зерен була пов'язана із коефіцієнтом зимостійкості сильним кореляційним зв'язком, життєздатність пилкових зерен та насінна продуктивність — середнім кореляційним зв'язком.

Підвищенню схожості насіння видів яблуні сприяло поетапне перенесення пророслого насіння з середовища стратифікації у контейнери, обробка стратифікованого насіння 0,025% розчином гіберелової кислоти та осіння сівба насінням дрібноплодих видів із оплоднем без ознак зміни його консистенції. За біометричними показниками переважали сіянці, отримані з

насіння, посіяного восени, порівняно із сіянцями, отриманими після весняної сівби стратифікованим насінням.

Охарактеризовано види роду *Malus* у різних онтогенетичних станах прегенеративного періоду онтогенезу. Наприкінці першого року вегетації за біометричними показниками, зокрема за висотою наземної частини переважали сіянці *M. halliana*, за довжиною кореневої системи — *M. baccata*, діаметром кореневої шийки — *M. baccata* та *M. halliana*, за кількістю листків — *M. baccata*.

При написанні даного розділу використано наступні посилання:

1. Конопелько, А. В. (2016). Використання генетичного потенціалу роду *Malus* Mill. (яблуня) для декоративного садівництва. *Селекційно-генетична наука і освіта: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої світлій пам'яті Федора Микитовича Парія (16–18 березня 2016 року)*. Умань: Сочінський, С. 144–148.
2. 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 X міжнародної наукової конференції (12–15 червня 2018 року)*. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В.. С. 176–181.
3. Конопелько, А. В. (2020в). 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>
4. Конопелько, А. В. (2021а). Самоплідність та самофертильність декоративної яблуні (*Malus* Mill.). *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): матеріали X міжнародної наукової конференції (19 березня 2021 р.)* / [Редкол.: О. О. Непочатенко]. Умань: УНУС. С. 103–107.
5. Конопелько, А. В. (2021в). 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>

6. Конопелько, А. В. (2022с). 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.

7. Конопелько, А. В. (2023в). 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.

8. Kopelko, 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>

9. 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. *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*, (25). С. 137-145. <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2023-25/16>

10. Конопелько, А. В. (2023д). 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.

## РОЗДІЛ 4

### БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ВИДІВ І СОРТІВ РОДУ *MALUS*

#### 4.1. Особливості розмноження щепленням

Проводили як літнє окулірування «брунькою вприклад», так і весняне щеплення живцем різних видів та сортів декоративної яблуні на карликовій (М 9), середньорослій (54-118) та сильнорослій (насінного походження) підщепах.

М 9 (парадизка М 9) — типова карликова підщепа, класифікована в Іст-Моллінгу. Коренева система досить ламка та залягає в поверхневих шарах ґрунту, тому плодові сорти на цій підщепі потребують постійної опори. Належить до слабозимостійких підщеп. Утворює незначну кількість кореневої порослі. Приживлюваність висока. Саджанці на цій підщепі ростуть на родючих достатньо зволжених, дренажних, але не перезволжених ґрунтах. Відрізняється доброю фізіологічною сумісністю з більшістю сортів *Malus* (Гулько, 1992).

54-118 — напівкарликова червонолиста підщепа, одержана на кафедрі плодівництва Плодо-овочевого інституту імені І. В. Мічуріна від схрещування парадизки Будаговського, щепленої на М 3 із зимостійким гібридом 13-14. Посухостійка та високозимостійка. Коренева система добре розгалужена, залягає переважно на глибині 0–60 см, може проникати на глибину понад 1 м, мичкувата, не вимерзає за зниження температури ґрунту до  $-16^{\circ}\text{C}$ . Добре закріплюється в ґрунті, опори не потребує. Утворює незначну кількість кореневої порослі (1–3 шт. на дерево). Приживлюваність добра. У фазу активного плодоношення саджанці на цій підщепі вступають на 4–5-й рік після посадки (Гулько, 1992).

Для отримання сіянцевих підщеп яблуні використовують насіння осінніх і літніх плодів сортів: Антонівка, Пепін литовський, Боровинка. Зимові сорти через слабку зимостійкість не використовують.

У результаті дослідження розмноження окуліруванням як найкраща за приживлюваністю підщепа для видів та сортів яблуні (*M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. floribunda*, *M. ×purpurea*, ‘Ola’, ‘Royalty’ та ‘Selkirk’) зарекомендувала себе карликова підщепа М 9 (середня приживлюваність — 97,14%) та напівкарликова 54-118 (середня приживлюваність — 94,29%). Приживлюваність на підщепі насінного походження зменшувалася порівняно з підщепою М 9 та 54-118 на 17,14–14,29% (табл. 4.2.1).

Таблиця 4.1.1

Приживлюваність компонентів щеплення у роду *Malus* (щеплення брунькою)

Вид, сорт (прищепа)	Підщепа			Середня приживлюваність (x̄), %
	М 9	54-118	сіянець	
<i>M. halliana</i>	5/5	5/5	4/5	93,33
<i>M. niedzwetzkyana</i>	5/5	5/5	5/5	100,00
<i>M. floribunda</i>	5/5	3/5	4/5	80,00
<i>M. ×purpurea</i>	5/5	5/5	4/5	93,33
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	4/5	5/5	3/5	80,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	5/5	5/5	3/5	86,60
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	5/5	5/5	5/5	100,00
Середня приживлюваність (x̄), %	97,14%	94,29%	80,00%	90,47

Найкраще приживалися як на вегетативно розмножуваних клонових (М 9, 54-118), так і на підщепях насінного походження прищепи *M. niedzwetzkyana* та ‘Selkirk’ (100,00%). Середня приживлюваність була характерна для прищеп *M. halliana*, *M. ×purpurea* (93,33%) та ‘Royalty’ (86,60%). Найнижча трансплантаційна активність з дослідженими підщепами виявилася у *M. floribunda* та сорту ‘Ola’ (80,00%).

Недолік вегетативно розмножуваних підщеп — особлива будова кореневої системи з переважанням мичкуватих коренів, що залягають у

верхніх шарах ґрунту. Кореневі системи карликової підщепи М 9 та парадизки Будаговського залягають на глибині до 20 см (Гулько, 1992). Вирощені з насіння підщепи, не уражені вірусними хворобами, — морозостійкі, добре переносять значні коливання умов навколишнього середовища, формують сильну кореневу систему, але як гібриди досить строкаті за активністю росту та іншими господарсько-біологічними показниками.

Організм, отриманий методом щеплення (окулянт) — це виключно складна цілісна система, що знаходиться в єдності з факторами навколишнього природного середовища. Своєчасне виникнення цілковитої цілісності органів підщепи та прищепи, єдність морфологічних структур та функцій визначає сумісність компонентів та довговічність новоутвореного організму. Завершення процесу становлення цілісності компонентів трансплантації відбувається впродовж чотирьох вегетаційних сезонів. Підщепа може змінювати основні характеристики прищепи, зокрема визначати енергію росту, врожайність і стійкість або толерантність до біотичних і абіотичних стресів щеплених дерев (Fallahi et al., 2002; Jensen et al., 2003; Teixeira da Silva et al., 2019).

Максимальну трансплантаційну активність рослини середньої смуги проявляють за температури навколишнього середовища 18–25°C та відносної вологості повітря 75–85 %. Високі чи низькі температури, низька вологість середовища знижують синтез білка клітин в зоні поранення, порушують нормальну діяльність ферментів, інгібують диференціацію, ріст та поділ клітин, тому трансплантаційні елементи не утворюють калус та не зростаються.

Як підщепи були використані також рослини з родів *Cydonia* Mill., *Amelanchier* Medik., *Sorbus* L., *Cornus* L., однак безуспішно. Це підтверджує те, що ступінь сумісності між прищепою та підщепою визначається насамперед генетичною спорідненістю. Найкраще приживлюваність отримують за внутрішньовидових щеплень — 86–97%, за міжвидових

щеплень приживлюваність знижується до 52–76%, за міжродових — до 25–48% (Меженський & Меженська, 2015).

#### **4.2. Особливості адвентивного коренеутворення**

Живцювання як один із способів вегетативного розмноження ґрунтується на біологічній здатності рослин до регенерації, у процесі якої з тканин пагона формуються адвентивні корені (Иванова, 1982; Билык, 1993; DeKlerk et al., 1999; Hartmann et al., 2009). Адвентивні корені можуть формуватися з будь-якої некореневої тканини як під час нормального розвитку, так і у відповідь на стресові умови, такі як затоплення, дефіцит поживних речовин і пошкодження. Адвентивне коренеутворення, спричинене пораненнями, є ключовим процесом для розмноження рослин у декоративному садівництві, плодівництві та лісовому господарстві (DeKlerk et al., 1999; Steffens & Rasmussen, 2016; Díaz-Sala, 2020).

Сучасними дослідженнями з'ясовано послідовність формування адвентивних коренів у яблуні: 1–3 доба — період індукції — відбуваються перші поділи камбіальних клітин; 3–7 доба — період ініціації — фундаментальні зміни в архітектурі клітин, поділ клітин і диференціація новоутворених клітинних кластерів, формування куполоподібного примордіуму; та 7–16 доба — період появи — диференціація зачатків у новий корінь, який має чіткі судинні пучки, з'єднані з судинним циліндром стебла (Bai et al., 2022; Tahir et al., 2022).

Формування адвентивних коренів є результатом складної взаємодії між екзогенними та ендогенними чинниками. Індукції коренів сприяють високі рівні ауксину та низькі рівні цитокініну. Дослідження молекулярних та фізіологічних механізмів, що регулюють ці процеси, тривають (Guan et al., 2015; Díaz-Sala, 2020; Tahir et al., 2022).

##### **4.2.1. Живцювання зимовими здерев'янілими живцями**

Зважаючи на переваги кореневласного розмноження, наведені у підрозділі 1.1.3, нами проведені досліди із розмноження зимовими здерев'янілими живцями видів та сортів *Malus* (*M. floribunda*, *M. halliana*,

*M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, сортів ‘Ola’, ‘Royalty’, ‘Selkirk’) із використанням різних стимуляторів та маточних рослин різного віку та походження. Позитивні результати отримані лише для живців *M. niedzwetzkyana*, заготовлених із сіянців 4–6 років (табл. 4.2.1.1).

Таблиця 4.2.1.1

Укорінення здерев'янілих живців *M. niedzwetzkyana* (сіянець, 4–6 років) залежно від стимуляторів росту

Варіант дослідження	Кількість живців, %		
	неукорінених з калюсом	укорінених	нежиттєздатних
Контроль, без обробки	0	0	100,00
«Гілея»	5,00±0,15	0	95,00±2,7
«Podkorzen АВ aqua»	20,00±0,60	10,00±0,30	70,00±2,0
«Біоукорінювач, Біохелп»	0	10,00±0,29	90,00±2,5

Однорічні пагони для живцювання заготовляли в третій декаді лютого – першій декаді березня до початку виходу рослин з стану вимушеного спокою, зберігали при температурі +2...+4°C, загорнувши у вологий фільтрувальний папір та поліетилен. Живці нарізали та обробляли стимуляторами росту в третій декаді квітня перед початком живцювання.

Через 21–25 діб на зрізі живців спостерігали утворення калюсу, а через 42–47 діб калюс займав 50% зрізу і більше. Формування перших коренів відбувалося із бруньок поновлення через 41–45 діб, з цього часу фіксували активний ріст кореневої системи. Адвентивні корені формувалися також в зоні міжвузля та на зрізі живця. Слід зауважити, що життєздатність живців з подальшим формування кореневої системи забезпечив не калюсогенез, а саме формування адвентивних коренів із бруньок.

Найбільший відсоток укорінення отриманий при обробці живців стимулятором Podkorzen АВ aqua та при внесенні в ґрунт Біоукорінювача (ТМ Біохелп) (табл. 4.2.1.2; рис. 4.2.1.1; рис. 4.2.1.2).



Таблиця 4.2.1.2

Розвиток укорінених живців *M. niedzwetzkyana* (сіянець, 4–6 років) залежно від застосованого стимулятора коренеутворення

Якісні та кількісні показники	Стимулятор коренеутворення	
	Podkorzen АВ aqua	Біоукорінювач, ТМ Біохелп
Приріст, мм	160,00±5,0	175,00±5,0
Кількість листків	10±0,25	11±0,28
Кількість коренів 1-го порядку, шт.	4±0,10	8±0,21
Середня довжина коренів 1-го порядку, мм	138,75±4,40	186,25±5,1
Кількість коренів 2-го порядку, шт.	35±1,02	64±2,00
Середня довжина коренів 2-го порядку, мм	106,00±2,95	76,25±2,25
Кількість коренів 3-го порядку, шт.	315±8,5	512±7,4
Середня довжина коренів 3-го порядку, мм	15,50±0,50	14,00±0,42
Кількість коренів 4-го порядку, шт.	1578±25,40	3072±48,16
Середня довжина коренів 4-го порядку, мм	3,50±0,09	2,00±0,09



1



2

Рис. 4.2.1.1. Укорінені живці *M. niedzwetzkyana* (сіянець, 4–6 років) після застосування стимулятора Podkorzen АВ aqua: 1—через три місяці; 2 — через шість місяців після проведення живцювання.



1



2

Рис. 4.2.1.2. Укорінені живці *M. niedzwetzkyana* (сіянець, 4–6 років) у варіанті з використанням Біоукорінювача (ТМ Біохелп): 1 — через три місяці; 2 — через шість місяців після проведення живцювання.

#### 4.2.2. Розмноження зеленими та напівдерев'янілими живцями

Для дослідження успішності укорінення стеблових живців яблуні заготовляли живці з пагонів поточного року із 2–3 міжвузлями, завдовжки 10–20 см у чотири терміни (перша декада червня, друга декада червня, третя декада червня, перша декада липня) за п'ятьма варіантами досліду (додаток Е, табл. Е.1):

- перший — контроль, без обробки,
- другий — обробка нижньої частини живців тальком із вмістом 4-індоліл-3-масляної кислоти в концентрації 0,2% (200 мг ІМК на 100 г тальку),
- третій — обробка тальком в концентрації 0,4% 4-індоліл-3-масляної кислоти (400 мг ІМК на 100 г тальку),
- четвертий — 0,6% 4-індоліл-3-масляної кислоти (600 мг ІМК на 100 г тальку),
- п'ятий — обробка нижньої частини живців стимулятором Podkorzen АВ aqua, який містить культури живих бактерій та гумінові компоненти (1-нафтилоцтова кислота — 0,2%, 4-індоліл-3-масляна кислота — 0,1%, етанова кислота — 0,1%).

Використовували ТАЛЬК А-60 ФАРМ. 3Mg 4SiO<sub>2</sub> Н<sub>2</sub>О, виробництва Австрії (НПФ «Синбиас»).

Субстрат для вкорінення живців мав нижній дренажний шар(3–4 см), середній шар (20–25 см) складався з родючого ґрунту і перегною, верхній шар (3–4 см) — з середньозернистого річкового піску. Вологість субстрату та повітря підтримувалася за рахунок дрібнодисперсного зволоження в умовах закритого ґрунту. Інші технологічні особливості, такі як заготівля, обробка стимуляторами живців та їх висаджування у парникові гряди представлено у додатку Ж, рис. Ж.1.

Оптимальні терміни для живцювання яблуні були обмежені досить коротким періодом та збігалися із фазою уповільнення або завершення росту пагонів першої хвилі росту. Найкращим терміном для проведення

живцювання *M. halliana*, сорту ‘Ola’ та ‘Selkirk’ згідно нашого дослідження була третя декада червня, для *M. floribunda* — перша декада липня. Саме в цей період пагони найбільш чутливі до дії стимуляторів, однак різні генотипи по різному реагували як на одні й ті ж речовини, так і на їх різні концентрації (табл. 4.2.2.1).

Таблиця 4.2.2.1

Характеристика оптимальних варіантів дослідження для укорінення стеблових живців *Malus spp.*

Вид, сорт	Оптимальний строк живцювання	Фаза сезонного розвитку пагонів	Варіант дослідження	Укорінені живці, %	Живці з калюсом, без коренів, %	Нежиттєздатні живці, %
<i>M. floribunda</i>	перша декада липня	уповільнення росту пагонів	Podkorzen AB aqua	7,69±0,31	23,08±0,97	69,23±3,11
<i>M. halliana</i>	третя декада червня	уповільнення росту пагонів першої хвилі, максимальний приріст пагонів другої хвилі росту	0,4% ІМК	20,00±0,80	0	80,00±3,2
<i>M. niedzwetzkyana</i>	*перша декада липня	завершення лінійного росту пагонів першої хвилі, згасання росту пагонів другої хвилі.	Podkorzen AB aqua	0	41,04±1,64	58,96±2,35
<i>M. ×purpurea</i>	*третя декада червня	уповільнення росту пагонів першої та хвилі,	0,6% ІМК	0	22,22±0,87	77,77±3,03
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	третя декада червня	завершення лінійного росту пагонів	0,6% ІМК	33,33±1,37	58,33±2,32	8,33±0,32
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	*третя декада червня	уповільнення росту пагонів першої хвилі, максимальний приріст пагонів другої хвилі росту	Podkorzen AB aqua	0	16,67±0,63	83,33±3,33
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	третя декада червня	завершення лінійного росту пагонів першої хвилі, максимальний приріст пагонів другої хвилі росту	Podkorzen AB aqua	20,00±0,78	70,00±2,37	10,00±0,39
Примітка	* калюсогенез					

Найвищий відсоток укорінених живців для *M. halliana* фіксували при обробці ІМК в концентрації 0,4%, що забезпечило вкорінення 20,00% живців (рис. 4.2.2.1). Як найбільш ефективний стимулятор ризогенезу живців *M. ×purpurea* ‘Ola’ зарекомендувала себе ІМК у концентрації 0,6% — 33,33% укорінених живців (рис. 4.2.2.2). Застосування Podkorzen АВ aqua сприяло ризогенезу живців ‘Selkirk’ із виходом укорінених живців 20,00% та *M. floribunda* — 7,69%. Живці *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, та сорту ‘Royalty’ в ході нашого дослідження не укорінилися.



Рис. 4.2.2.1. Укорінені живці *M. halliana* у варіанті із застосуванням 4-індоліл-3-масляної кислоти



Рис. 4.2.2.2. Укорінений живець *M. ×purpurea* ‘Ola’ першого року.



Найкращий результат для сорту ‘Ola’ отриманий за використання живців із базальної частини пагона (із застосуванням Podkorzen АВ aqua — 18,18%), що вдвічі перевищив показники укорінення живців із апікальної та медіальної частини, які характеризувалися однаковим ступенем укорінення (рис. 4.2.2.3). Таким чином, вибір живців лише з базальної частини пагона забезпечував у 1,5 рази вищий відсоток укорінення.

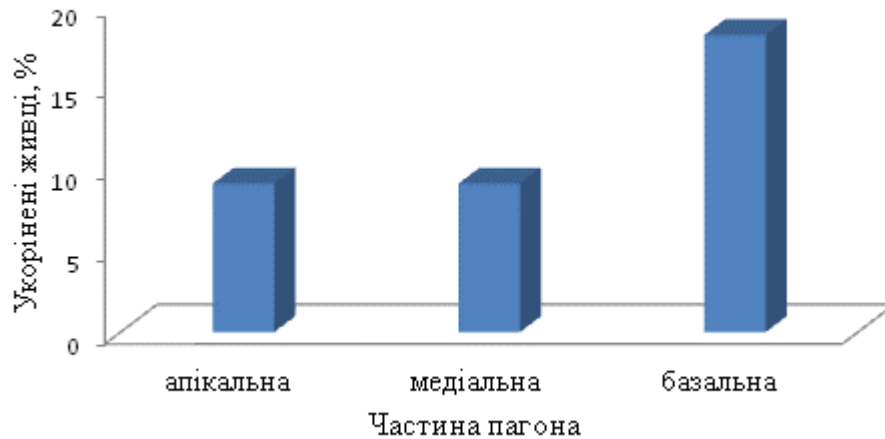


Рис. 4.1.2.3. Укорінення *M. ×purpurea* ‘Ola’, залежно від типу живця, з використанням стимулятора Podkorzen АВ aqua (ІІІ декада червня)

Пересаджування кореневласних рослин яблуні (дворічних живців) у відкритий ґрунт проводили восени наступного року.(рис. 4.2.2.4).



Рис. 4.1.2.4. Двохрічні кореневласні рослини *M. halliana*.

### 4.2.3. Прогнозування коренетвірної здатності стеблових живців

#### *Malus*

Низька вкорінюваність живців яблуні — проблема біологічного характеру, тому вивчення біології маточних рослин, ендо- та екзогенних чинників росту пагонів, різних режимів укорінення сприяє виявленню генотипів потенційно перспективних для живцювання (Поликарпова, 1990).

Зважаючи на трудо- та енергоємність процесу живцювання та дорожцтва вкорінення живців, існує проблема пошуку ефективних методів прогнозування коренетвірної здатності, що забезпечило б вилучення з досліджень завідомо неефективних варіантів (Опалко, 2003).

Спроби пояснити різну здатність до ризогенезу рослин залежно від форм життя, філогенезу, систематики виявилися безуспішними, адже з-поміж цих груп є рослини з різним ступенем укорінення (Bakhtaulova, 2020), відрізняються за здатністю до адвентивного коренеутворення як види та сорти одного роду, так і форми одного і того ж виду.

Аналіз доступної наукової літератури показав, що науковцями різних країн світу для прогнозування коренетвірної здатності живців різних рослин та їх готовності до живцювання використовувалися анатомічні, фізіологічні, біохімічні та молекулярно-генетичні показники (Konopelko, 2021; Конопелько, 2022в).

Зважаючи на те, що формування кореневих зачатків у дводольних деревних рослин відбувається у корі стебла з дворядних гетероклітинних променів паренхіми, дослідники вказують на кореляцію між ступенем паренхіматизації кори пагонів (або ж замкнутості склеренхімного кільця) та між показниками укорінення стеблових живців (Doud & Carlson, 1977; Bakhtaulova, 2020).

Дуд і Карлсон у 1977 році спостерігали негативну кореляцію між склеренхіматизацією пагонів (низьким відсотком проміжків у склеренхімі) та відсотком укорінення підщеп яблуні. Взаємозв'язок між відсотком розривів у склеренхімному кільці та відносною здатністю до вкорінення підтверджено

дослідженням анатомічної будови живців *Quercus bicolor* Wild. і *Quercus macrocarpa* Michx.. Автори розглядають склеренхімне кільце як фізичний бар'єр для розширення та поділу клітин, що необхідно для формування кореневих зачатків. Був відмічений вищий відсоток укорінення живців з маточних рослин дуба (*Quercus* L.), вирощених в умовах закритого ґрунту, але не було значної різниці у відсотках проміжків в склеренхімі для обох видів. Через недосконалість оцінки такого причинно-наслідкового зв'язку необхідно враховувати інші анатомо-фізіологічні показники, що забезпечують вкорінення (Amissah et al., 2008).

В ході дослідження анатомічної будови пагонів яблуні Сіверса А.С. Бахтауловою (2015) було з'ясовано, що відсоток медулярних дворядних променів у поперечному зрізі становив 10,9%, у повздовжньому — 19,2%, а середній показник (15%) відповідав практичним результатам укорінення стеблових живців (12%) (Bakhtaulova et al., 2015). Однак завдяки подальшим дослідженням щодо впливу різних стимулюючих речовин, їх концентрацій та комбінацій на ризогенез живців *M. sieversii* визначено оптимальну технологію із використанням напівздерев'янілих пагонів та застосуванням ІМК в концентрації 50 мг/л, при якій показник укорінення становив 46,7% (Bakhtaulova, 2020), що вказує на неможливість чисельного визначення відсотка вкорінюваності.

Необхідно враховувати, що відмінності у процесах ініціації та розвитку адвентивних коренів можуть бути навіть у різновидів одного роду (Zhou et al., 1992).

Взаємозв'язок успіху адвентивного формування коренів та анатомії пагона може слугувати теоретичною основою для вдосконалення технологічних методів живцювання (Konopelko, 2021).

Відомий спосіб оцінки якості живців за вмістом крохмалю, який фіксують за допомогою йодного розчину чи розчину Люголя зафарбовуванням в темно-синій колір. Критерієм для діагностики готовності до живцювання може бути вміст лігніну, адже достатньо розвинута ксилема



зафарбовується розчином флороглюцину в насичений вишнево-червоний колір. Виявлено обернено пропорційну залежність між адвентивним коренеутворенням живців та темпами лігніфікації пагонів на прикладі живців різних видів вишні (чим швидше відбувається лігніфікація, тим нижчий відсоток укорінення) (Поликарпова & Пилюгіна, 1991).

Вміст запасних речовин в однорічних пагонах (живцях) вважається об'єктивною оцінкою біологічного стану рослинного організму, що визначає його здатність до укорінення. Високий вміст білків та азоту, низький рівень вуглеводів гальмують ріст кореневих зачатків, надлишок азоту призводить до загнивання живців (Поликарпова, 1990).

З метою прогнозування регенераційної здатності яблуні О. А. Опалко випробувано непрямі методи дослідження щодо впливу витяжок з пагонів різних генотипів яблуні на проростання насіння редиски, довжину коренів у сіянців крес-салату та регенерування коренів у живців з сіянців квасолі, із зауваженням непридатності насіння крес-салату як біотестера для яблуні (Опалко, 2003).

Результати сучасних молекулярно-генетичних досліджень вказують на перспективи покращення адвентивного ризогенезу за допомогою маніпуляції мікроРНК та його цільового гену SPL26 (Aung et al., 2017, Ye et al., 2020, Yu et al., 2015). Здатність до формування адвентивних коренів зменшується під час зміни онтогенетичного рівня від ювенільного до генеративного етапу та опосередковується мікроРНК156 (Xu et al., 2017), надмірна експресія якої посилює регенерацію кореневої системи (Aung et al., 2017). МікроРНК156 підтримує ювенільні риси, пригнічуючи групу факторів транскрипції SPL26. Хоча детальний механізм цього впливу на адвентивне коренеутворення досі незрозумілий, з'ясовано, що під впливом ауксинів, зокрема ІМК, підщепи яблуні демонструють вищу експресію генів мікроРНК156, що сприяє підвищенню рівня коренетвірної здатності (Xu et al., 2017).

Проведено дослідження анатомічної будови напівздерев'янілих однорічних пагонів представників роду *Malus* із метою виявлення

достовірних статистичних зв'язків між відсотком паренхіматозних клітин у склеренхімному кільці та укоріненням стеблових живців. Для отримання середнього значення досліджували зрізи не менше ніж трьох однорічних пагонів для кожного виду/сорту з апікальної, медіальної та базальної частини (рис. 4.1.3.1).

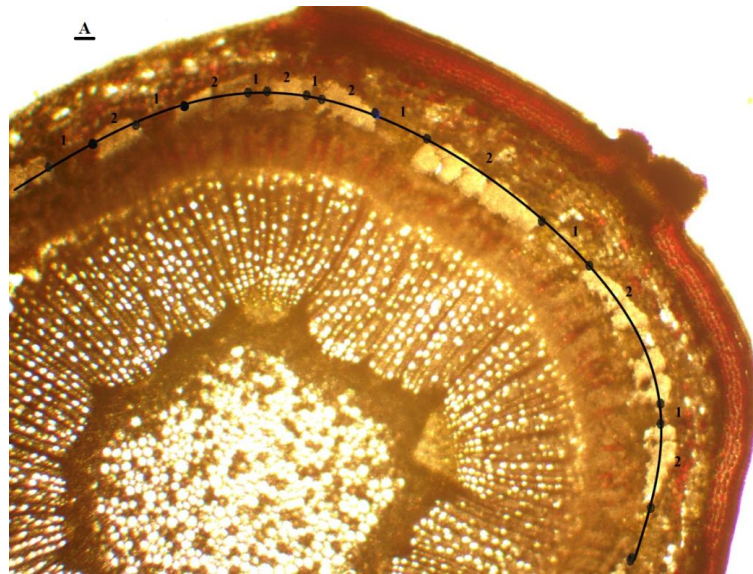


Рис. 4.2.3.1. Зріз медіальної частини однорічного пагона *M. x purpurea* 'Ola':  
1 — клітини паренхіми, з яких відбувається формування корневих зачатків у дводольних деревних рослин; 2 — склеренхіма (A = 200 мкм)

Найбільший відсоток паренхіматизації був характерний для виду *M. niedzwetzkyana* (72,84%), живці якого не укорінилися під час наших досліджень. Найменший відсоток скупчень паренхіматозних клітин був у *M. x purpurea* 'Royalty' (31,67%), який не вдалося розмножити напівздерев'янілими пагонами та *M. x purpurea* 'Ola' (31,78%), успішність укорінення живців якого складала 33,33% (рис. 4.2.3.2).

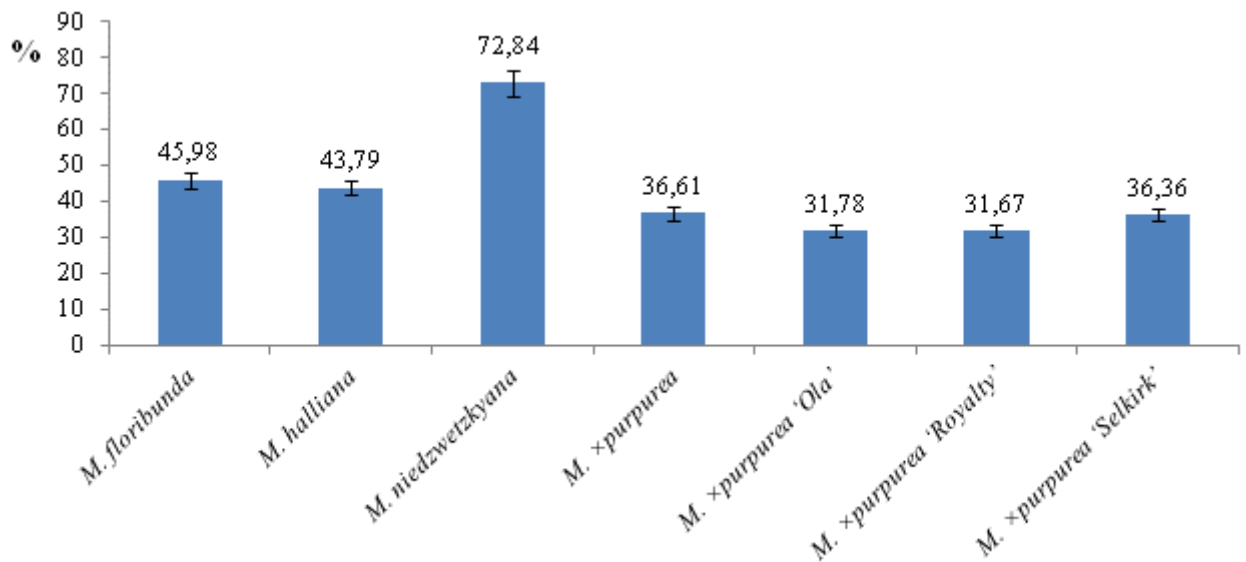


Рис. 4.2.3.2. Частка клітин паренхіми у склеренхімному кільці однорічних пагонів *Malus*

Виявлений кореляційний зв'язок середньої сили ( $r = -0,39$ ), що не дає змоги надійно спрогнозувати успішність укорінення стеблових живців досліджених видів та сортів яблуні, що спонукало нас до подальшого дослідження можливого прогнозування коренетвірної здатності стеблових живців яблуні за показниками сезонного росту пагонів.

Сезонний ріст пагонів як частина загального росту та розвитку рослини, це — генетично контрольований процес, що відображує анатомічні та фізіологічні зміни у рослинному організмі (Hansen, 1971; Schweingruber & Börner, 2018; Cubas, 2020), саме тому, на нашу думку може розглядатися як маркер цих змін (Копорелко, 2021).

Загальна тривалість росту пагонів досліджених видів та сортів становила від 72 (*M. xpurpurea* 'Ola') до 118 діб (*M. niedzwetzkyana*); однорічні пагони після завершення росту були завдовжки від 213,75 мм (*M. xpurpurea*) до 448,75 мм (*M. niedzwetzkyana*); середній приріст пагонів складав від 3,90 мм (*M. xpurpurea* 'Ola') до 14,70 мм (*M. floribunda*) (табл. 4.2.3.1).

## Характеристика сезонного росту пагонів

Вид, сорт	Початок росту / завершення	Тривалість росту, діб	Щоденний приріст, мм		Середня довжина пагонів, мм
			min-max	$\bar{x}$	
Перша хвиля росту пагонів					
<i>M. floribunda</i>	05.04 / 03.07	90	0,55–11,67	5,20	473,33
<i>M. halliana</i>	13.04 / 26.06	75	1,11–10,56	5,03	363,33
<i>M. niedzwetzkyana</i>	11.04 / 23.06	74	1,25–12,13	6,24	462,50
<i>M. ×purpurea</i>	06.04 / 06.07	92	0–8,84	3,26	300,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	06.04 / 16.06	72	0,88–11,68	3,90	281,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	14.04 / 03.07	80	0–7,84	3,53	324,33
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	13.04 / 19.06	68	1,00–9,18	5,52	375,00
$\bar{x} \pm SD$	-.	78,71 $\pm$ 3,41	-.	4,67 $\pm$ 0,42	368,50 $\pm$ 28,53
min-max	-	68–92	-.	3,26–6,24	281–473,33
CV, %	-	11,61	-.	6,45	20,49
Друга хвиля росту пагонів					
<i>M. floribunda</i>	03.06 / 06.07	34	2,66–16,00	9,50	323,20
<i>M. halliana</i>	10.06 / 10.07	31	1,25–13,34	7,00	224,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	10.06 / 06.08	62	0,41–27,11	7,18	435,00
<i>M. ×purpurea</i>	10.06 / 10.07	31	0,13–8,34	2,97	127,50
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	10.06 / 27.07	48	0,57–10,36	5,00	240,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	06.06 / 10.07	35	0,63–13,00	6,93	242,50
$\bar{x} \pm SD$	-.	40,17 $\pm$ 12,42	-.	6,43 $\pm$ 2,22	265,37 $\pm$ 42,43
min-max	-.	31–62	-.	2,97–9,50	127,50–435,00
CV, %	-.	30,91	-.	34,48	39,16
Загальний сезонний ріст					
<i>M. floribunda</i>	05.04 / 06.07	94	3,21–13,84	14,70	398,27
<i>M. halliana</i>	13.04 / 10.07	89	2,36–11,95	12,03	293,67
<i>M. niedzwetzkyana</i>	11.04 / 06.08	118	1,66–19,62	13,42	448,75
<i>M. ×purpurea</i>	06.04 / 10.07	96	0,07–8,59	6,23	213,75
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	06.04 / 16.06	72	0,88–11,68	3,90	281,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	14.04 / 27.07	105	0,29–9,10	4,27	282,17
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	13.04 / 10.07	89	0,82–11,09	6,27	308,75
$\bar{x} \pm SD$	-.	94,71 $\pm$ 14,33	-	8,68 $\pm$ 4,55	318,05 $\pm$ 29,98
min-max	-.	72–118	-	3,90–14,70	213,75–448,75
CV, %	-.	15,13	-.	52,43	24,94

Ріст пагонів видів і сортів роду *Malus* розпочинався з першої (*M. floribunda*, *M. ×purpurea*, ‘Ola’) чи другої (*M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’) декади квітня та тривав до другої (*M. ×purpurea* ‘Ola’, *M. ×purpurea* ‘Selkirk’), третьої (*M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*) декади червня, або першої декади липня (*M. floribunda*, *M. ×purpurea*, *M. ×purpurea* ‘Royalty’), залежно від генотипу (перша хвиля росту).

Перша хвиля росту пагонів тривала впродовж 68–92 доби з максимальним приростом у другій та третій декаді травня (3,26–6,24 мм) та середньою довжиною пагонів від 280,00 мм до 473,33 мм. Для усіх досліджених генотипів, за винятком ‘Ola’, спостерігали повторний ріст пагонів, який починався з переважно з першої (*M. floribunda*, *M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. ×purpurea*, ‘Selkirk’) рідше з другої (*M. ×purpurea* ‘Royalty’) декади червня, а його закінчення залежно від виду чи сорту фіксували в першій декаді червня (*M. floribunda*, *M. halliana*, *M. ×purpurea*, ‘Selkirk’) та третій (*M. ×purpurea* ‘Royalty’) декаді липня, першій декаді серпня (*M. niedzwetzkyana*). Повторний ріст пагонів характеризувався в 1,4 рази більшим середнім приростом (2,97–9,50 мм), однак в 1,4 рази меншою середньою довжиною (127,50–323,20 мм) та завершився в 2 рази швидше, порівняно з першою хвилею (31–62 доби).

Середня тривалість загального росту пагонів становила 94,71 добу, найдовше росли пагони *M. niedzwetzkyana* — 118 діб, найменше ‘Ola’ — 72 доби. Середнє значення приросту було 8,68 мм, найбільший середній приріст пагонів був характерний для *M. floribunda* (14,70 мм), найменший — ‘Ola’ (3,90 мм). Завдовжки однорічні пагони досліджених представників роду *Malus* в середньому досягали 318,05 мм, найдовшими були однорічні пагони *M. niedzwetzkyana* (448,75 мм), найкоротшими *M. ×purpurea* (213,75 мм).

Для з’ясування зв’язків адвентивного коренеутворення досліджених генотипів із особливостями сезонного росту пагонів були проведені розрахунки парних коефіцієнтів кореляції між відсотком укорінених живців,

відсотком живців з калюсом без коренів, відсотком нежиттєздатних живців з одного боку та середнім приростом однорічних пагонів, середньою довжиною пагонів та тривалістю росту пагонів з іншого боку (табл. 4.2.3.2).

Таблиця 4.2.3.2

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  $P < 0.05$

Виявлений сильний зворотний кореляційний зв'язок між відсотком укорінених живців та тривалістю росту пагонів досліджених генотипів ( $r = -0,88$ ). Проведений регресійний аналіз дає змогу спрогнозувати (розрахувати) успішність укорінення стеблових живців декоративних видів та сортів яблуні за певним значенням показника тривалості росту пагонів ( $y = -0,80x + 87,67$ ;  $R^2 = 0,77$ ) (рис. 4.2.3.3).



Рис. 4.2.3.3. Кореляційна залежність відсотка укорінення стеблових живців та тривалості росту пагонів представників роду *Malus*

Генотипи з менш тривалим ростом пагонів характеризувалися вищою коренетвірною здатністю. Зі зниженням тривалості росту пагонів відсоток укорінення зростає. Зважаючи, що відсоток укорінених живців залежав від сукупності ендо- та екзогенних чинників, отримане значення ( $y$ ) слід розглядати як відносний показник потенційної здатності живців до ризогенезу в однорідній групі рослинних об'єктів за конкретних умов, тобто його не варто ототожнювати із відсотком укорінених живців. Такий відбір видів/сортів яблуні для відпрацювання різних методик живцювання сприятиме вилученню із дослідження завідомо неефективних варіантів та їх переорієнтації на інші способи розмноження.

#### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Найвища приживлюваність на вегетативних підщепках та підщепі насінного походження була характерна для *M. niedzwetzkyana* та сорту 'Selkirk', найнижча — *M. floribunda* та *M. ×purpurea* 'Ola'.

Коренетвірна здатність стеблових живців декоративних видів та сортів *Malus* була обмежена досить короткими термінами проведення живцювання та визначалася застосуванням рістрегулюючих речовин, їх концентрацій та комплексів. Третя декада червня — найкращий період для живцювання *M. halliana* (відсоток укорінених рослин — 20,00%) із застосуваннями ІМК в концентрації 0,4%, *M. ×purpurea* 'Ola' (33,33%) із застосуванням 0,6% ІМК та *M. ×purpurea* 'Selkirk' (20,00%) із використанням комплексного стимулятора Podkorzen АВ aqua. В першій декаді липня ефективно живцювання *M. floribunda* (7,69%) із обробкою Podkorzen АВ aqua.

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

При написанні даного розділу використано наступні посилання:

1. 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», 3 березня 2022 р., с. Крути, Чернігівська обл.). ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т., Обухів: ФОП Гуляєва В.М., Т. 2. С. 200–206.
2. 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>
3. 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). P. 00065 (1–5 p.). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400065>



## РОЗДІЛ 5

### РОЗМНОЖЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *MALUS IN VITRO*

Зважаючи на фрагментарність інформації щодо мікроклонального розмноження видів та сортів яблуні та значне внутрішньородове різноманіття, актуальним є поетапне (від введення до адаптації) дослідження розмноження *in vitro* цінних декоративних генотипів роду *Malus*.

Розмноження яблуні *in vitro*, як і інших видів рослин, зазвичай включає чотири етапи: 1 — відбір донорів та створення культур *in vitro* з рослин *in vivo*; 2 — регенерація та/або розмноження пагонів впродовж тривалого часу без втрати якостей рослинного матеріалу, що розмножується; 3 — укорінення мікропагонів; 4 — адаптація асептичного рослинного матеріалу до нативних умов у середовищі *in vivo* (Подгаєцький та ін., 2018; Teixeira da Silva et al., 2019; Мацкевич, 2020).

Найсприятливішими як для мікроклонального розмноження, так і для інших способів вегетативного розмноження можуть бути періоди підвищеної регенераційної здатності рослин. Для рослин роду *Malus* період підвищеної регенераційної здатності припадає на кінець квітня – початок травня та на середину – кінець липня, між якими є період відносного зниження — кінець травня – початок липня (Opalko et al., 2020).

З метою отримання генетично однорідного матеріалу та масового тиражування рослин, досліджували можливості мікроклонального розмноження цінного за декоративністю *M. ×purpurea*, що використовується у селекції для виведення нових сортів, та виду *M. trilobata*, що значиться у Міжнародному Списку Охорони Природи у категорії «Майже під загрозою» (IUCN, 2022).

Експериментальні дослідження проводили в лабораторії мікроклонального розмноження відділу декоративних і плодових рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

### 5.1. Особливості введення експлантів *M. xpurpurea* та *M. trilobata* *in vitro*

Одним із важливих етапів, в отриманні оздоровленої та стерильної культури яблуні, на якому проявляються основні властивості її генотипу є введення меристемних експлантів *in vitro*. Введення у культуру — перший і найскладніший етап, необхідний для забезпечення його стерильності та приживлюваності, адже від первинної культури тканин залежить подальший успіх клонування (Черевченко та ін., 2007). Надзвичайно важливо враховувати такі чинники як генотип, тип експланту, вік та фізіологічний стан материнської рослини, час введення *in vitro*, а також вибір стерилізуючої речовини та особливості процедури стерилізації (Teixeira da Silva et al., 2019).

Поверхня рослин інфікована епіфітними бактеріями, грибами та їх спорами, які після введення експлантів *in vitro* можуть поглинати із штучного живильного середовища поживні речовини і, натомість, у результаті своєї життєдіяльності виділяти токсини, які гальмують біологічні процеси в рослинних клітинах і за тривалого впливу спричиняють їх загибель (Кушнір & Сарнацька, 2005). Часто внутрішнє інфікування вихідних експлантів буває набагато сильніше, ніж зовнішнє, а пізній прояв бактеріальної чи грибової інфекції може негативно вплинути на кінцевий результат мікроклонального розмноження (Черевченко та ін., 2007). Найбільш шкідливою за природою розміщення в клітині вважаються вірусні інфекції, адже навіть у візуально здорових рослин може мати місце її латентна форма (Подгаєцький та ін., 2018).

Успішне асептичне культивування рослин можливе лише за стерилізації внутрішніх тканин без їх пошкодження, та залежить від виду стерилізуючої речовини, її концентрації, підготовки експлантів та експозиції, а також щільності та чутливості тканини, що контактує із антисептиком. У випадках проникнення антисептика глибше покривних тканин відбувається пригнічення росту експлантату з можливим відмиранням тканин, які менш стійкі до впливу активних агентів, ніж покривні. Антисептик може

проникати вглиб через травми, отримані під час відокремлення від материнської особини та рухатися по міжклітинниках, елементах провідних пучків і гальмувати в подальшому ріст в культурі *in vitro*. Тому видалення з експлантів стерилізаторів шляхом промивання їх стерильною водою, або ж їх легке розкладання, при взаємодії з перекисом водню є важливою умовою успішної деконтамінації (Подгаєцький та ін., 2018).

За даними Teixeira da Silva та інших дослідників, при розмноженні яблуні *in vitro* найчастіше, використовують верхівкові частини пагонів або пазушні бруньки (Teixeira da Silva et al., 2019). У наших дослідженнях для введення рослинного матеріалу *M. ×purpurea* та *M. trilobata in vitro* використовували апікальні частини молодих пагонів завдовжки 0,8–1,5 см, які для введення брали у різні строки вегетації рослин (табл. 5.1.1).

Стерилізацію розпочинали з обробки приміщень, посуду та інструментів. Задля отримання стерильного рослинного матеріалу проводили попередню обробку дезінфікуючим розчином «Септодор–Форте» (ВІК–А Україна), основну — за використання 0,1% дихлориду ртуті ( $\text{HgCl}_2$ ) з додаванням емульгатора «Твін-80», 0,1% мертиоляту натрію ( $\text{C}_9\text{H}_9\text{AgNaO}_2\text{S}$ ) та 1,0% нітрату срібла ( $\text{AgNO}_3$ ). (табл. 5.1.1). Після стерилізації експланти тричі промивали дистильованою автоклавованою водою та висаджували на безгормонне живильне середовище Мурасіге і Скуга (МС).

Культивування експлантів відбувалося у культуральній кімнаті з кондиційованим повітрям на скляних стелажах за температури  $+25\pm 1^\circ\text{C}$ , відносної вологості повітря 70–75%, тривалості фотоперіоду 16 год. і штучного освітлення інтенсивністю 3–5 тис. люкс.

Згідно загальноприйнятих методик (Кунах, 2005; Кушнір & Сарнацька, 2005) через 8–10 діб оцінювали стан введених рослин, зокрема ефективність стерилізації як співвідношення стерильних експлантів до їхньої загальної кількості. Відсоток інфікованих експлантів декоративних видів та сортів яблуні був невисоким, що свідчило про якісну поверхневу стерилізацію.

Таблиця 5.1.1

Вихід стерильних / життєздатних експлантів *M. x purpurea*, залежно від періоду введення,  
стерилізуючої речовини та її експозиції, %

Експозиція стерилізації, хв.	Період введення				
	перша декада травня	друга декада травня	третья декада травня	перша декада червня	друга декада червня
дихлорид ртуті (HgCl <sub>2</sub> )					
1	92,59 / 68,42	70,97 / 50,45	-	-	-
1,5	94,33 / 30,28	75,00 / 52,75	53,33 / 26,40	7,14 / 5,25	-
2,0	-	76,85 / 41,75	72,72 / 32,50	66,67 / 28,33	35,52 / 6,66
2,5	-	80,66 / 33,33	66,67 / 25,15	72,72 / 30,00	45,45 / 7,69
3,0	-	-	-	72,72 / 22,12	45,45 / 5,20
нітрат срібла (AgNO <sub>3</sub> )					
2	88,35 / 49,40	80,00 / 40,25	-	-	-
4	91,25 / 25,35	85,50 / 40,25	40,95 / 20,25	6,66 / 1,55	-
6	-	87,27 / 30,52	50,00 / 25,00	38,66 / 16,66	16,80 / 2,50
8	-	88,00 / 25,37	55,25 / 15,75	55,25 / 20,66	35,00 / 3,25
10	-	-	-	55,25 / 15,75	45,00 / 2,50
(C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> AgNaO <sub>2</sub> S)					
1,0	90,00 / 45,20	85,25 / 38,75	-	-	-
1,5	91,75 / 20,35	87,25 / 39,33	45,50 / 22,10	20,00 / 5,00	13,33 / 3,25
2,0	-	90,00 / 25,00	60,33 / 33,33	22,25 / 12,25	20,00 / 3,25
2,5	-	90,00 / 20,00	66,67 / 17,80	25,00 / 15,75	23,33 / 4,00
3,0	-	-	-	25,00 / 7,78	26,66 / 5,00

Найефективнішим стерилізатором згідно наших досліджень виявився 0,1% розчин  $\text{HgCl}_2$  (табл. 5.1.1), що підтверджують і літературні дані (Опалко & Небиков, 2008; Teixeira da Silva et al., 2019; Конопелько та ін., 2020).

Експериментальним шляхом визначено найкращий період для введення експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* у культуру, який припадав для *M. ×purpurea* на першу декаду травня (або ж третю декаду квітня, залежно від метеорологічних умов року дослідження), для *M. trilobata* — другу – третю декаду травня, та співпадав із фенофазою активного росту пагонів, до початку цвітіння рослин.

Вихід стерильних експлантів *M. ×purpurea* становив 92,59%, *M. trilobata* — 93,92%, їх життєздатність для *M. ×purpurea* досягала 68,42%, *M. trilobata* — 73,50% за експозиції дії стерилізуючої речовини 1 хв. Надалі ефективність стерилізації знижувалася (рис. 5.1.1), а оптимальна експозиція зростала (рис. 5.1.2).

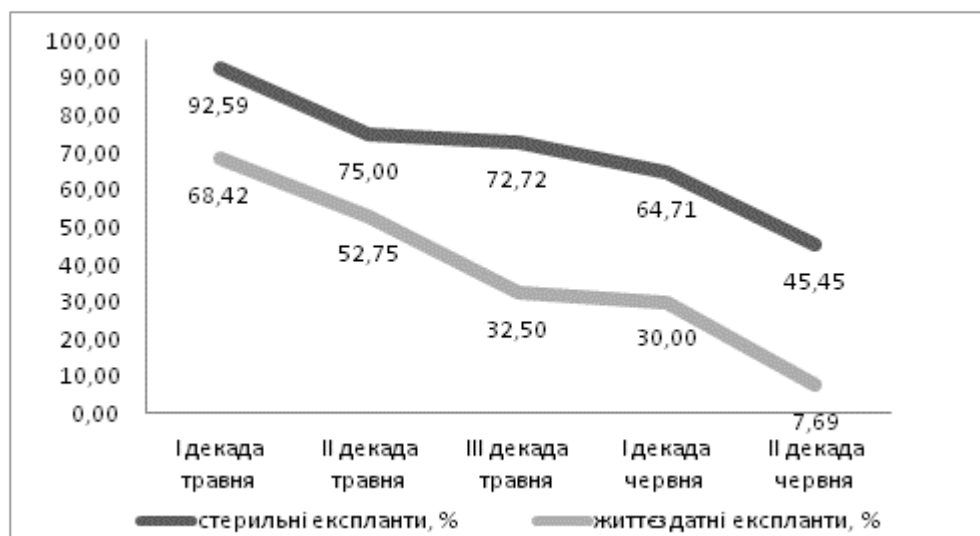


Рис. 5.1.1. Ефективність стерилізації та життєздатність експлантів *M. ×purpurea* залежно від періоду введення, %

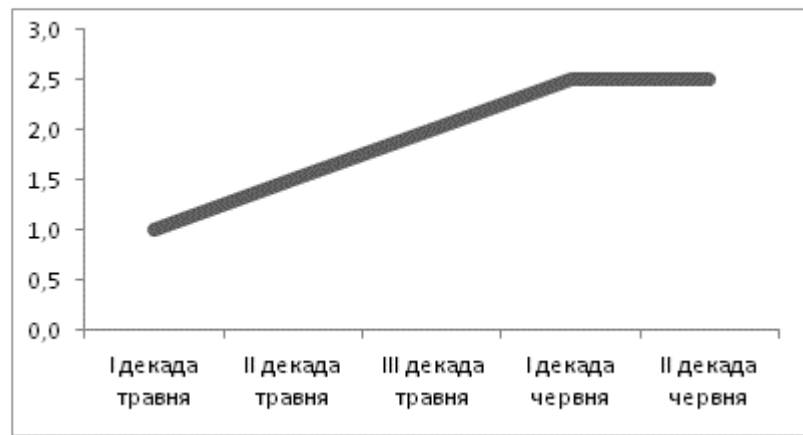


Рис. 5.1.2. Оптимальна експозиція стерилізації експлантів *M. x purpurea* залежно від періоду введення, хв

Через 26–30 діб після введення *in vitro* одержані стерильні, життєздатні експланти (рис. 5.1.3) переносили на живильні середовища Мурасіге і Скуга модифіковані додаванням регуляторів росту.

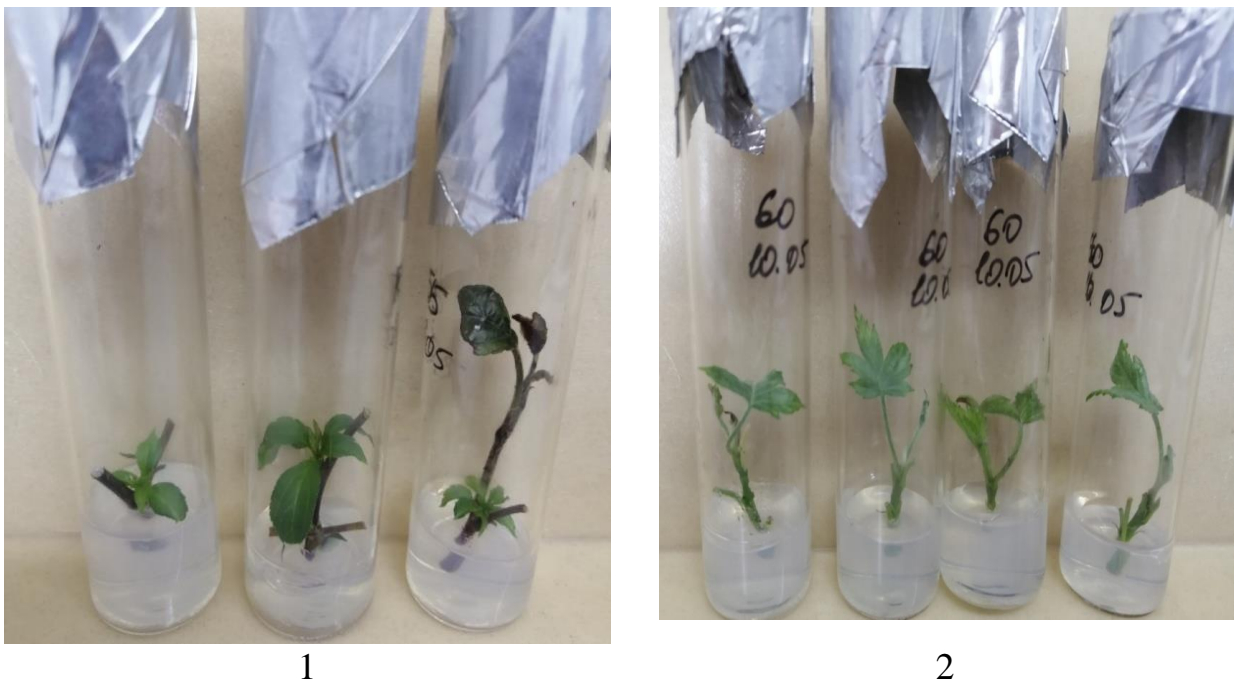


Рис. 5.1.3. Життєздатні експланти:  
1 — *M. x purpurea*; 2 — *M. trilobata*

Впродовж  $25 \pm 5$  діб проводили спостереження за ростом і розвитком рослин на різних за гормональним складом живильних середовищах.

## 5.2. Морфогенез експлантів *M. xpurpurea* та *M. trilobata* залежно від фітогормонального складу живильного середовища

Успіх мікроклонального розмноження рослин залежить від багатьох властивостей притаманних тій чи іншій рослині. Здатність до диференціації, морфогенезу (тотипотентність) та формування цілої рослини, залежить від її видової приналежності, генотипу, конкретної тканини, типу клітин тощо. Тобто різні генотипи в межах виду і різні типи клітин тієї ж самої рослини мають різну здатність до регенерації.

Досягнення максимально високих коефіцієнтів розмноження, без втрати якості рослинного матеріалу, вирішується починаючи з другого етапу мікроклонального розмноження — власне прискореного розмноження (Мацкевич, 2020). Проте в реалізації морфогенного потенціалу рослин в культурі *in vitro* значну роль відіграють: генотип материнської рослини, тип експланту та умови його культивування.

Головний чинник, від якого залежить успіх мікроклонального розмноження — склад живильного середовища. Основа будь-якого живильного середовища — макро- (N, P, K, Ca, Mg, S) та мікроелементи (Fe, B, Mn, Zn, Cu, Na, Co, Mo, Cl, Ni), які вводять до середовища у вигляді солей, також до його складу входять вітаміни, амінокислоти та фізіологічно активні речовини (Кушнір & Сарнацька, 2005).

Культура *in vitro* потребує введення екзогенних регуляторів росту рослин — ауксинів та цитокінінів, як правило, синтетичного походження, а також гіберелінів та абсцизової кислоти природного походження (Кушнір & Сарнацька, 2005).

Важливим для індукції пазушних бруньок є підбір концентрації фітогормонів, зокрема цитокінінів. До живильних середовищ додають цитокініни як природного походження — зеатин (4-окси-3-метил-*транс*-2-бутеніламінопурин), 2-іР (N<sup>6</sup>-(2-ізопентил)аденін) або ІРА (N<sup>6</sup>-( $\Delta^2$ -ізопентеніл)аденозин)), дигідрозеатин (6-(4-окси-3-метил-*транс*-2-бутеніл)амінопурин), так і їх синтетичні аналоги, переважно похідні аденіну із

заміщенням в 6 положенні, — 6-бензиламінопурин (6-БАП) і тидіазурон (ТДЗ). Це — найбільш ефективні регулятори росту рослин у культурах ізольованих тканин (Кунах, 2005; Кушнір & Сарнацька, 2005). У рослинах цитокініни синтезуються у кінчиках коренів, особливо в клітинах центру спокою, та транспортуються по ксилемі в інші частини рослини (Кушнір & Сарнацька, 2005). Вони зазвичай сприяють поділу клітин, особливо якщо разом з ауксинами, а також — формуванню пазушних пагонів внаслідок зменшення верхівкового домінування. Крім того, цитокініни уповільнюють старіння (Pierik, 1997). Цитокініни пригнічують утворення коренів, а значні концентрації у середовищі, які сприяють розвитку пазушних бруньок, можуть стати причиною зміни морфології рослин, появи аномальних і вироджених форм. Для ризогенезу експлантів до середовища додають ауксини (Кунах, 2005).

Ауксини зазвичай забезпечують подовження і поділ клітин (утворення калюсу) та утворення адвентивних коренів, пригнічують утворення придаткових і пазушних пагонів і часто ембріогенез в суспензійних культурах. Ауксини природного походження —  $\beta$ -індолілоцтова кислота ( $\beta$ -ІОК) менш активні, ніж синтетичні ауксини —  $\beta$ -індоліл-3-масляна кислота ( $\beta$ -ІМК), 2-нафтилотова кислота (НОК), 2,4-дихлор-феноксилоцтова кислота (2,4-Д). Фітогормони ауксинового типу на різні фізіологічні процеси впливають неоднаково (Кушнір & Сарнацька, 2005). Порівняно низькі концентрації ауксину сприяють коренеутворенню, тоді як високі — гальмують формування коренів та сприяють утворенню калюсу (Pierik, 1997; Кунах, 2005).

Для підвищення морфогенної здатності експлантів *M. xpurpurea* та *M. trilobata* проводили модифікацію живильних середовищ за прописом Мурасіге і Скуга (МС) за додавання 6-БАП (0,5–2,5 мг/л),  $\beta$ -ІОК (0,1–1,0 мг/л) та  $\beta$ -ІМК (0,01–1,0 мг/л).



Одночасно у експлантів формувались мікропагони які впродовж 25–38 діб досягали 2,0–3,0 см, мали сформоване центральне стебло та по три-чотири пари добре розвинутих листків (рис. 5.2.1).

Впродовж періоду культивування експлантів на модифікованих живильних середовищах проводили спостереження за їх ростом і розвитком (поява з різною інтенсивністю адвентивних бруньок, додаткових пагонів, відмінність у морфометричних параметрах тощо). У результаті використання середовищ, із різними співвідношеннями концентрацій ауксинів, було відібрано найефективніші для індукції морфогенезу у *M. trilobata* та *M. ×purpurea*.

Таблиця 5.2.1

Коефіцієнт розмноження видів *Malus in vitro* залежно від вмісту екзогенних регуляторів росту

Вміст регуляторів росту, мг/л			Коефіцієнт розмноження
6-БАП	β-ІОК	β-ІМК	
<i>M. × purpurea</i>			
0,5	1,0	-	
1,0	0,5	-	5,0±0,18
1,5	0,3	-	2,5±0,08
2,0	0,1	-	0
2,5	-	-	0
0,5		0,01	0
1,0		0,1	3,0±0,09
1,5		0,3	1,5±0,04
2,0		0,5	0
2,5		1,0	0
<i>M. trilobata</i>			
0,5	1,0		0
1,0	0,5		2,5±0,08
1,5	0,3		1,7±0,05
2,0	0,1		0
2,5	-		0

З'ясовано, що для підвищення морфогенного потенціалу, як у *M. ×purpurea*, так і *M. trilobata* була потреба у відносно невисоких концентраціях 6-БАП (1,0 мг/л), так як їх підвищення значно знижувало коефіцієнти розмноження для обох видів.



Рис. 5.2.1. Морфогенез *M. x purpurea*

Найвищим морфогенним потенціалом та високим коефіцієнтом розмноження (для *M. x purpurea* — 5,0, для *M. trilobata* — 2,5) за третього пасажу, відрізнялися експланти обох досліджених таксонів, які культивували на живильному середовищі із вмістом 1,0 мг/л 6-БАП та 0,5 мг/л ІОК. Перед кожним наступним пасажем проводили візуальне оцінювання стану експлантів, визначали їх кількість та ступінь розвитку.

Добре сформовані пагони, завдовжки 2,0–4,0 см пересаджували на живильні середовища модифіковані додаванням фітогормонів ауксинової групи для досягнення ризогенезу. Решту пагонів переносили на живильні середовища для подальшого розмноження.



Рис. 5.2.2. Мікропагони яблуні для подальшого культивування *in vitro*

Для стимуляції у експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* ризогенезу, який є одним із ключових етапів мікроклонального розмноження рослин, отримані нами в асептичних умовах експланти, висаджували на живильні середовища Мурасіге–Скуга (МС) з половинним вмістом макро- і мікросолей, доповнені різними концентраціями 1-НОК, β-ІМК та β-ІОК (0,1; 0,3; 0,5; 0,7 та 1,0; мг/л). За контроль було прийняте живильне середовище без вмісту фітогормонів (табл. 5.2.2).

Таблиця 5.2.2

Ризогенез мікроклонів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* залежно від концентрації фітогормонів у живильних середовищах

Фітогормон	Концентрація, мг/л	Вид			
		<i>M. ×purpurea</i>		<i>M. trilobata</i>	
		укорінені мікроклони, %	кількість коренів, шт.	укорінені мікроклони, %	кількість коренів, шт.
-	контроль	-	-	-	-
1-НОК	0,1	3,68±0,12	1,4±0,04	20,00±0,66	1,6±0,05
	0,3	4,85±0,15	2,1±0,07	24,00±0,79	2,2±0,08
	0,5	33,33±1,15	2,3±0,07	61,54±2,03	4,8±0,16
	0,7	44,44±1,55	3,9±0,12	37,50±1,24	2,7±0,07
	1,0	30,00±1,04	2,6±0,08	33,33±1,09	2,1±0,07
β-ІМК	0,1	37,50±1,30	1,8 ± 0,05	14,28±0,47	2,1±0,06
	0,3	70,00±2,45	5,6 ± 0,17	16,66±0,55	2,5±0,08
	0,5	58,33±2,02	2,8 ± 0,09	25,00±0,82	2,9±0,09
	0,7	40,00±1,41	1,7 ± 0,06	66,67±2,20	4,6±0,16
	1,0	25,00±0,86	1,4±0,03	30,00±1,04	2,4±0,06
β-ІОК	0,1	2,67±0,08	1,1±0,02	15,33±0,51	1,2±0,03
	0,3	10,00±0,33	3,2±0,09	20,00±0,66	2,4±0,07
	0,5	25,00±0,86	2,8±0,09	30,00±0,99	2,8±0,08
	0,7	9,09±0,032	2,6±0,08	50,00±1,65	4,4±0,14
	1,0	2,34±0,08	2,0±0,07	25,00±0,83	2,1±0,06

За культивування експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* на даних живильних середовищах впродовж 20–28 діб у базальній частині експлантів спостерігали незначне утворення щільної калюсної маси з якої впродовж

наступних 14–18 діб з'являлися зачатки коренів, які за 10–12 діб досягали 2,1–3,6 см завдовжки.

При дослідженні ризогенної активності у мікроклонів *M. ×purpurea* виявлено, що з модифікованих нами живильних середовищ з додаванням 1-НОК найбільш ефективним виявилось середовище 0,7 мг/л, де від кількості введених експлантів було одержано 44,44% рослин-регенерантів з середньою кількістю утворених коренів —  $3,9 \pm 0,3$  шт. Культивування експлантів на живильних середовищах із використанням 0,3 мг/л  $\beta$ -ІМК дало можливість одержати 70,00% укорінених рослин, кількість коренів яких у середньому становила 2,8 шт. На середовищі з додаванням  $\beta$ -ІОК у концентрації 0,1–1,0 мг/л спостерігали значно нижчі показники ризогенної активності, у порівнянні з попередніми варіантами. Найбільшу кількість укорінених рослин (25,00%) було отримано за вмісту 0,5 мг/л  $\beta$ -ІОК, що значно перевищувало показники решти варіантів. Вміст у живильному середовищі від 0,1 до 1,0 мг/л фітогормонів сприяв виявленню найбільш ефективних варіантів з високим проявом ризогенної здатності рослин.

Результати досліджень показали, що найбільш ефективно ризогенез в експлантів *M. trilobata* відбувався на середовищі з додаванням 0,7 мг/л  $\beta$ -ІМК, на якому процент вкорінення становив 66,67%, а середня кількість коренів —  $4,6 \pm 0,6$  шт. У варіантах із вмістом 1-НОК, за концентрації у живильному середовищі 0,5 мг/л відсоток укорінення експлантів становив 61,54% з майже аналогічною кількістю утворених коренів ( $4,8 \pm 0,6$  шт.). У решти варіантів процеси ризогенезу відбувалися з меншою інтенсивністю, а при культивуванні їх на безгормональному живильному середовищі, яке слугувало контролем, появу коренів не спостерігали. За модифікації живильних середовищ додаванням 0,7 мг/л  $\beta$ -ІОК було отримано 50,00% укорінених мікроклонів. Ризогенез експлантів *M. trilobata* відрізнявся нижчими показниками, порівняно з експлантатами *M. ×purpurea*.

Наступним складним і стресовим етапом мікроклонального розмноження є адаптація рослин *ex vitro*, який ще продовжується.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

За результатами проведених досліджень *in vitro* з'ясовано, що найкращий період для введення експлантів *M. ×purpurea* та *M. trilobata* — фенофаза активного росту пагонів, до початку цвітіння рослин. Вихід стерильних експлантів за обробки 0,1% розчином дихлориду ртуті (HgCl<sub>2</sub>) 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%.

Найвищі коефіцієнти розмноження (для *M. ×purpurea* — 5,0, для *M. trilobata* — 2,5) було отримано на живильному середовищі за прописом Мурасіге і Скуга із вмістом 1,0 мг/л 6-БАП та 0,5 мг/л ІОК. Зменшення та збільшення концентрацій фітогормонів призводило до зниження цих показників у обох досліджених видів.

Найбільшу кількість укорінених експлантів *M. ×purpurea* (70,00%) спостерігали на модифікованому живильному середовищі ½МС з додаванням 0,3 мг/л β-ІМК, *M. trilobata* (66,67%) — з додаванням 0,7 мг/л β-ІМК.

При написанні даного розділу використано наступні посилання:

23. 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). P. 00065 (1–5 p.). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400065>

24. 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.*

## РОЗДІЛ 6

### ОЦІНКА УСПІШНОСТІ ІНТРОДУКЦІЇ ТА ДЕКОРАТИВНОСТІ. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

#### 6.1. Декоративні властивості та використання у зеленому будівництві

Декоративні види роду *Malus* є цінними рослинами для використання в ландшафтному дизайні, що засвідчують праці як світових так і вітчизняних науковців (Яременко, 1964; Колесников, 1974; Рубцов, 1977; Калініченко, 2003; Опалко, 2005; Rehder, 1940; Green, 1994; Dirr, 2009; Marosz, 2009; Goncharovska et al., 2022). Декоративні яблуні з давніх-давен поширені в озелененні Китаю та Японії, в садах Європи та Америки вони з'явилися в середині XVIII ст., де й до нашого часу широко культивуються (Яременко, 1964). Незважаючи на це, для озеленення населених місць нашої країни яблуня використовується мало, ймовірно через те, що їх декоративні властивості популяризовані недостатньо.

Поняття про декоративність дерева складається в залежності від того, який вигляд воно має у конкретному середовищі, у композиції парку, саду, лісопарку (Рубцов, 1977). Окрім того, декоративні властивості рослин або їх окремих органів можуть змінюватись впродовж вегетаційного періоду, залежно від умов росту та вікових особливостей. Розрізняють шість типів декоративності деревних рослин: загальновидову, індивідуальну, формову, групову, сезонну та вікову, за якими формується комплексна декоративна оцінка. Комплексну декоративну оцінку доцільно починати з індивідуальної декоративної оцінки рослин, яка характеризує декоративні якості окремої рослини через оцінку найвиразніших елементів габітусу.

Для того щоб сформувавши уявлення про декоративний вигляд рослини, необхідно попередньо охарактеризувати декоративні якості окремих органів рослин, при цьому враховують життєві форми та розміри рослин, форму та розміри крони, форму, будову, колір квіток та суцвіть, тривалість цвітіння, форму, розміри та колір плодів, форму стовбура і текстуру кори. Ці якості

мінливі, динамічні і відіграють важливу роль у декоративному садівництві (Рубцов, 1977; Калініченко, 2003).

Декоративний вигляд видів та сортів яблунь та вибір їх для конкретних ландшафтних композицій залежить від біологічних та екологічних особливостей. Дрібноплоді яблуні досить пристосовані до різних ґрунтових умов, але найкраще ростуть і розвиваються на важких суглинках. Незалежно від типу ґрунт повинен бути добре дренований, вологий з рН 5,0–6,5. Місце посадки декоративних яблунь повинно бути сонячним для хорошого розвитку квіток і плодів. Хоча декоративні яблуні потребують відносно мало догляду, у них є серйозна проблема — листові захворювання, в основному парша яблуні. Азійські види яблунь більш стійкі до хвороб та шкідників, ніж північноамериканські (Dirr, 2009).

Першочергове значення при виборі асортименту рослин для конкретного пейзажу чи ландшафтною композиції має життєва форма та розмір рослини. Як відмічає В. Т. Лангенфельд, у процесі тривалого еволюційного розвитку у яблуні виробились різні пристосування, що призвело до наявності в роду *Malus* наступних форм габітусу, які в еколого-морфологічному аспекті слід розглядати як життєві форми:

1. Макрофанерофіти — великі дерева з добре вираженими міцними стовбурами;
2. Мезофанерофіти — менш великі дерева з невеликими або з кількома стовбурами;
3. Нанофанерофіти — низькі кущоподібні форми з кількома стовбурами.

Більшість представників роду *Malus* — невеликі дерева до 8–12 м заввишки, іноді можуть мати форму куща, або ж формувати декілька стовбурів, тому придатні передусім для створення малих пейзажних картин. Окремі види, які в природі досягають 15–20 м, можна використовувати при формуванні придорожніх насаджень, а низькі кущоподібні форми (до 4–8,

іноді 0,5–2 м) найкраще виявлятимуть свої декоративні властивості у живоплотах (Кучерявий, 2005).

Рослинам з роду *Malus* переважно властива щільна куляста форма крони, тому такі види та сорти є основними при створенні об'ємно-просторової структури пейзажних картин, а при рівномірному розташуванні створюватимуть атмосферу насиченості та спокою.

Як солітери ефектний вигляд матимуть яблуні з широкими розкидистими кронами (*M. halliana*, *M. niedzwetzkyana*, *M. prunifolia*), створюючи враження заметів (рис. 6.1.1). Впродовж усього року зберігають декоративність сорти та форми з колоноподібними, пірамідальними, вазоподібними (*M. prunifolia* var. *Rinki* (Koidz.) Rehd. f. *fastigiata bifera* (Dieck.) Al. Teod.) та особливо плакучими (*M. baccata* f. *pendula* Zbl., *M. prunifolia* f. *pendula* (Bean) Rehd.) кронами, враховуючи контрастний силует яких, їх слід використовувати в паркових ландшафтах передусім як акценти-солітери або при формуванні контрастних груп (Кучерявий, 2005; Опалко, 2005).



Рис. 6.1.1. *M. halliana* під час цвітіння на території НДП «Софіївка»



Цінність яблуні для декоративного садівництва пояснюється в першу чергу її ефектним виглядом в період цвітіння, коли види та декоративні сорти вкриваються білими, рожевими чи пурпуровими, іноді махровими чи напівмахровими квітками (Опалко, 2005). Декоративні якості квіток визначаються формою, розмірами і кольором квіток або суцвіть. Варто враховувати час і тривалість цвітіння. Декоративні види та сорти роду *Malus* цвітуть одночасно або після появи листків, з першої декади травня до кінця травня – початку червня, коли середня температура повітря становить +15°C. Залежно від погодних умов та сорту період цвітіння триває від одного до двох тижнів. Декоративність фази цвітіння значно подовжується за рахунок ефектних білих, рожевих і навіть червоних бутонів. Не рідко спостерігається зміна кольорової гамми в період від появи бутонів і до завершення цвітіння, так яблуні з білими квітками часто мають рожеві чи червоні бутони (рис. 6.1.2).



Рис. 6.1.2. Білі квітки *M. baccata* на фоні рожевих бутонів

Плоди декоративних яблунь є одним з найвиразніших елементів рослин, тому особливу цінність види та сорти роду *Malus* мають в осінній час, коли квітковий асортимент саду бідніє, а дерева і чагарники стоять без листя. У цей час дрібнопліді яблуні з декоративними плодами стануть найкращою окрасою саду (Рубцов, 1977; Калініченко, 2003). Декоративність у період плодоношення за часом значно перевищує період цвітіння, при

цьому важливими ознаками є забарвлення, форма, розмір плодів, рясність плодоношення та тривалість їхнього збереження на дереві (Конопелько, 2021). Жовті чи жовто-зелені плоди мають *M. coronaria*, *M. toringoides*. Червоним забарвленням плодів відрізняються *M. baccata*, *M. floribunda*, *M. fusca*, *M. ×purpurea* та її сорти (рис. 6.1.3). Для плодів окремих видів характерний поліморфізм, колір плодів також може змінюватись залежно від умов росту (Яременко, 1964; Колесников, 1974). Більш високий рейтинг згідно Національної програми оцінки декоративних яблунь отримали сорти з яскраво-червоними та помаранчево-червоними плодами. Відмічено, що рослини з таким плодами мають білі квіти (Green, 1994).



Рис. 6.1.3. Рослина *M. ×purpurea* 'Selkirk' з плодами

Плоди деяких декоративних яблунь опадають відразу після дозрівання, а інших — довго тримаються на дереві, забезпечуючи привабливий вигляд у осінньо-зимовий період і навіть їжу для птахів навесні. До таких видів та сортів належать *M. baccata*, *M. floribunda* та інші. Існують безплідні сорти декоративних яблунь (наприклад, 'Spring Snow', 'Jarmin', *M. ioensis* 'Prairie Rose'), використавши які можна уникнути засмічення площі. Плоди

*M. prunifolia*, 'Dolgo' та інші мають приємний смак та аромат, тому їх можна використовувати в їжу (Соколов, 1954; Wуman, 1959; Griffin, 2005).

Впродовж вегетаційного сезону на зовнішній вигляд рослини (насамперед на форму та щільність крони) впливає декоративність листків. Для видів і сортів роду *Malus* характерні цілісні зелені (*M. baccata*, *M. floribunda*, *M. fusca*), рідше лопатеві (*M. toringoides*, *M. trilobata*) або ж пурпурові (*M. niedzwetzkiiana*, *M. ×purpurea* (E.Barbier) Rehd. та її гібриди) листки (рис. 6.1.4). Заради привабливих листків культивується японський вид *M. tschonoski* С.К. Schneid., який рідко цвіте, але виділяється срібними молодими листками та ефектним їх забарвленням восени (Griffin, 2005; Конопелько & Опалко, 2016).



1



2

Рис. 6.1.4. Декоративні властивості листків:

1 — *M. trilobata*; 2 — *M. 'Veitch's Scarlet'*

Сезонна зміна кольору листя підсилює декоративний ефект зелених насаджень. Здебільшого яблуні не вирізняються осіннім забарвленням листя, окремі види та сорти восени декоративні відтінками помаранчевого (*M. baccata*), малинового та фіолетового (*M. tschonoskii*), абрикосового, золотисто-жовтого (рис. 6.1.5). Яскравість осіннього забарвлення і тривалість його збереження значною мірою залежать від погодних умов, найбільш

сприятливі тривалі теплі та помірно вологі умови (Колесников, 1974; Калініченко, 2003; Пес, 2009).



Рис. 6.1.5. Осіннє забарвлення листків *M. tschonoskii*

В осінньо-зимовий та ранньовесняний сезони окремі види яблуні привертають увагу декоративними властивостями стовбура, які найбільш виразні у старих дерев, особливо у солітерних насадженнях (Конопелько & Опалко, 2016).

Відповідно до шкали декоративності рослин О. Г. Хороших і О. В. Хороших (1999) проводили оцінювання за чотирма блоками: декоративність крони, листків, квіток та плодів. Слід відзначити, що декоративні ознаки стовбура у рослин роду *Malus* переважно найбільш помітні у старих екземплярів, а щільність крони можна регулювати санітарною чи формуючою обрізкою, тому ці ознаки не враховували. Для характеристики декоративності листків звертали увагу на форму листової пластинки та її привабливість, зміну забарвлення впродовж вегетації, час укриття рослин листям та їх забарвлення, для квіток — забарвлення бутонів та квіток, їх розмір та аромат, тривалість та рясність цвітіння, для плодів — забарвлення, рясність плодоношення та тривалість збереження плодів на дереві (табл. 6.1.1 ).



Розрахунки показника декоративності видів та сортів роду *Malus*

Вид / сорт	Частина рослини														Загальна сума балів
	крона	листки				квітки та бутони						плоди			
	Форма крони	Форма листкової пластинки	Зміна забарвлення	Час укріття листям	Забарвлення	Забарвлення бутонів	Забарвлення квіток	Розмір квіток	Аромат	Тривалість цвітіння	Рясність цвітіння	Забарвлення	Рясність плодоношення	Тривалість збереження на дереві	
<i>Eriolobus</i>															
<i>M. trilobata</i>	2	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	25
<i>Docyniopsis</i>															
<i>M. tschonokii</i>	3	2	2	2	2	2	1	2	2	3	1	2	1	3	28
<i>Docyniopsis</i>															
<i>M. floribunda</i>	2	2	1	2	1	3	1	2	1	3	3	3	3	3	30
<i>M. fusca</i>	2	2	1	2	1	3	1	2	2	3	2	3	2	1	27
<i>M. toringoides</i>	2	3	2	2	1	2	1	2	1	2	3	3	3	2	29
<i>Chloromeles</i>															
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
<i>Gymnomeles</i>															
<i>M. baccata</i>	2	2	1	2	1	3	1	2	2	2	3	3	2	3	29
<i>M. halliana</i>	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	34
<i>Malus</i>															
<i>M. niedzwetzkyana</i>	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	32
<i>Gr. cult. Domesticae</i>															
<i>M. ×purpurea</i>	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	33
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	30
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	2	2	2	2	3	3	3	2	1	2	2	3	2	2	31
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	31

Декоративність рослин *M. floribunda*, *M. toringoides*, *M. coronaria* 'Red Tip', *M. baccata*, *M. halliana*, *M. ×purpurea* та її сортів 'Ola', 'Royalty', 'Selkirk' була оцінена як висока (29–42 бали), *M. trilobata*, *M. tschonokii* та *M. fusca* — середня (15–28 балів).

У роботах по озелененню вирішальне значення має правильний підбір та використання деревних рослин, тобто дерев і кущів, так як трав'янисті рослини — квітки та газонні трави є лише необхідним доповненням до дерев та кущів, а найбільше значення мають листопадні дерева і кущі, які підвищують інтерес до пейзажу сезонними змінами кольору листя, а також створюють художній контраст с темно-зеленими хвойними (Колесников, 1974; Рубцов, 1977).

Багатство декоративних властивостей деревних рослин та їхня здатність змінюватись в часі створює необмежені можливості для формування зовнішнього вигляду озелених територій. Враховуючи декоративні властивості, 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.

В. П. Кучерявий зазначає, що красивоквітучі яблуні рекомендують перш за все для паркових картин завширшки 20–50 м. Згідно класифікації види та сорти декоративної яблуні належать до садово-паркових рослин, які використовують для декорування окремих пейзажних картин, а також акцентування входів, відпочинкових майданчиків, місць відпочинку тощо. Разом з тим окремі види та сорти роду як красивоквітучі рослини відіграють провідну роль у певні періоди вегетації, так як вирізняються своїм цвітінням (Кучерявий, 2005). Зважаючи на невеликі розміри, декоративні яблуні входять до додаткового асортименту рослин для озеленення. Вони доповнюють садово-паркові композиції, відіграють роль у формуванні мікроландшафту, оформленні окремих ділянок житлової території, підкреслюють той чи інший елемент композиції — відносяться до садово-декоративного асортименту рослин.

При підборі рослин для тих чи інших композицій необхідно керуватися екологічним, фітоценотичним, систематичним та фізіономічним принципами (Рубцов, 1977). При визначенні складу рослин і розподілі їх по території

об'єкта перш за все повинні бути враховані умови росту, і лише після цього слід проводити роботи щодо декоративного поєднання видів. Л. І. Рубцов відмічав, що яблуні згідно екологічного принципу відповідають сухі прогалини серед дубових насаджень; глибокі чорноземи, деградовані чорноземи та сірі лісові суглинки. При створенні композицій зелених насаджень слід враховувати, що окремі види роду *Malus* в природі поширені в долинах рік — яблуня киргизів, яблуня гісарська, яблуня вузьколиста; на північних схилах — яблуня киргизів; на переважно сухих південних схилах — яблуня Сіверса; на кам'янистих схилах — яблуня гісарська (Соколов, 1954). Враховуючи фітоценотичні зв'язки, слід відмітити, що в насадженнях природного походження яблуня, груша, черемха, ліщина, калина, бересклет, липа, клен гостролистий та польовий є супутніми породами в дібровах. У природних ареалах, наприклад, я. киргизів утворює яблуневі ліси з грецьким горіхом та осикою; я. Сіверса — узлісся кленових лісів чи входить до складу чагарникових зарослей (розаріїв); я. гісарська росте разом з грецьким горіхом та чагарниками по долинах рік; я. Манчжурська в лісах Приморського краю росте разом із бархатом амурським, ясенем маньчжурським, глодами, кленом Гіннала, бузком амурським та іншими породами (Соколов, 1954). Згідно систематичного принципу найкраще поєднувати в композиціях дерева різних видів чи сортів одного роду, що буде забезпечувати концентрацію уваги на одній ділянці парку чи саду, підкреслювати загальні ознаки великої кількості форм та сортів одного і того ж роду та підсилювати ефектний вигляд усього ландшафту (Рубцов, 1974). В основу фізіономічного принципу покладено схожість рослин за зовнішнім виглядом, формою, текстурою та кольором.

Знання різноманіття декоративних властивостей видів та сортів *Malus* spp. рівнобіжно із забезпеченням екологічних потреб є необхідною передумовою для створення високо декоративних та стійких ландшафтних композицій із використанням декоративної яблуні.

## 6.2. Оцінка успішності інтродукції в умовах Правобережного Лісостепу України

Неодмінною умовою впровадження у зелені насадження, разом із плануванням щодо вирощування та забезпечення посадковим матеріалом, є всебічне дослідження еколого-біологічних характеристик: особливостей морфології генеративних і вегетативних органів рослин, їх росту та розвитку в умовах інтродукції, стійкості проти стресових чинників довкілля, збудників хвороб, шкідників тощо. Для зеленого будівництва важливі передусім декоративні характеристики як рослини загалом, так і окремих її органів, які повною мірою проявляються лише в таких умовах, які відповідають потребам рослин.

Під інтродукцією розуміють комплекс прийомів та методів введення нових видів рослин в культуру за межами природного ареалу. Оцінка успішності інтродукції деревних рослин, їх стійкості в нових умовах має важливе як теоретичне, так і практичне значення. Основні терміни, що закріпилися в теорії інтродукції є власне інтродукція, акліматизація та натуралізація. Інтродукція як перший етап акліматизації, за якого глибоких змін у природі організму не відбувається, здійснюється за допомогою пасивних методів (первинний відбір стійких, більш врожайних чи декоративних форм). Акліматизація рослин це — тривалий процес впровадження у культуру рослин як дикорослих, так і культурних рослин та їх пристосування до нових умов. У природі процес акліматизації проходить безперервно, рівнобіжно зі змінами клімату та певних екологічних чинників. Натуралізація — вищий ступінь акліматизації, коли рослини самостійно можуть розмножуватися і витримувати конкуренцію аборигенних видів (Кохно & Курдюк, 1994).

Відповідно до методу інтегральної цифрової оцінки успішності інтродукції П. І. Лапіна та С. В. Сідневої (1973) було використано сім основних показників: ступінь щорічного визрівання пагонів, зимостійкість, збереження габітусу рослин, здатність до утворення пагонів, регулярність



приросту пагонів, здатність до генеративного розвитку, способи розмноження досліджених рослин у районі інтродукції (табл. 6.2.1).

Таблиця 6.2.1

Оцінка успішності інтродукції рослин роду *Malus* в умовах  
Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (бали)

Вид / сорт	Ступінь щорічного визрівання пагонів	Зимостійкість	Габітус рослин	Пагоноутворююча здатність	Регулярність приросту пагонів	Здатність до генеративного розвитку	Можливі способи розмноження	Загальна сума балів	Група перспективності
<i>Eriolobus</i>									
<i>M. trilobata</i>	10	25	10	3	5	20	3	76	II — перспективні
<i>Docyniopsis</i>									
<i>M. tschonokii</i>	10	25	10	3	5	20	7	80	II — перспективні
<i>Sorbomalus</i>									
<i>M. floribunda</i>	15	25	10	5	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>M. fusca</i>	15	25	10	5	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>M. toringoides</i>	15	25	10	3	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>Chloromeles</i>									
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	15	25	10	3	5	25	3	86	II — перспективні
<i>Gymnomeles</i>									
<i>M. baccata</i>	15	25	10	5	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>M. halliana</i>	15	25	10	5	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>Malus</i>									
<i>M. niedzwetzkyana</i>	15	25	10	3	5	25	7	90	II — перспективні
<i>Gr. cult. Domesticae</i>									
<i>M. ×purpurea</i>	15	25	10	5	5	25	7	92	I — цілком перспективні
<i>M. ×purpurea</i> 'Ola'	15	25	10	3	5	25	3	86	II — перспективні
<i>M. ×purpurea</i> 'Royalty'	15	25	10	3	5	25	3	86	II — перспективні
<i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'	15	25	10	3	5	25	3	86	II — перспективні

Шкала перспективності оцінюється у балах та поділяється на 6 груп: I – цілком перспективні (91–100), II – перспективні (76–90), III – менш

перспективні (61–75), IV – малоперспективні (41–60), V – неперспективні (21–40), VI – абсолютно непридатні (5–20).

Для досліджених видів та сортів яблуні визначали акліматизаційне число, що є показником ступеня акліматизації та характеризує успішність інтродукції рослин, запропоноване М. А. Кохном (1968). Розраховували його як суму показників росту, генеративного розвитку, зимостійкості та посухостійкості *Malus* spp. (табл. 6.2.2). Акліматизаційне число 81...100 свідчить про повну ступінь акліматизації, 61...80 — добрий ступінь акліматизації, 41...60 — задовільна акліматизація; 21...40 — слабка акліматизація, до 20 — відсутність акліматизації (Кохно & Курдюк, 1994).

Таблиця 6.2.2

Акліматизаційне число *Malus* spp. в умовах Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України

Вид / сорт	Показник росту	Коефіцієнт вагомості	Показник генеративного росту	Коефіцієнт вагомості ознаки	Показник зимостійкості	Коефіцієнт вагомості ознаки	Показник посухостійкості	Коефіцієнт вагомості ознаки	Загальна сума балів	Ступінь акліматизації
<i>Eriolobus</i>										
<i>M. trilobata</i>	4	2	4	5	5	10	5	3	93	повний
<i>Docyniopsis</i>										
<i>M. tschonokii</i>	5	2	4	5	5	10	5	3	95	повний
<i>Docyniopsis</i>										
<i>M. floribunda</i>	5	2	5	5	5	10	4	3	97	повний
<i>M. fusca</i>	5	2	5	5	5	10	2	3	91	повний
<i>M. toringoides</i>	5	2	5	5	5	10	5	3	100	повний
<i>Chloromeles</i>										
<i>M. coronaria</i> 'Red Tip'	5	2	4	5	5	10	5	3	95	повний
<i>Gymnomeles</i>										
<i>M. baccata</i>	5	2	5	5	5	10	5	3	100	повний
<i>M. halliana</i>	5	2	5	5	5	10	4	3	97	повний
<i>Malus</i>										
<i>M. niedzwetzkyana</i>	5	2	5	5	5	10	4	3	97	повний
<i>Gr. cult. Domesticae</i>										
<i>M. × purpurea</i>	5	2	5	5	5	10	4	3	97	повний
<i>M. × purpurea</i> 'Ola'	4	2	4	5	5	10	5	3	93	повний
<i>M. × purpurea</i> 'Royalty'	5	2	4	5	5	10	5	3	95	повний
<i>M. × purpurea</i> 'Selkirk'	5	2	4	5	5	10	5	3	95	повний

Залучаючи рослини видів та сортів роду *Malus* до різних типів ландшафтних композицій Правобережного Лісостепу України слід враховувати індивідуальні декоративні особливості, оцінку успішності інтродукції та ступінь акліматизації (Конопелько, 2023а).

### **6.3. Інші галузі використання**

Залишки плодів яблуні, знайдені при розкопках найдавніших поселень свідчать, що від часу знайомства людини з яблунею 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, що знайшло своє відображення у всіх сферах життєдіяльності суспільства (Конопелько, 2020а). Свідченням зацікавленості первісної людини яблунею можна вважати знайдені археологами схематичні зображення плодів яблуні періоду палеоліту-мезоліту, що рівночасно з початком зародження мистецтва та є одним із його проявів (Reiss, 2015).

Вірогідно, найдавнішим напрямком використання *Malus* spp. є задоволення харчових потреб. Дикорослі яблука споживали або сирими, зазвичай після морозу чи перезрівання, або вареними, у варенні та випічці (Arnal-Olivares et al., 2017; Tardío et al., 2021). Наприклад, у центральних та північних прибережних Тихоокеанських районах Північної Америки плоди *M. fusca* переважно збирали цілим пучком, зберігали у воді чи жирі, і вживали в їжу переважно з еулахоновим жиром. Одні народи збирали плоди зеленими і зберігали доки вони не досягнуть, а інші збирали після перших морозів дуже м'які і коричневі, хоча й дещо перестиглі плоди з особливим смаком (Wyllie de Echeverria, 2013). Важливе місце займало виготовлення алкогольних напоїв: сидру, який отримували завдяки ферментації плодів, або інших напоїв, отриманих шляхом мацерації — замочування в алкоголі (Arnal-Olivares et al., 2017; Tardío et al., 2021). Наприклад, «patxaka» — алкогольний напій на основі анісового лікеру, який готують на півночі Іспанії (Arnal-Olivares et al., 2017). Яблука *M. sylvestris* та інших дрібноплодих видів

використовуються і дотепер для виробництва яблучного сиру, оцту, желе, джемів, а з листків та плодів можна робити чаї (Mustafa et al., 2018).

Окрім їжі для людей, дикорослі види *Malus* використовували раніше і дотепер як підщепи для декоративних та плодкових яблунь; запилювачі у промислових садах; у фітомеліоративних насадженнях та як лікарські засоби (Конопелько, 2016; Tardío et al., 2021).

Знайшла своє застосування в господарстві й деревина яблуні, яка має відмінні механічні характеристики, та придатна для виготовлення столярних виробів, невеликих інструментів, ложок, вилок, лопаток тощо (Arnal-Olivares et al., 2017).

Незважаючи на явне зменшення практики збирання дикорослих харчових та лікарських рослин, окремі напрямки їхнього використання набувають популярності. Так, невеличкі ринки центрально-європейських країн (Німеччина, Австрія, Словенія) пропонують численні місцеві продукти на рослинній основі, зокрема мармелад та лікери з дикорослих яблук (*M. sylvestris*), бузини, ожини, терену тощо (Pardo-de-Santayana et al., 2010).

Ймовірно, що разом із початком збору плодів яблуні та інших рослин для харчування, відбувалося відкриття їх корисних та лікувальних властивостей, на основі цих процесів зароджувалась медицина як одна із найдавніших галузей знань та форма суспільної практики тоді ще кам'яного віку, що було характерне для неандертальців (Конопелько, 2019; Капранов, 1989; Верхратський & Заблудовський, 1991; Бутило та ін., 2008). Ще давні легенди та міфи підкреслювали користь плодів, їх зовнішню красу і таємничу сутність, яка дарувала здоров'я і довголіття.

Про лікувальні властивості яблуні, зокрема її плодів та листків повідомляли ще славетні лікарі Стародавньої Греції та Риму, зокрема Гіппократ, Гален, Діоскорид, Авл Корнелій Цельс і багато інших, котрі застосовували плоди яблуні як дієтичний засіб, при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, діареї, залізодефіцитній анемії, а листки як протизапальний, сечогінний, потогінний засіб, а також при епідеміях.

Наприклад, Цельс вважав, що яблука це — продукт, який легко засвоюється організмом, вони допомагають при лихорадці, терпкі плоди мають охолоджуючий ефект, а спілі яблука та їх сік здатні лікувати запалення ясен. Дикорослі яблука разом з грушами, гранатами, айвою, горобиною та виноградним соком входили до складу засобу, який використовували при діарейі.

У праці Абу Алі Ібн Сіні «Канон лікарської науки» (1012–1024 рр.), яка була основою вивчення медицини у середньовічних університетах, цілющим властивостям плодів та листків яблуні присвячена стаття 734 «Туффах». Авіценна рекомендував використовувати листки яблуні при гарячці, для обкурювання приміщень в період епідемії чуми (Сина, 1982). Як протиотруту при укусах скорпіонів він призначав засіб, що містив в рівних частинах листки яблуні з кислими яблуками, суху кульбабу, коріандр та інші складові. Відомий арабський цілитель Мухаммед Хусейн (Махзан-вул Адвія) у роботі «Скарбниця ліків» (1777 р.) зазначав, що плоди яблуні лікують серце, а листки сечовий міхур.

Яблуня з давніх-давен і до сьогодні популярна в тибетській медицині, зокрема у вигляді відварів та порошоків рекомендують використовувати плоди для покращення обміну речовин, при шлунково-кишкових та різних інфекційних хворобах.

У середземноморському регіоні плоди *M. trilobata* традиційно використовують для лікування холестерину, задишки, діабету та гіпертонії (Demircan et al., 2022).

У народній медицині слов'янських народів знайшли своє застосування плоди, квітки, листки рослин роду *Malus*, рідко застосовувались інші частини рослини. Солодкі плоди використовували для лікування запальних процесів горла («мигдаликів»), яблучне пюре – для зміцнення шлунку і попередження блювоти. Протизапальна властивість яблук використовується не лише для лікування внутрішніх органів, а й зовнішніх запальних процесів. Так, м'якоть свіжих яблук прикладають до обморожених та обпечених ділянок тіла, з цією

ж метою рекомендують яблучний сік (Потебня, 1890). Для швидкого заживання тріщин та подряпин на губах, сосках грудей і руках можна використовувати натерті яблука із жиром чи маслом як «помаду» (франц. *potte* – «яблуко»). Запечені із цукром яблука послаблюють кашель та «очищають груди», а запечені з шафраном рекомендували вживати 3 рази на день хворим на жовтяницю. При глистових захворюваннях та дизентерії допомагали запечені в тісті яблука кислих чи кисло-солодких сортів. Квашені яблука рекомендували при печії (Потебня, 1890).

В Фармакопєях СРСР, зокрема з I по VIII випуск була стаття *Fructus Mali Recentes* і стаття *Extractum Ferri Pomatum* (*Extractum Martis Pomatum s. Malatis Ferri*) — екстракт яблучно кислого заліза. З соку найкисліших плодів переважно дикорослих видів, в складі яких є яблучна та лимонна кислота, отримували настій яблучно кислого заліза — *Tinctura ferri pomati*, застосування якого на практиці підтверджено в Фармакопєях до VIII випуску. Слід зауважити, що у статтях Фармакопєй можна знайти не лише інструкцію по виготовленню вище зазначених препаратів, але й опис деяких дослідів щодо доброякісності та справжності цих засобів (Самылина и др., 2016).

Відвар з квіток яблуні та інших плодових використовували для купання малих дітей, щоб не було «вавок» (ран та виразок), вживали для лікування хвороб застудного характеру, особливо тих, що супроводжувалися кашлем (Болтарович, 1990).

Цілюща дія лікарських рослин, що зумовлює їх застосування в медичній практиці, залежить від вмісту в цих рослинах тих чи інших хімічних речовин. З літературних джерел відомо, що плоди яблуні домашньої містять до 12 % цукрів, органічні кислоти (яблучну, лимонну, винну тощо), пектини, ефірну олію, барвні й дубильні речовини, каротин, вітаміни B<sub>1</sub>, C, сполуки заліза й фосфору (Бутило та ін., 2008). Яблука – цінне джерело калію, необхідного для підтримки кислотно-лужного балансу, хорошої передачі нервових імпульсів і повноцінної роботи серця. Пектини яблук

захищають слизову оболонку травного тракту від шкідливих речовин, адсорбують їх та виводять назовні, тим самим покращуючи мікрофлору кишечника. Завдяки пектину знижується ймовірність розвитку раку товстої кишки. Дослідженнями встановлено, що вживання двох яблук в день знижує рівень холестерину на 16%, а вживання стільки ж яблук разом з маленькою або середньої голівкою цибулі і 4 чашками зеленого чаю, знижує ризик виникнення серцевого нападу на 32%. Фітонциди яблук активні щодо збудників дизентерії, золотистого стафілокока, вірусів грипу А. Шкірка плодів багата на флавоноїди. В насінні присутні жирна олія й глікозид амігдилін. Саме завдяки такому складу свіжі плоди й препарати рослини використовують як кровотворні, солевивідні, жовчогінні, проносні та протизапальні засоби й багаті на вітаміни продукти (Бутило та ін., 2008).

Листки яблуні містять флавоноїди, до 40 мг% аскорбінової кислоти, інші сполуки. До складу плодів яблуні лісової входять цукри, близько 1,9% органічних кислот (яблучна, лимонна, борна тощо), пектини, флавоноїди, антоціани, ефірна олія, сполуки заліза, фосфору, вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, Е (Бутило та ін., 2008). Слід зазначити, що на відміну від листя чаю, фенольні сполуки яблук не супроводжуються кофеїном та теоброміном, потреба в яких не завжди є доцільною для людини (Кисличенко та ін., 2016).

Дослідженням встановлено наявність в складі яблук протеїнів Mal d1, Mal d2, Mal d3, які є алергенами. Mal d1 — головний алерген яблука, який є неповним алергеном. Відомо, що у хворих із сенсibiliзацією до пилку берези виявлені алергічні реакції з алергеном яблука Mal d1. Проте ймовірність подібних харчових алергій дуже низька (Valerio et al., 2015).

Етнографічні матеріали народної медицини є важливим джерелом для виявлення нових раціональних медикаментозних методів та засобів лікування (Болтарович, 1990). З розвитком новітніх технологій переробки сировини, значущість рослин для медичної практики зростає, так як, кожній рослині притаманний широкий спектр лікувальної дії та своєрідний вітамінний комплекс, лікарські препарати рослинного походження порівняно

з синтетичними спричинюють менше побічних ефектів та алергічних реакцій, а при тривалому застосуванні не викликають звикання і розвиток гіпо- та авітамінозів (Бутило та ін., 2008).

Сучасні дослідження рослин роду *Malus* у медицині проводяться переважно закордоном і націлені на виявлення біологічно-активних речовин у плодах та листках яблуні, а також вивчення їх фармакологічної дії. Так, доведено антидіабетичну дію екстракту листків яблуні завдяки наявності флориздину, який присутній і в плодах. Проводилось вивчення антиоксидантної та гепапротекторної дії поліфенольного комплексу листків яблуні домашньої (Liaudanskas et al., 2014). Проте найвища антиоксидантна та антипроліферативна активність характерна для шкірки яблук, а сполуки, що містяться в ній можуть значно перешкоджати розвитку раку печінки і клітин раку товстої кишки (Wolfe et al., 2003). З антиоксидантною активністю тісно пов'язаний рівень холестерину в крові. Водні та спиртові екстракти плодів були ефективні проти бактерій, що підтверджено науковими дослідженнями (Patel et al., 2012, Lobo et al., 2018). Протизапальний ефект лікарської сировини яблуні доведено дослідженням впливу екстракту яблук на епітеліальні клітини шлунка людини *in vitro* та слизову оболонку шлунка у щурів. З'ясовано, що споживання яблук пов'язане зі зниженням ризику розвитку астми та зниженням бронхіальної гіперчутливості через вміст високої концентрації антиоксидантів, вітамінів, фенольної кислоти та флавоноїдів, які допомагають заспокоїти запалення в дихальних шляхах (Lobo et al., 2018).

В Україні відомі дослідження якісного складу листків яблуні та визначення кількісного вмісту основних груп біологічно активних речовин (Кисличенко та ін., 2016, Новосел, 2007). Встановлено, що листки яблуні є джерелом для отримання пектину та розроблено спосіб одержання пектину з її листків. Новизна досліджень підтверджена та захищена деклараційним патентом України на винахід № 75734 та деклараційним патентом України на корисну модель № 9940 (Новосел, 2007).



Враховуючи біологічну дію і забезпеченість сировинною базою, плоди, листки та інші частини рослин яблуні є перспективною сировиною для створення лікарських засобів (Конопелько, 2019).

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

Враховуючи індивідуальні декоративні характеристики, досліджені види та сорти *Malus* заслуговують на широке використання у ландшафтних композиціях: як солітери; в складі груп, куртин, масивів, узлісь, моносадів; при формуванні алеї та рядових посадок; у живоплотах та фігурних насадженнях. Залучати рослини роду *Malus* для озеленення населених місць Правобережного Лісостепу України необхідно передусім із врахуванням екологічних потреб та згідно узагальненої оцінки перспективності досліджених видів та сортів, що забезпечуватиме високу декоративність, стресостійкість та довговічність зелених насаджень.

Довготривала історія використання представників роду *Malus* людиною для харчування, лікування, озеленення житла та інших потреб надає додаткові докази культурного значення яблуні та окреслює перспективи використання. Тому багатогранне внутрішньородове різноманіття *Malus* слід розглядати як цінний об'єкт для широкого кола наукових досліджень не лише плодових, а й дрібноплодих форм, які наразі лише набувають популярності.

При написанні даного розділу використано наступні посилання:

1. 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.
2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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>

6. Конопелько, А. В. (2023a). 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.

## 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 підщепках 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  $\beta$ -ІОК. Додавання до живильного середовища  $\frac{1}{2}$  МС та 0,3 мг/л  $\beta$ -ІМК сприяло укоріненню 70,00% мікропагонів *M. ×purpurea*, 0,7 мг/л  $\beta$ -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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Александрова, М. С., Булыгин, Н. Е., & Ворошилов, В. Н. (1975). *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. Москва: ГБС АН СССР, 27 с.
2. Артюшенко, З. Т., & Федоров, А. А. (1986). *Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод*. Ленинград: Наука, 392 с.
3. Артюшенко, З. Т. (1990). *Атлас по описательной морфологии высших растений. Семя*. Ленинград: Наука, 204 с.
4. Атраментова, Л. О., & Утєвська, О. М. (2007). *Біометрія*. Харків: Ранок, 176 с.
5. Атраментова, Л. О., & Утєвська, О. М. (2014). *Статистика для біологів*. Харків: НТМТ, 331 с.
6. Белокурова, В. Б. (2010). Методи біотехнології в системі заходів зі збереження біорізноманіття рослин. *Цитология и генетика*, (3). С. 58–72.
7. Билык, Е. В. (1993). *Размножение древесных растений стеблевыми черенками и прививкой*. Київ: Наукова думка, 92 с.
8. Болтарович, З. Є. (1990). *Народна медицина українців*. Київ: Наукова Думка, 229 с.
9. Бородина, Н. А., Некрасов, В. И., Некрасова, Н. С., Петрова, И. П., Плотникова, Л. С., Смирнова, Н. Г. (1966). *Деревья и кустарники СССР* / [под ред. П. И. Лапина]. Москва: Мысль, 637 с.
10. Бутило, М. Д., Дениско, С. І., Дениско, І. Л. (2008). *Лікарські рослини Лісостепу України, їх раціональне використання і збереження*. Умань: Уманське ВПП, 688 с.
11. Буюн, Л. І. (2013). Особливості систем репродукції в орхідних. *Інтродукція рослин*, 2. С. 29–39.
12. Вайнагий, И. В. (1974). О методике изучения семенной продуктивности растений. *Ботан. журнал*, 59 (6). С. 826–831.
13. Васильченко, И. Т. (1950). Всходы деревьев и кустарников СССР. *Тр. БИН АН СССР, сер. I, Флора и систематика высших растений*, 9.

14. Верхратський, С. А., Заблудовський, П. Ю. (1991). *Історія медицини*. Київ: Вища школа, 431 с.
15. Гончаровська, І. В., Кузнецов, В. В., Галушко, В. М., & Антонюк, Г. О. (2017). Посухостійкість гібридів яблуні з участю сорту Видубицька плакуча в умовах Лісостепу України. *Інтродукція рослин* (3). С. 88–94.
16. Гончаровська, І. В. (2019). Представники роду *Malus* Mill. в Правобережному Лісостепу України: Біоморфологічні та декоративні особливості, використання: *дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук*. Київ. 252 с.
17. ГОСТ 13056.6. 97. (1998). *Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести*. [Введ. 01.07.1998]. Минск: Межгос. совет по станд., метр. и сертиф., 27 с.
18. ГОСТ 13056.8. 97. (1999). *Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности*. [Введ. 01.01.1999]. Киев: Госстандарт Украины, 11 с.
19. Гулько, І. П. (1992). *Клонові підщепи яблуні*. Київ: Урожай, 160 с.
20. Дехтяров, В. (2014). Онтогенетична структура популяцій *Fraxinus excelsior* у Кролевецько-Глухівському геоботанічному районі. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки: Біологічні науки*, (13). С. 36–39.
21. ДСТУ 5036:2008 (2009). *Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості*. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Держспоживстандарт України, 45 с.
22. Ермаков, Б. С. (1981). *Размножение древесных и кустарниковых растений зеленым черенкованием*. Кишинев: Штиинца, 220 с.
23. Зеров, Д. К. (Ред.) (1957). *Флора Української РСР: у 12 т.* Київ: Вид-во АН УРСР, т. 8, 544 с.



24. Зиман, С. М., Гродзинський, Д. М., Булах, О. В. (2011). *Латинсько-Англо-Російсько-Український словник термінів з морфології та систематики судинних рослин*. Київ, 281 с.
25. Зиман, С. М., Мосякін, С. Л., Булах, О. В., Царенко, О. М., Фельбаба-Клушина, Л. М. (2004). *Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин*. Ужгород: Медіум, 156 с.
26. Иванова, З. Я. (1967). *Бологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками*. . Київ: Наук. думка, 288 с.
27. Іванюта, С. П., Коломієць, О. О., Малиновська, О. А., & Якушенко, Л. М. (2020). *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь*. Київ: НІСД. 110 с.
28. Калініченко, О. А. (2003). *Декоративна дендрологія: навч. посіб.* Київ: Вища шк., 199 с.
29. Капранов, В. (1989). *Мудрость веков (Древняя таджикская медицина о сохранении здоровья)*. Душанбе: Ирфон, 304 с.
30. Києнко, З. Б., Матус, В. М., Павлюк, Н. В., Баликіна, В. В. (2016). *Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні* Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю. 85 с.
31. Києнко, З. Б., Матус, В. М., Павлюк, Н. В., Барбан, О. Б. (2017). *Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні*. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю. 129 с.
32. Кисличенко, В. С., Омельченко, З. І., Новосел, О. М. (2016). *Перспективи створення нового лікарського засобу на основі БАР яблук // Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин: мат-ли II Міжнарод. наук.-практичної internet-конференції*. [Ред.: Т.М. Гонтова та ін.]. Харків: НФаУ. С. 125–127.

33. Клименко, С. В. (2013). Декоративные плодовые растения для городского озеленения. *Роль ботаничних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій: матеріали Міжнародної наукової конференції (28–31 трав. 2013 р.)* / [Гол. ред. В. Г. Радченко]. Київ: НЦЕБМ НАН України. С. 26–29.
34. Колдар Л.А., Оксантик В. М. (2020). Роль фітогормонів в індукції морфогенезу експлантатами *Calycanthus floridus* L. за розмноження *in vitro*. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 16. P. 87–96. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.16.2020.219819>
35. Колесников, А. И. (1974). *Декоративная дендрология*. Москва: Лесная промышленность, 615 с.
36. Колесніченко О.В., Слюсар С.І., Якобчук О.М. (2008). *Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України*. 55 с.
37. Конопелько, А. В. (2016). Використання генетичного потенціалу роду *Malus* Mill. (яблуня) для декоративного садівництва. *Селекційно-генетична наука і освіта: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої світлій пам'яті Федора Микитовича Парія (16–18 березня 2016 року)*. Умань: Сочінський. С. 144–148.
38. 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.
39. Конопелько, А. В. (2018). Якість пилку представників роду *Malus* Mill. як показник репродуктивних особливостей та адаптивності рослин. *Ландшафтна архітектура в ботаничних садах і дендропарках: матеріали X міжнародної наукової конференції (12–15 червня 2018 року)*. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В.. С. 176–181.
40. 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-річниці від дня народження Чарльза Дарвіна (3–6 липня 2019 року) / [Редкол.: І. С. Косенко (відп. Ред.) та ін.]. Умань: Сочінський. С. 113–124.

41. Конопелько, А. В. (2020а). 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.

42. Конопелько, А. В. (2020в). 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>

43. 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.

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

45. Конопелько, А. В. (2021в). 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>

46. Конопелько, А. В. (2022а). 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.

47. Конопелько, А. В. (2022в). 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», 3 березня 2022 р., с. Крути, Чернігівська обл.). ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т., Обухів: ФОП Гуляєва В.М., Т. 2. С. 200–206.

48. Конопелько, А. В. (2022с). 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.

49. Конопелько, А. В. (2023а). 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.

50. Конопелько, А. В. (2023в). 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.

51. Конопелько, А. В. (2023с). 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.

52. Конопелько, А. В. (2023д). 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.

53. Косаківська, І. В. (2003). *Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів*. Київ: Сталь, 192 с.

54. Косаківська, І. В., Войтенко, Л. В., Васюк, В. А., Веденичова, Н. П., Бабенко, Л. М., & Щербатюк, М. М. (2019). Фітогормональна регуляція проростання насіння. *Физиология растений и генетика*, 51(3). С. 187–206. <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.187>

55. Косенко, І. С. (2002). *Ліщини в Україні*. Київ: Академперіодика, 266 с.

56. Косенко, І. С. (2003). *Дендрологічний парк «Софіївка»*: монографія, 240 с.

57. Кохно, Н. А., & Курдюк, А. М. (1994). *Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине*. Київ: Наукова думка, 188 с.

58. Крылова, В. В. (1981). *Эмбриология яблони*. Кишинев: Штиинца, 148 с.

59. Кунах, В. А. (2005). *Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи*. Київ: Логос, 730 с.

60. Кунах, В. А. (2008). Біотехнологія рослин для поліпшення умов життя людини. *Biotechnologia Acta*, 1(1). С. 28–39.

61. Кучер, Н. М. (2018). Представники роду *Pyrus* L.: історія культивування та використання. *Етноботанічні традиції в агрономії*,

*фармації та садовому дизайні: матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої року культурної спадщини у Європі (4–7 липня 2018 року) / [Редкол.: І. С. Косенко (відп. ред.) та ін.]. Умань: Сочінський, С. 160–167.*

62. Кучерявий, В. П. (2008). *Озеленення населених місць: підручник*. Л.: Світ, 456 с.

63. Кушніренко, М. Д., Курчатова, Г. П., Крюкова, Е. В. (1975). *Методы оценки засухоустойчивости плодовых растений*. Кишинев: Штиинца. С 7–9.

64. Кушнір, Г. П. & Сарнацька, В. В. (2005). *Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика*. Київ: Наук. думка, 270 с.

65. Куян, В. Г. (1998). *Плодівництво*. Київ: Аграрна наука, 472 с.

66. Куян, В. Г. (2009). *Плодівництво*. Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 480 с.

67. Лангенфельд, В. Т. (1991). *Яблоня. Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика*. Рига: Зинатне, 234 с.

68. Лапин, П. И., & Сиднева, С. В. (1973). *Оценка перспективности интродукции древесных растений. Опыт интродукции древесных растений*. М.: Изд. Главн. бот. Сада АН СССР. С. 7–67.

69. Левина, Р. Е. (1981). *Репродуктивная биология семенных растений: (Обзор проблемы)*. Москва: Наука, 96 с.

70. Левина, Р. Е. (1987). *Морфология и экология плодов*. Ленинград: Наука, 160 с.

71. Ліпінський, В. М., Дячук, В. А., Бабіченко, В. М. (ред.). (2003). *Клімат України*. Київ: Видавництво Раєвського, 343 с.

72. Мацкевич, В. В. (2020). *Мікроклональне розмноження видів рослин in vitro та їх постасептична адаптація. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. с.-г. наук*. Суми. 57 с.

73. Маринич, О. М., & Шищенко, П. Г. (2005). *Фізична географія України*. Київ: Знання, 512 с.

74. Меженський, В. М. (2007). Уніфікування шкал оцінок, що застосовуються при інтродукції деревних рослин. *Інтродукція рослин*, (4), 26–37.
75. Меженський, В. М., & Меженська, Л. О. (2015). *Формування колекції та удосконалення методів добору нетрадиційних плодових і декоративних культур*. Київ: Компринт, 480 с.
76. Меженський, В. М., & Меженська, Л. О. (2017). *Систематика і класифікація плодових культур*: монографія. Київ: Ліра, 636 с.
77. Меженський, В. М., & Меженська, Л. О. (2019). *Систематика і класифікація плодових культур*. Київ: Ліра, 559 с.
78. Меженська, Л. О., & Меженський, В. М. (2013). *Рід Глід (Crataegus L.) в Україні: інтродукція, селекція, еколого-біологічні особливості*. Київ: Компринт, 234 с.
79. Міжнародна еталонна шкала кольорів — The Royal Horticultural Society (RHS). URL: [flower-lover.narod.ru/RHS.htm](http://flower-lover.narod.ru/RHS.htm). (Accessed 16 August 2023).
80. Монке, С. Ю., Петренко, А. І., Кузнець, Т. В., Карасевич, А. О., Кривошея, В. В., Кривошея, І. І. (2001). *Нарис історії Уманицини (з найдавніших часів до 60-х років ХХ століття)*. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 266 с.
81. Молчанов, А. А. & Смирнов, В. В. (1967). *Методика изучения прироста древесных растений*. Москва: Наука, 95 с.
82. Мороз, П. І., Лукіянець, В. Л., Косенко, І. С., Мороз, О. К. (1996). *Природа Черкащини: стан, проблеми раціонального природокористування та охорони в контексті виживання*. Миколаїв: АТ «СІМАО», Одеса: ОКФА, 400 с.
83. Николаева, Г. М., Разумова, М. В., Гладкова, В. Н. (1985). *Справочник по проращиванию покоящихся семян*. Ленинград: Наука, 348 с.
84. Новосел, О. М. (2007). Фармакогностичне вивчення представників родів *Malus* та *Pyrus*: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фармац. наук. Київ. 20 с.

85. Опалко, А. І., Яценко, А. О., Опалко, О. А., Мойсеченко, Н. В. (2004). *Селекція плодових і овочевих культур*. Київ: Науковий світ, 307 с.
86. Опалко, А. І., & Опалко, О. А. (2015). Проблеми і перспективи селекційно-генетичного вдосконалення яблуні (*Malus Mill.*). *Фактори експериментальної еволюції організмів*, 16. С. 141–146.
87. 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.
88. 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. *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*, (25). С. 137-145. <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2023-25/16>
89. Опалко, А. І., Косар, К. П., Опалко, О. А., Поліщук, К. В. (2017). Проблеми класифікації інтродукованих плодово-декоративних рослин. *Сучасний стан та гармонізація назв культурних рослин у системі UPOV: мат-ли міжнарод. наук.-практичної конференції (13 жовтня 2017 р., м. Київ) / М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця: Нілан-ЛТД*. С. 39–42.
90. Опалко, А. І. & Опалко, О. А. (2019а). Біотичне різноманіття як основа життєздатності рослинних популяцій. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, (15). С. 77–98. <https://doi.org/10.37555/.15.2019.184904>
91. Опалко, А. І. & Опалко, О. А. (2019в). Стратегія збереження *ex situ* деревних рослин залежно від особливостей їхньої репродуктивної біології. *Стратегія збереження рослин у ботанічних садах та дендропарках: мат. між нар. наук. конф. (25–27 лютого 2019 року)*. [відп. ред. Н. В. Заіменко]. С. 240–241
92. Опалко, О. А. (2003). Регенераційна здатність сортів, гібридних сіянців, клонових підщеп і декоративних форм яблуні в зв'язку з їхніми



господарськими властивостями: *дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук.* Умань. 237 с.

93. Опалко, О. А. (2005). Декоративні представники роду *Malus* Mill. у Національному дендропарку «Софіївка». *Автохтонні та інтродуковані рослини України, (1)*. С. 312–320.

94. Опалко, О. А. (2010). Формування, морфологія і пилкова продуктивність мікроспорофілів представників роду *Malus* Mill. *Автохтонні та інтродуковані рослини, б.* С. 30–36.

95. Опалко, О. А. (2015). Декоративні форми *Malus purpurea* у колекції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. *Актуальні проблеми садово-паркового мистецтва: матер. Міжнародної наукової конференції (Умань, 27–28 травня 2015 р.)*. Умань: УНУС; НДП «Софіївка» НАН України. С. 21–24.

96. Опалко, О. А., & Небиков, М. В. (2008). Мікроклональне розмноження *Malus niedzwetzkyana* Dieck. *Запорожский медицинский журнал, 2 (2)*. С. 138–138.

97. Опалко, О. А., Черненко А.Д., Опалко, А. І. (2012). Філогенетичні зв'язки культивованих в Україні представників роду *Malus* Mill. *Інтродукція рослин, 1*. С. 16–23.

98. Паршикова, Т. В. (ред.) (2010). Фізіологія рослин: практикум. Луцьк: Терен, 420 с.

99. Подгаєцький, А. А., Мацкевич, В. В., Подгаєцький, А. Ан. (2018). *Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія*. Біла Церква: БНАУ, 209 с.

100. Поликарпова, Ф. Я. (1990). *Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками*. Москва: Агропромиздат, 96 с.

101. Поликарпова, Ф. Я. & Пилюгина, В. В. (1991). *Выращивание посадочного материала зеленым черенкованием*. Москва: Росагропромиздат, 98 с.

102. Потебня, А. А. (1890). Малорусские домашние лечебники

XVIII в. *Киевская старина*, 1–3.

103. Пономаренко, В. В. (1992). Дикорастущие виды *Malus* Mill. Европы, Кавказа, Сибири и Средней Азии: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. СПб. 46 с.

104. Руденко, Л. Г. (наук. ред.), Бочковська, А. І., Козаченко, Т. І., Пархоменко, Г. О., Разов, В. П. (2007а). Геоботанічне районування. *Національний атлас України: наукові основи створення та їх реалізація* / наук. ред. колегія Л. Г. Руденко (голова) та ін. Київ: Академперіодика. С. 196–197.

105. Руденко, Л. Г. (наук. ред.), Бочковська, А. І., Козаченко, Т. І., Пархоменко, Г. О., Разов, В. П. (2007б). Фізико-географічне районування. *Національний атлас України: наукові основи створення та їх реалізація* / наук. ред. колегія Л. Г. Руденко (голова) та ін. Київ: Академперіодика. С. 288–229.

106. Рубцов, Л. И. (отв.ред.) (1974). *Деревья и кустарники. Покрытосеменные*. Київ: Наук. думка, 593 с.

107. Рубцов, Л. И. (1977). *Деревья и кустарники в ландшафтной архитектуре*. Київ: Наук. думка, 272 с.

108. Сина, А. А. И. (1982). *Канон врачебной науки*. Второе изд, (5). / Пер. с арабского Ю. Н. Завадовского и С. М. Мирзаева. Ташкент: «Фан», 835 с.

109. Скляр, В. Г. (2013). Особливості онтогенетичного розвитку клена гостролистого в лісах Новгород-Сіверського Полісся. *Вісник Черкаського університету: Біологічні науки*, 2. С. 115–120.

110. Скляр, В. Г., & Злобин, Ю. А. (2015). *Екологічна фізіологія рослин*. Суми: Університетська книга, 271 с.

111. Соколов, С. Я. (Ред.). (1954). *Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции: Покрытосеменные. Семейства Троходендроновые — Розоцветные.*( Т.3) Москва, Ленинград: АН СССР, 872 с.

112. Ткачик, С. О., Присяжнюк, О. І., Лещук, Н. В. (2017). *Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина*. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю. 119 с.
113. Трохимчук, А. І., Макарова, Д. Г. (2012). Фізіологічна посухостійкість перспективних сортів яблуні (*Malus domestica* Borkh.) в умовах Правобережної підзони західного Лісостепу України. *Садівництво*, 66. С. 230–234.
114. Федорончук М. М. (2022). Чекліст Флори України. 4: Родина Rosaceae (Rosales, Angiosperms). *Чорноморський ботанічний журнал*, 18(4). С. 305–349. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2022-18-4-1>
115. Хороших, О. Г., Хороших, О. В. (1999). Шкала комплексної оцінки декоративних ознак деревних рослин. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету. Дослідження, охорона та збагачення біорізноманіття*, 9 (9). С. 167–170.
116. Черевченко, Т. М., Лаврентьева, А. Н., & Иванников, Р. В. (2008). *Биотехнология тропических и субтропических растений in vitro*. Киев: Наукова думка, 560 с.
117. Черствін, В. О., Давидова, Н. І. (1973). *Збирання та зберігання насіння деревних і чагарникових порід*. Київ: Урожай, 96 с.
118. Швець, Л. С. (2011). Біоіндикація інтенсивності забруднення довкілля за показниками фертильності пилоквих зерен різних рослин. *Досягнення біології і медицини*, 17(1). С. 40–44.
119. Яременко, Л. М. (1964). Биологические особенности декоративных видов рода яблоня (*Malus* Mill.) и перспективы их использования: автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. Киев. 26 с.
120. Abdelhakim, L. O. A., Zhou, R., & Ottosen, C. O. (2022). Physiological responses of plants to combined drought and heat under elevated CO<sup>2</sup>. *Agronomy*, 12(10), 2526. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102526>
121. Aguiar, B., Vieira, J., Cunha, A. E., Fonseca, N. A., Iezzoni, A., van Nocker, S., & Vieira, C. P. (2015). Convergent evolution at the gametophytic self-

incompatibility system in *Malus* and *Prunus*. *PloS one*. 10 (5). P. 1–24.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126138>

122. Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2007). Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*. 88 (2). P. 271–281. <https://doi.org/10.1890/06-1017>

123. Aldasoro, J. J., Aedo, C., Navarro, C. (2005). Phylogenetic and phytogeographical relationships in Maloideae (Rosaceae) based on morphological and anatomical characters. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 50 (1). P. 3–32.

124. Ali, F., Qanmber, G., Li, F., & Wang, Z. (2022). Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. *Journal of Advanced Research*, 35. P. 199–214. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.03.011>

125. Amirchakhmaghi, N., Hosseinpour, B., & Yousefzadeh, H. (2019). Development of a micropropagation protocol for *Malus orientalis* using axillary buds. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55. P. 625–634. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09992-4>

126. Amissah, J. N., Paolillo, D. J., & Bassuk, N. (2008). Adventitious root formation in stem cuttings of *Quercus bicolor* and *Quercus macrocarpa* and its relationship to stem anatomy. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(4). P. 479–486.

127. Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., ... & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical journal of the Linnean Society*, 181(1). P. 1–20.

128. Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African journal of agricultural research*, 6(9). P. 2026–2032. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.027>

129. Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55. P. 373–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>
130. Arnal-Olivares, A., Tardío, J., Lázaro, A. (2017) Traditional uses of the crab apple tree (*Malus sylvestris* Mill., Rosaceae) in Spain. *58 Annual meeting of the society for Economic Botany* (June 4–9, 2017). Bragança-Portugal. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28549.76005>
131. Atta, K., Singh, A. P., Adhikary, S., Mondal, S., & Dewanjee, S. (2022). Drought Stress: Manifestation and Mechanisms of Alleviation in Plants. In M. Eyvaz, A. Albahnasawi, M. Tekbaş, & E. Gürbulak (Eds.) *Drought-Impacts and Management* (pp. 1–22). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102780>
132. Aung, B., Gao, R., Gruber, M. Y., Yuan, Z. C., Sumarah, M., & Hannoufa, A. (2017). MsmiR156 affects global gene expression and promotes root regenerative capacity and nitrogen fixation activity in alfalfa. *Transgenic research*, 26(4). P. 541–557. <https://doi.org/10.1111/pce.13983>
133. Baharvandi, S., Alvaninejad, S., & Balouchi, H. R. (2020). Effect of cold stratification and gibberellic acid on seed germination of wild pear (*Pyrus glabra* L.) from two different provenances. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 28(1). P. 161–172. <https://doi.org/10.22092/IJRFPGR.2020.341560.1358>
134. Bakhtaulova, A. S., Oksikbayev, B. K., Kanagatov, Z. Z., & Dzhankuldukova, A. Z. (2015). Study of histostructure of ray parenchyma and rooting ability of Sievers apple (*Malus sieversii*) endemic species in green cutting. *Oecologia Montana*, 24(2). P. 70–73.
135. Bakhtaulova, A. S. (2020). Technology of *Malus sieversii* softwood cutting. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548(7), 082023.

136. Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*, 5, 1554. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
137. Beckerman J., Chatfield J., Draper E. (2009). A 33-year Evaluation of Resistance and Pathogenicity in the Apple Scab — crabapples Pathosystem. *HortScience*, 44 (3) P. 599–608. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.3.599>
138. Belfanti, E., Silfverberg-Dilworth, E., Tartarini, S., Patocchi, A., Barbieri, M., Zhu, J., ... & Sansavini, S. (2004). The HcrVf2 gene from a wild apple confers scab resistance to a transgenic cultivated variety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(3). P. 886–890. <http://dx.doi.org/10.1073pnas.0304808101>
139. Blum, A. (2011). Drought resistance and its improvement. In A. Blum (Eds.) *Plant Breeding for Water-Limited Environments* (pp. 53–152). New York: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4_3)
140. Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant, cell & environment*, 40(1). P. 4–10. <https://doi.org/10.1111/pce.12800>
141. Bramel, P. J., & Volk, G. M. (2019). A global strategy for the conservation and use of apple genetic resources. *Global Crop Diversity Trust: Bonn, Germany*, 50 p.
142. Chawla, H. (2011). *Introduction to plant biotechnology*. CRC Press, 760 p.
143. Campbell, C. S., Evans, R. C., Morgan, D. R., Dickinson, T. A., & Arsenault, M. P. (2007). Phylogeny of subtribe Pyrinae (formerly the Maloideae, Rosaceae): limited resolution of a complex evolutionary history. *Plant systematics and evolution*, 266 (1). P. 119–145.
144. Cho, K., Kim, J., Lee, J., Kwon, S., Paek, J., Shin, I., ... & Choi, I. (2014). Identification of self-incompatibility genotypes in apple and crabapple cultivars by S-allele specific PCR analysis. *Korean Journal of Breeding Science*. 46 (4). P. 364–371. <https://doi.org/10.9787/KJBS.2014.46.4.364>

145. Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogée, J., Allard, V., ... & Valentini, R. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, *437*(7058). P. 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>
146. Coart, E., Vekemans, X., Smulders, M. J., Wagner, I., Van Huylenbroeck, J., Van Bockstaele, E., & Roldán-Ruiz, I. (2003). Genetic variation in the endangered wild apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) in Belgium as revealed by amplified fragment length polymorphism and microsatellite markers. *Molecular ecology*, *12* (4). P. 845–857. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.01778.x>
147. Coates, D. J., & Dixon, K. W. (2007). Current perspectives in plant conservation biology. *Australian Journal of Botany*, *55*(3). P. 187–193.
148. Cornille, A., Gladieux, P., Smulders, M. J., Roldan-Ruiz, I., Laurens, F., Le Cam, B., ... & Gabrielyan, I. (2012). New insight into the history of domesticated apple: secondary contribution of the European wild apple to the genome of cultivated varieties. *PLoS genetics*, *8* (5). P. 1–13.
149. Cornille, A., Giraud, T., Smulders, M. J., Roldán-Ruiz, I., & Gladieux, P. (2014). The domestication and evolutionary ecology of apples. *Trends in Genetics*, *30*(2). P. 57-65.
150. Cubas, P. (2020). Plant seasonal growth: how perennial plants sense that winter is coming. *Current Biology*, *30*(1). P. R21–R23. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.11.044>
151. Cui, L., Xing, M., Xu, L., Wang, J., Zhang, X., Ma, C., & Kang, W. (2018). Antithrombotic components of *Malus halliana* Koehne flowers. *Food and Chemical Toxicology*, *119*. P. 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.049>
152. David-Schwartz, R., Stein, H., Raveh, E., Granot, D., Carmi, N., & Klein, T. (2019). Plant response to drought stress. *Stress Physiology of Woody Plants.* / Eds. W. Dai, Boca. Raton: CRC Press. Ch. 5. P. 93–131.
153. De Klerk, G. J., Van Der Krieken, W., & de Jong, J. C. (1999). Review the formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *35*(3). P. 189–199.

154. Debska, K., Krasuska, U., Budnicka, K., Bogatek, R., & Gniazdowska, A. (2013). Dormancy removal of apple seeds by cold stratification is associated with fluctuation in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NO production and protein carbonylation level. *Journal of plant physiology*, *170*(5). P. 480–488. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.11.018>
155. DeLong, C. N., Yoder, K. S., Combs, L., Veilleux, R. E., & Peck, G. M. (2016). Apple pollen tube growth rates are regulated by parentage and environment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *141*(6). P. 548–554.
156. Daviere, J. M., & Achard, P. (2013). Gibberellin signaling in plants. *Development*, *140*(6). P. 1147–1151. <https://doi.org/10.1242/dev.087650>
157. Demircan, H., Sarioğlu, K., Sağdic, O., Özkan, K., Kayacan, S., Us, A. A., & Oral, R. A. (2022). Deer apple (*Malus trilobata*) fruit grown in the Mediterranean region: identification of some components and pomological features. *Food Science and Technology*, *42*. <https://doi.org/10.1590/fst.116421>
158. Dickinson, T. A., Lo, E., & Talent, N. (2007). Polyploidy, reproductive biology, and Rosaceae: understanding evolution and making classifications. *Plant systematics and evolution*, *266* (1–2). P. 59–78. <https://doi.org/10.1007/s00606-007-0541-2>
159. Díaz-Sala, C. (2020). A perspective on adventitious root formation in tree species. *Plants*, *9*(12), 1789. <https://doi.org/10.3390/plants9121789>
160. Dirr, M. A. (2009). *Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation And Uses*. Stipes Pub Llc, 1325 p.
161. Dyakova, I. (2014). Pollen morphology of the genus *Malus* Mill. *Modern Phytomorphology*, *6*. P. 129–132.
162. Doud, S. L., & Carlson, R. F. (1977). Effects of Etiolation, Stem Anatomy, and Starch Reserves on Root Initiation of Layered *Malus* clones<sup>1</sup>. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *102*(4). P. 487–491.



163. Elansary, H. O., Szopa, A., Kubica, P., O. El-Ansary, D., Ekiert, H., & A. Al-Mana, F. (2020). *Malus baccata* var. *gracilis* and *Malus toringoides* bark polyphenol studies and antioxidant, antimicrobial and anticancer activities. *Processes*, 8(3), 283. <https://doi.org/10.3390/pr8030283>

164. Emeriewen, O. F., Richter, K., Piazza, S., Micheletti, D., Brogini, G. A., Berner, T., ... & Peil, A. (2018). Towards map-based cloning of FB\_Mfu10: identification of a receptor-like kinase candidate gene underlying the *Malus fusca* fire blight resistance locus on linkage group 10. *Molecular breeding*, 38(8). P. 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0863-5>

165. Engler, A. (1903). *Syllabus der pflanzenfamilien: eine ubersichtuber das gesamte pflanzensystem mit berucksichtigung der medizinal-und nutzpflanzen, nebst einer ubersicht uber die florenreiche und florengebiete der erde, zum gebrauch bei vorlesungen und studien uber spezielle und medizinisch-pharmazeutische botanik*, 223 p.

166. Evans, R. C., & Campbell, C. S. (2002). The origin of the apple subfamily (Maloideae; Rosaceae) is clarified by DNA sequence data from duplicated GBSSI genes. *American journal of botany*, 89 (9). P. 1478–1484.

167. Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M. Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D., & Huang, J. (2017). Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in plant science*, 1147. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>

168. Fallahi, E., Colt, W. M., Fallahi, B., & Chun, I. J. (2002). The Importance of Apple Rootstocks on Tree Growth, Yield, Fruit Quality, Leaf Nutrition, and Photosynthesis with an Emphasis on 'Fuji'. *HortTechnology*, 12(1). P. 38–44. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.1.38>

169. Fan, J., Zhang, W., Zhang, D., Wang, G., & Cao, F. (2019). Flowering Stage and Daytime Affect Scent Emission of *Malus ioensis* 'Prairie Rose'. *Molecules*, 24 (13). P. 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules24132356>

170. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 2009. P. 153–188. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
171. Forsline, P. L., Aldwinckle, H. S., Dickson, E. E., Luby, J. J., & Hokanson, S. C. (2003). Collection, maintenance, characterization, and utilization of wild apples of Central Asia. *Horticultural reviews-westport then New York*, 29. P. 1–62.
172. Forte A. V., Ignatov, A. N., Ponomarenko, V. V., Dorokhov, D. B., & Savelyev, N. I. (2002). Phylogeny of the *Malus* (apple tree) species, inferred from the morphological traits and molecular DNA analysis. *Russian Journal of Genetics*, 38(10). P. 1150-1161.
173. Gatsuk, L. E., Smirnova, O. V., Vorontzova, L. I., Zaugolnova, L. B., & Zhukova, L. A. (1980). Age states of plants of various growth forms: a review. *The Journal of Ecology*. P. 675–696.
174. Gerard, J. (1597). *The herbal or general history of plants*. London.
175. Goncharovska, I., Vladimyr, K., Antonyuk, G., Catalina, D. A. N., & Sestras, A. F. (2022). Flower and fruit morphological characteristics of different crabapple genotypes of ornamental value. *Notulae Scientia Biologicae*, 14(1), 10684. <https://doi.org/10.15835/nsb14110684>
176. Crandall, C. S. (1917). Seed production in apples. *Bulletin (University of Illinois (Urbana-Champaign campus). Agricultural Experiment Station)*, 203. 215 p.
177. Green, T. L. (1994). Results of the national crabapple evaluation program. *Plant Exploration, Tree Physiology, Breeding and Selection in Crabapples, Elms, Dogwoods, Oaks and Maples: Proceedings of the 8th METRIA Conference (June 22–25, 1994)*. Washington. P. 7–14
178. Griffin, J. J. (2005). *Flowering Crabapples*. Kansas State University, 8 p.

179. Grossman, J. J. (2023). Phenological physiology: seasonal patterns of plant stress tolerance in a changing climate. *New Phytologist*, 237(5). P. 1508–1524. <https://doi.org/10.1111/nph.18617>
180. Gornik, K., Grzesik, M., Janas, R., Zurawicz, E., Chojnowska, E., & Górska, R. (2018). The effect of apple seed stratification with growth regulators on breaking the dormancy of seeds, the growth of seedlings and chlorophyll fluorescence. *Journal of Horticultural Research*, 26(1). P. 37–44. <https://doi.org/10.2478/johr-2018-0004>
181. Guan, L., Murphy, A. S., Peer, W. A., Gan, L., Li, Y., & Cheng, Z. M. (2015). Physiological and molecular regulation of adventitious root formation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(5). P. 506–521. <https://doi.org/10.1080/07352689.2015.1090831>
182. Hansen, H.C. (1927). Plant introductions. *South Dakota Agricultural Exp. Sta. Bull.* 224 p.
183. Hansen, P. (1971). <sup>14</sup>C studies on apple trees. VII. The early seasonal growth in leaves, flowers and shoots as dependent upon current photosynthates and existing reserves. *Physiologia Plantarum*, 25(3). P. 469–473. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1971.tb01475.x>
184. Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Robert, L. (2009). Propagation of Ornamental Trees. *Shrubs, and Woody Vines*. P. 774–839.
185. Huang, D., Wang, Q., Zhang, Z., Jing, G., Ma, M., Ma, F., & Li, C. (2021). Silencing MdGH3-2/12 in apple reduces drought resistance by regulating AM colonization. *Horticulture research*, 8(1). P. 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00524-z>
186. Höfer, M., & Meister, A. (2010). Genome Size Variation in *Malus* Species. *Journal of Botany*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2010/480873>
187. Hussain, H. A., Hussain, S., Khaliq, A., Ashraf, U., Anjum, S. A., Men, S., & Wang, L. (2018). Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontiers in plant science*, 9(393). P. 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00393>

188. Ignatov, A., Bodishevskaya, A. (2011). *Malus*. In *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Springer, Berlin, Heidelberg. P. 45–64.
189. Iles, J. (2009). Crabapples... With No Apologies. *Arnoldia*, 67 (2). P. 2–13.
190. Imani, A., Rasouli, M., Tavakoli, R., Zarifi, E., Fatahi, R., Barba-Espin, G., & Martinez-Gomez, P. (2011). Optimization of seed germination in *Prunus* species combining hydrogen peroxide or gibberellic acid pre-treatment with stratification. *Seed Science and Technology*, 39(1). P. 204–207. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.1.18>
191. International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: adopted by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. (2001).
192. Itana, D. D. & Habib, Z. Y. (2022). In vitro micropropagation of apple (*Malus domestica*) through axillary buds and shoot apices culture. *International Journal of Zoology and Applied Biosciences*, 7(3). P. 1–7. <https://doi.org/10.55126/ijzab.2022.v07.i03.001>
193. Iqbal, M. S., Singh, A. K., & Ansari, M. I. (2020). Effect of drought stress on crop production. *New frontiers in stress management for durable agriculture*. P. 35–47. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1322-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1322-0_3)
194. IUCN (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3. URL: <https://www.iucnredlist.org> (Accessed 4 June 2022).
195. Janick, J., Cummins, J.N., Brown, S.K., Hemmat, M. (1996). *Apples. In Fruit Breeding. Vol. I: Tree and Tropical Fruits*. P. 1–77.
196. Jensen, P. J., Rytter, J., Detwiler, E. A., Travis, J. W., & McNellis, T. W. (2003). Rootstock effects on gene expression patterns in apple tree scions. *Plant molecular biology*, 53(4). P. 493–511.
197. Jia, X. M., Wang, H., Svetla, S., Zhu, Y. F., Hu, Y., Cheng, L., ... & Wang, Y. X. (2019). Comparative physiological responses and adaptive strategies of apple *Malus halliana* to salt, alkali and saline-alkali stress. *Scientia Horticulturae*, 245. P. 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.017>

198. Kalkman, C. (1988). The phylogeny of the Rosaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 98 (1). P. 37–59.
199. Karam, N. S., & Al-Salem, M. M. (2001). Breaking dormancy in *Arbutus andrachne* L. seeds by stratification and gibberellic acid. *Seed science and technology*, 29(1). P. 51–56.
200. Khan, N. A., Nazar, R., Iqbal, N., & Anjum, N. A. (Eds.). (2012). *Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants*. Springer Science & Business Media. 305 p.
201. Kleinschmit, J., Stephan, R., & Wagner, I. (1998). Wild fruit trees (*Prunus avium*, *Malus sylvestris* and *Pyrus pyraster*). *Noble Hardwoods Network; IPGRI/EUFORGEN Report of the Second Meeting (22–25 March 1997)*. Spain: Lourizan. P. 51–60.
202. Koltunow, A. M., Scott, N. S., & Chaudhury, A. M. (2000). The use of apomixis in cloning horticultural plants: current applications and molecular prospects. *IV International Symposium on In Vitro Culture and Horticultural Breeding*, 560. P. 333–343. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.560.64>
203. 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>
204. 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>
205. Korban, S.S. (2019). *The Pear Genome*. Springer. 315 p.
206. Kron, P., & Husband, B. C. (2009). Hybridization and the reproductive pathways mediating gene flow between native *Malus coronaria* and domestic apple, *M. domestica*. *Botany*, 87(9). P. 864–874. <https://doi.org/10.1139/B09-045>
207. Kumar, C., Singh, S. K., Pramanick, K. K., Verma, M. K., Srivastav, M., Singh, R., ... & Naga, K. C. (2018). Morphological and biochemical diversity

among the *Malus* species including indigenous Himalayan wild apples. *Scientia Horticulturae*, 233. P. 204–219. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.037>

208. Kumar, C., Singh, S. K., Verma, M. K., Pramanick, K. K., Srivastav, M., Kaur, S., & Kumar, R. R. (2022). Morpho-physio and anatomical characterization of the indigenous Himalayan crabapple: *Malus baccata* (L.) Borkh.(Rohru) and exotic *Malus pumila* Mill. for dwarfing traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 69(2). P. 645–659. [https://doi.org/10.1007/s10722-021-01250-0\(0123456789](https://doi.org/10.1007/s10722-021-01250-0(0123456789)

209. Larsen, A. S., & Kjær, E. D. (2009). Pollen mediated gene flow in a native population of *Malus sylvestris* and its implications for contemporary gene conservation management. *Conservation Genetics*, 10(6). P. 1637–1646. <https://doi.org/10.1007/s10592-008-9713-z>

210. Lee, S. Y., Park, K., Jang, B. K., Ji, B., Lee, H., Baskin, C. C., & Cho, J. S. (2022). Exogenous gibberellin can effectively and rapidly break inter mediate physiological dormancy of *Amsonia elliptica* seeds. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1043897. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1043897>

211. Lewak, S. (2011) Metabolic Control of embryonic dormancy in apple seed: seven decades of research. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33. P. 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0524-8>

212. Li, J. C., Liu, J. Q., & Gao, X. F. (2022). A revision of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae). *European Journal of Taxonomy*, 853, 1–127. <https://doi.org/10.5852/ejt.2022.853.2019>

213. Li Q. Y., Guo W., Liao W. B., Macklin J.A., Li J. H. (2012). Generic limits of Pyrinae: Insights from nuclear ribosomal DNA sequences. *Bot. Studies*, 53. P. 151–164.

214. Liaudanskas, M., Viškelis, P., Raudonis, R., Kviklys, D., Uselis, N., & Janulis, V. (2014). Phenolic composition and antioxidant activity of *Malus domestica* leaves. *The Scientific World Journal*, 2014, 306217. <https://doi.org/10.1155/2014/306217>

215. Lizárraga, A., Fraga, M., Ascasíbar, J., & González, M. L. (2017). *In vitro* propagation and recovery of eight apple and two pear cultivars held in a germplasm bank. *American Journal of Plant Sciences*, 8(9). P. 2238–2254. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89150>
216. Linnaei, C. (1753). *Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cummdifferentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas, 1.* Holmiae: Laurentii Salvii.
217. Lobo, A. R., Satish, S., Shabaraya, A. R. (2018). Review on pharmacological activities of *Malus domestica*. *International Journal of Pharma And Chemical Research*, 4 (4). P. 243–247.
218. Lu, Y. F., Zhang, L. R., Wang, Y. R., & Yao, Y. C. (2015). Establishment of an efficient in vitro plantlet regeneration system from leaf explants of ornamental crabapple (*Malus* spp.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(5). P. 585–592. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11668718>
219. Luckwill, L. C., Weaver, P., & MacMillan, J. (1969). Gibberellins and other growth hormones in apple seeds. *Journal of Horticultural Science*, 44(4). P. 413–424. <https://doi.org/10.1080/00221589.1969.11514325>
220. Marosz, A. (2009). Wartość dekoracyjna, użytkowa i przydatność do nasadzeń miejskich odmian jabłoni ozdobnych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka*, 17. S. 95–106.
221. Mehanna, H. T., Martin, G. C., & Nishijima, C. (1985). Effects of temperature, chemical treatments and endogenous hormone content on peach seed germination and subsequent seedling growth. *Scientia Horticulturae*, 27(1-2). P. 63–73.
222. Miller, Ph. (1741). *The gardeners dictionary*, ed. 2. London: Rivington, 556 p.

223. Ming-hao, C., Yun-gui, Z., Xiao-lin, L., Qiang, J., & Xiao-li, X. (1999). Studies on the floristic geography of *Malus toringoides*. *Journal of Southwest Agricultural University*, 21 (2). P. 130–136.
224. Mir, J. I., Ahmed, N., Singh, D. B., Sheemar, G., Hamid, A., Zaffar, S., & Shafi, W. A. J. I. D. A. (2016). Molecular identification of S-alleles associated with self incompatibility in apple (*Malus* spp.) genotypes. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86 (1). P. 78–81.
225. Mody, K., Eichenberger, D., & Dorn, S. (2009). Stress magnitude matters: different intensities of pulsed water stress produce non-monotonic resistance responses of host plants to insect herbivores. *Ecological Entomology*, 34(1). P. 133–143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2008.01053.x>
226. Mosyakin S. L. & Fedoronchuk N. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist*. Kiev: National Academy of Sciences of Ukraine M.G. Kholodny Institute of Botany. 345 p. <https://doi.org/10.13140/2.1.2985.0409>
227. Muñoz-Sanz, J. V., Zuriaga, E., Cruz-García, F., McClure, B., & Romero, C. (2020). Self-(in) compatibility systems: target traits for crop-production, plant breeding, and biotechnology. *Frontiers in plant science*, 11. Article 195. 24 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00195>
228. Mustafa, B., Nebija, D., Hajdari, A. (2018). Evaluation of essential oil composition, total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity of *Malus sylvestris* (L.) Mill. fruits. *Research*, 23. P. 71–85.
229. Nazeri, J. V. (2008). Pollen morphology of the genus *Malus* (Rosaceae). *Iranian Journal of Science & Technology*, 32 (A2). P. 89–97.
230. Nemeskeri, E., Kovacs-Nagy, E., Nyeki, J., & Sardi, E. (2015). Responses of apple tree cultivars to drought: carbohydrate composition in the leaves. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39 (6). P. 94–957. <https://doi.org/10.3906/tar-1409-154>
231. Nurtaza, A. S., Magzumova, G. K., Yessimseitova, A. K., Dyussebekova, D. A., Baktybay, B., Turganbayeva, A. K., Kakimzhanova, A. A.



(2019). Micropropagation for the conservation of rare and endangered *Malus niedzwetzkyana*. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2019(2). P. 121–131.

232. Nurtaza, A., Magzumova, G., Yessimseitova, A., Karimova, V., Shevtsov, A., Silayev, D., ... & Kakimzhanova, A. (2021). Micropropagation of the endangered species *Malus niedzwetzkyana* for conservation biodiversity in Kazakhstan. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 2021. P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11627-021-10174-4>

233. OECD (2019), «Consensus document on the biology of apple (*Malus domestica* Borkh.)». *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology*, No. 66, organisation for Economic Corporation and Development, Paris. 51 p. URL: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV-JM-MONO\(2019\)30%20&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV-JM-MONO(2019)30%20&doclanguage=en) (Accessed 1 September 2021).

234. 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). P. 00065 (1–5 p.). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400065>

235. Orcheski, B., & Brown, S. (2012). A grower’s guide to self and cross-incompatibility in apple. *New York Fruit Quart*, 20, 25–28.

236. Östberg, J., Martinsson, M., Stål, Ö., & Fransson, A. M. (2012). Risk of root intrusion by tree and shrub species into sewer pipes in Swedish urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(1). P. 65–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.001>

237. Palonen, P., Lettojärvi, I., Luoranen, J., Ruhanen, H., Rantanen, M., Haikonen, T., & Finni, S. (2021). Deacclimation and reacclimation of apple (*Malus* × *domestica* Borkh.), blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) and raspberry (*Rubus idaeus* L.) shoots and buds under controlled conditions. *Scientia Horticulturae*, 289, 110430. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110430>

238. Pardo-de-Santayana, M., Andrea, P., Puri, R. (Eds.). (2010). *Ethnobotany in the new Europe: people, health, and wild plant resources* (Vol. 14). Berghahn Books.

239. Parvin, P., Khezri, M., Tavasolian, I., & Hosseini, H. (2015). The effect of gibberellic acid and chilling stratification on seed germination of eastern black walnut (*Juglans nigra* L.). *Journal of nuts*, 6(01). P. 67–76. <https://doi.org/10.22034/JON.2015.515650>

240. Pasquali, G., Biricolti, S., Locatelli, F., Baldoni, E., & Mattana, M. (2008). Osmyb4 expression improves adaptive responses to drought and cold stress in transgenic apples. *Plant cell reports*, 27(2008). P. 1677–1686. <https://doi.org/10.1007/s00299-008-0587-9>

241. Patel, V., Kaswala, R., Chakraborty, M., & Kamath, J. V. (2012). Phytochemical and pharmacological profile of *Malus domestica*: an overview. *International Journal of Current Biomedical and Pharmaceutical Research*, 2(2). P. 334–338.

242. Pereira-Lorenzo, S., Fischer, M., Ramos-Cabrera, A. M., & Castro, I. (2018). Apple (*Malus* spp.) breeding: present and future. *Advances in plant breeding strategies: fruits*. Cham: Springer. P. 3–29. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_1).

243. Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., ... & Cornelissen, J. H. C. (2016). Corrigendum to: new handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of botany*, 64(8). P. 715–716. [https://doi.org/10.1071/BT12225\\_CO](https://doi.org/10.1071/BT12225_CO)

244. Piotto, B. & Di Noi, A. (2003). *Seed propagation of Mediterranean trees and shrubs*, 120 p.

245. Potter, D., Eriksson, T., Evans, R. C., Oh, S., Smedmark, J. E. E., Morgan, D. R., ... & Campbell, C. S. (2007). Phylogeny and classification of Rosaceae. *Plant systematics and evolution*, 266 (1–2). P. 5–43.

246. Pratas, M. I., Aguiar, B., Vieira, J., Nunes, V., Teixeira, V., Fonseca, N. A., ... & Vieira, C. P. (2018). Inferences on specificity recognition at the *Malus*×*domestica* gametophytic self-incompatibility system. *Scientific reports*, 8 (1). P. 1–17.
247. Pratt, C. (1988). Apple flower and fruit: morphology and anatomy. *Horticultural Reviews*, 10. P. 273–308.
248. Primack, R. B. (1987). Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Annual review of ecology and systematics*, 18(1). P. 409–430.
249. Pierik, R. L. M. (1997). *In vitro culture of higher plants*. Springer science & business media. 348 p.
250. Ping, M. A., & Bai, T. H. (2015). Effects of progressive drought on photosynthesis and partitioning of absorbed light in apple trees. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(4). P. 681–690. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60871-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60871-6)
251. Qian, G. Z., Liu, L. F. & Tang, G. G. (2006). A new section in *Malus* (Rosaceae) from China. *Ann. Bot. Fennici*, 43. P. 68–73.
252. Qian, G. Z., Liu, L. F., Hong, D. Y., & Tang, G. G. (2008). Taxonomic study of *Malus* section *Florentinae* (Rosaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 158 (2). P. 223–227.
253. Quan, X. H., Guo, Q., Li, X. P., Liang, Y., Cui, M. N., Li, J., ... & Li, B. (2020). *Malus toringoides* (Rehd.) Hughes Improves Metabolic Syndrome and Liver Injury in High-Fructose-Induced Mice. 17 p. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-89389/v1>
254. Raja, W. H., Yousuf, N., Qureshi, I., Sharma, O. C., Singh, D. B., Kumawat, K. L., ... & Mansoor, S. (2022). Morpho-molecular characterization and genetic diversity analysis across wild apple (*Malus baccata*) accessions using simple sequence repeat markers. *South African Journal of Botany*, 145. P. 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.020>
255. Ramírez, F., & Davenport, T. L. (2013). Apple pollination: a review. *Scientia Horticulturae*, 162. P. 188–203. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08>

256. Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., & Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of plant physiology*, 161(11). P. 1189–1202. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2004.01.013>
257. Rehder, A. (1949). *Manual of Cultivated Trees and Shrubs*. MacMillan, New York, NY, USA.
258. Reim, S., Proft, A., Heinz, S., Lochschmidt, F., Höfer, M., Tröber, U., & Wolf, H. (2017). Pollen movement in a *Malus sylvestris* population and conclusions for conservation measures. *Plant Genetic Resources*, 15 (1). P. 12–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002703>
259. Reiss, M. *Apple*. London: Reaktion Books, 2015. 224 p.
260. Richards, D. E., King, K. E., Ait-Ali, T., & Harberd, N. P. (2001). How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. *Annual review of plant biology*, 52(1). P. 67–88. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.67>
261. Rivers, M. C., Beech, E., Bazos, I., Bogunić, F., Buirra, A., Caković, D., ... & Allen, D. (2019). *European Red List of Trees*. Cambridge, UK and Brussels, Belgium: IUCN. VIII. 60 p. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.1.en>
262. Routson, K. J., Volk, G. M., Richards, C. M., Smith, S. E., Nabhan, G. P., & de Echeverria, V. W. (2012). Genetic variation and distribution of pacific crabapple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137(5). P. 325–332. <https://doi.org/10.21273/JASHS.137.5.325>
263. Ruhsam, M., Jessop, W., Cornille, A., Renny, J., & Worrell, R. (2019). Crop-to-wild introgression in the European wild apple *Malus sylvestris* in Northern Britain. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92 (1). P. 85–96. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy033>
264. Sax, K. (1931). The origin and relationships of the Pomoideae. *Journal of the Arnold arboretum*, 12(1). P. 3–22.

265. Schoen, D. J., Johnson, M. T., & Wright, S. I. (2019). The ecology, evolution, and genetics of plant reproductive systems. *The New Phytologist*, 224(3). P. 999–1004. <https://doi.org/10.1111/nph.16222>
266. Schweingruber, F. H., & Börner, A. (2018). *The plant stem: a microscopic aspect*. Springer, 207 p.
267. Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H., & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2), 259. P. 1–25. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>
268. Sestras, R. E., & Sestras, A. F. (2023). Quantitative traits of interest in apple breeding and their implications for selection. *Plants*, 12(4), 903. <https://doi.org/10.3390/plants12040903>
269. Sewelam, N., Kazan, K., & Schenk, P. M. (2016). Global plant stress signaling: reactive oxygen species at the cross-road. *Frontiers in plant science*, 7, 187. P. 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00187>
270. Sheffield, C. S., Smith, R. F., & Kevan, P. G. (2005). Perfect syncarpy in apple (*Malus* × *domestica* ‘Summerland McIntosh’) and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae). *Annals of Botany*, 95(4) . P. 583–591. <https://doi.org/10.1093/aob/mci058>
271. Sheick, R., Serra, S., De Franceschi, P., Dondini, L., & Musacchi, S. (2018). Characterization of a novel self-incompatibility allele in *Malus* and S-genotyping of select crabapple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 240. P. 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.050>
272. Shivanna, K. R. (2014). Biotic pollination: how plants achieve conflicting demands of attraction and restriction of potential pollinators. In *Reproductive Biology of Plants*. P. 218–267.
273. Singh, P., Gargi, B., Semwal, P., Mishra, J., & Thapliyal, A. (2023). Global research trends, publication characteristics and knowledge domains of plant

reproductive biology: A bibliometric and knowledge mapping analysis of 50 years. *Acta Ecologica Sinica*. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2023.08.010>

274. Sota, V., Benelli, C., Çuko, B., Papakosta, E., Depaoli, C., Lambardi, M., & Kongjika, E. (2021). Evaluation of ElectIS bioreactor for the micropropagation of *Malus sylvestris* (L.) Mill., an important autochthonous species of Albania. *Horticultural Science*, 48(1). P. 12–21. <https://doi.org/10.17221/69/2020-HORTSCI>

275. Spengler, R. N. (2019). Origins of the apple: the role of megafaunal mutualism in the domestication of *Malus* and rosaceous trees. *Frontiers in plant science*, 10. 18 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00617>

276. Steffens, B., & Rasmussen, A. (2016). The physiology of adventitious roots. *Plant physiology*, 170(2). P. 603–617. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01360>

277. Sun, J., Shi, S., Li, J., Yu, J., Wang, L., Yang, X., ... & Zhou, S. (2018). Phylogeny of Maleae (Rosaceae) based on multiple chloroplast regions: implications to genera circumscription. *BioMed Research International*, 2018. P. 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/7627191>

278. Tahir, M. M., Mao, J., Li, S., Li, K., Liu, Y., Shao, Y., ... & Zhang, X. (2022). Insights into factors controlling adventitious root formation in apples. *Horticulturae*, 8(4), 276. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040276>

279. Takhtajan, A. L. (2009). *Flowering plants*. N.Y.: Springer Science+Business Media, 871 p.

280. Tandon, R., Shivanna, K. R., & Koul, M. (Eds.). (2020). *Reproductive ecology of flowering plants: patterns and processes*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer. 423 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4210-7>

281. Tashev, A., & Petkova, K. (2009). Fruit and seed morphological peculiarities of the critically threatened *Eriolobus trilobatus* (Rosaceae). *Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation*, 2009. P. 55–58.

282. Teixeira da Silva, J. A., Gulyás, A., Magyar-Tábori, K., Wang, M. R., Wang, Q. C., & Dobránszki, J. (2019). *In vitro* tissue culture of apple and other

*Malus* species: recent advances and applications. *Planta*, 249 (4). P. 975–1006.  
<https://doi.org/10.1007/s00425-019-03100-x>

283. *The Paleobiology Database*. Retrieved from  
[https://www.paleobiodb.org/classic/basicTaxonInfo?taxon\\_name=Malus](https://www.paleobiodb.org/classic/basicTaxonInfo?taxon_name=Malus)

284. Töpel, M., Antonelli, A., Yesson, C., & Eriksen, B. (2012). Past climate change and plant evolution in western North America: a case study in Rosaceae. *PLoS One*, 7 (12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050358>

285. Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., ... & Smith, G. F. (eds.) 2018: *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books.  
<https://doi.org/10.12705/Code.2018>

286. Valerio, M., Gomes, R. S., Almeida, M., Gomes, A. M., Neves, A. M. (2015). Food Allergens-an Overview on Molecular Properties and Diagnosis. *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 3, 52–60.

287. Vallejo-Marín, M., Dorken, M. E., & Barrett, S. C. (2010). The ecological and evolutionary consequences of clonality for plant mating. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41. P. 193–213.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120258>.

288. Vishal, B., & Kumar, P. P. (2018). Regulation of seed germination and abiotic stresses by gibberellins and abscisic acid. *Frontiers in Plant Science*, 9(2018), 838. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00838>

289. Wang, H., Xu, Q., Chai, C., & Tu, B. (2010). Nutritional components of fruits and leaves of *Malus toringoides* and *Malus transitoria* in Western Sichuan. *Scientia Silvae Sinicae*, 46(8). P.157–161.

290. Wang, H., Song, C., Fang, S., Wang, Z., Song, S., Jiao, J., ... & Bai, T. (2022). Genome-wide identification and expression analysis of the ASMT gene family reveals their role in abiotic stress tolerance in apple. *Scientia Horticulturae*, 293, 110683. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110683>

291. Wang, S., Cai, X., Zhang, B., Wang, H., & Shang, F. (2020). Characterization of the complete chloroplast genome sequence of *Malus toringoides* (Rosaceae). *Mitochondrial DNA Part B*, 5(3). P. 2603–2604. <https://doi.org/10.1080/23802359.2020.1781572>
292. Wang, X., Feng, Z., Wang, D., Han, Y., Shen, X., & You, C. (2022). Chloroplast genome in *Malus floribunda* Siebold. *Sheng wu Gong Cheng xue bao= Chinese Journal of Biotechnology*, 38(10). P. 3713–3727. <http://dx.doi.org/10.13345/j.cjb.220131>
293. Wang, Z., Li, G., Sun, H., Ma, L., Guo, Y., Zhao, Z., Gao, H., & Mei, L. (2018). Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*, 7(11), bio035279. <https://doi.org/10.1242/bio.035279>
294. Wani, R. A., Malik, T. H., Malik, A. R., Baba, J. A., & Dar, N. A. (2014). Studies on apple seed germination and survival of seedlings as affected by gibberellic acid under cold arid conditions. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 3(3). P. 2010–2016.
295. Watt, F.S. (2003). *Painting with Crabapples: The Next Generation of Ornamental Display in New York City's Parks*. N.Y.: New York City Department of Parks and Recreation, 32 p.
296. Wolfe, K., Wu, X., & Liu, R. H. (2003). Antioxidant activity of apple peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(3). P. 609–614.
297. Wyllie de Echeverria, V. R. (2013). Moolks (Pacific crabapple, *Malus fusca*) on the North Coast of British Columbia: Knowledge and Meaning in Gitga'at Culture: *Doctoral dissertation*. University of Victoria, USA. 179 p.
298. Wyman, D. (1959). Crab apples of merit. *Arnoldia*, 19 (4). P. 15–22.
299. Xiaobo, Q. I. N., Bei, N. I. U., Lijuan, F. A. N., Zhang, G., Dongmei, H. U., Zhang, B., ... & Fei, Z. U. (2019). Study on callus induction and tissue culture regeneration system of *Malus toringoides*. *Medicinal Plant*, 10(5). P. 69–72.



300. Xie, X., He, Z., Chen, N., Tang, Z., Wang, Q., & Cai, Y. (2019). The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *BioMed research international*, 2019 (Special Issue), 9732325. P. 1–11. <https://doi.org/10.1155/2019/9732325>
301. Xiang, Y., Huang, C.H., Hu, Y., Wen, J., Li, S., Yi, T., Xiang, J., Ma, H. (2017). Evolution of Rosaceae fruit types based on nuclear phylogeny in the context of geological times and genome duplication. *Molecular biology and evolution*, 34 (2). P. 262–281. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw242>
302. Xu, Q., Wang, H., & Liu, S. (2011). Water use strategies of *Malus toringoides* and its accompanying plant species *Berberis aemulans*. *Shengtai Xuebao/Acta Ecologica Sinica*, 31(19). P. 5702–5710.
303. Xu, X., Li, X., Hu, X., Wu, T., Wang, Y., Xu, X., ... & Han, Z. (2017). High miR156 expression is required for auxin-induced adventitious root formation via MxSPL26 independent of PINs and ARFs in *Malus xiaojinensis*. *Frontiers in plant science*, 8, 1059. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01059>
304. Ye, B. B., Zhang, K., & Wang, J. W. (2020). The role of miR156 in rejuvenation in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of integrative plant biology*, 62(5). P. 550–555. <https://doi.org/10.1111/jipb.12855>
305. Yang, W., Liu, X. D., Chi, X. J., Wu, C. A., Li, Y. Z., Song, L. L., ... & Li, H. Y. (2011). Dwarf apple MbDREB1 enhances plant tolerance to low temperature, drought, and salt stress via both ABA-dependent and ABA independent pathways. *Planta*, 233(2). P. 219–229. <https://doi.org/10.1007/s00425-010-1279-6>
306. Yao, C., Li, X., Li, Y., Yang, G., Liu, W., Shao, B., ... & Han, D. (2022). Overexpression of a *Malus baccata* MYB Transcription Factor Gene MbMYB4 Increases Cold and Drought Tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3). P. 1794. <https://doi.org/10.3390/ijms23031794>
307. Yin, Z., Zhang, Y., Zhang, J., & Kang, W. (2017). Analysis of chemical constituents changing in physical process and nutritional components of

*Malus halliana* Koehne tea. *Journal of Food Quality*, 2017, 7950137. <https://doi.org/10.1155/2017/7950137>

308. Yu, N., Niu, Q. W., Ng, K. H., & Chua, N. H. (2015). The role of miR156/SPLs modules in *Arabidopsis* lateral root development. *The Plant Journal*, 83(4). P. 673–685. <https://doi.org/10.1111/tpj.12919>

309. Zahreddine, H. G., Barker, D. J., Quigley, M. F., Sleem, K., & Struve, D. K. (2007). Patterns of woody plant species diversity in Lebanon as affected by climatic and soil properties. *Lebanese science journal*, 8 (2), 21–44.

310. Zohary, D., Hopf, M. (2000). *Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley* (No. Ed. 3). New York: Oxford University Press. 316 p.

311. Zhang, H., Zhao, Y., & Zhu, J. K. (2020). Thriving under stress: how plants balance growth and the stress response. *Developmental Cell*, 55(5). P. 529–543. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2020.10.012>

312. Zhang, Q., Chen, J. & Henny, R. J. (2005). Direct somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf, petiole, and stem explants of Golden Pothos. *Plant Cell Reports*, 23. P. 587–595. <https://doi.org/10.1007/s00299-004-0882-z>

313. Zhang Q. T., Xia Y., Song Z. X, Liu Y. L., Chen X. B. (2007). Establishment of Regeneration System of *Malus halliana* Koehne by Tissue Culture. *Biotechnology*, 17(3), 73.

314. Zhang, Q., Li, J., Zhao, Y., Korban, S. S., & Han, Y. (2012). Evaluation of genetic diversity in Chinese wild apple species along with apple cultivars using SSR markers. *Plant molecular biology reporter*, 30. P. 539–546.

315. Zhang, W., Fan, J., Tan, Q., Zhao, M., Zhou, T., & Cao, F. (2017). The effects of exogenous hormones on rooting process and the activities of key enzymes of *Malus hupehensis* stem cuttings. *PloS one*, 12(2), e0172320. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172320>

316. Zhang, W. X., Zhao, M. M., Fan, J. J., Zhou, T., Chen, Y. X., & Cao, F. L. (2017). Study on relationship between pollen exine ornamentation

pattern and germplasm evolution in flowering crabapple. *Scientific reports*, 7, 39759.

317. Zhang, W., Fan, J., Xie, Y., Peng, Y., Zhou, T., & Zhao, M. (2019). *An Illustrated Electron Microscopic Study of Crabapple Pollen*. Springer Singapore.

318. Zhang, W., Liao, L., Xu, J., Han, Y., & Li, L. (2021). Genome-wide identification, characterization and expression analysis of MATE family genes in apple (*Malus × domestica* Borkh). *BMC genomics*, 22(1). P. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07943-1>

319. Zhou, J., Wu, H., & Collet, G. F. (1992). Histological study of initiation and development in vitro of adventitious roots in minicuttings of apple rootstocks of M 26 and EMLA 9. *Physiologia Plantarum*, 84(3). P. 433–440. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb04687.x>

320. Zhou, T., Fan, J., Zhao, M., Zhang, D., Li, Q., Wang, G., ... & Cao, F. (2019). Phenotypic variation of floral organs in *Malus* using frequency distribution functions. *BMC Plant Biology*, 19 (1). P. 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2155-6>

321. Zhou, T., Zhang, W., Zhang, D., El-Kassaby, Y. A., Fan, J., Jiang, H., ... & Cao, F. (2020). A binary-based matrix model for *Malus* corolla symmetry and its variational significance. *Frontiers in Plant Science*, 11 (416). P. 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00416>

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А.1

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Директор Національного  
 дендрологічного парку «Софіївка»  
 НАН України  
 І.С. Конопелько  
 «10» 11 2020 р.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Директор Уманського міського  
 центру фізичного здоров'я населення  
 «Спорт для всіх»  
 О.О. Роговенко  
 «10» 11 2020 р.



## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Даним актом, складеним аспіранткою Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України Конопелько Аллою Володимирівною з однієї сторони та директором Уманського міського центру фізичного здоров'я населення «Спорт для всіх» Роговенком Олександром Олександровичем з другої сторони, стверджується, що результати науково-дослідної роботи Конопелько А.В. передані для впровадження в зелені насадження території УМЦФЗН «Спорт для всіх» для проведення наукових досліджень в умовах антропогенного навантаження.

**Вид запровадження** — садивний матеріал репродукції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

**Характеристика масштабів запровадження** — вирощено та передано для озеленення садивний матеріал *Malus* spp. (*M. floribunda* Sieb., *M. halliana* Koehne, *M. niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne, *M. × purpurea* (E.Barbier) Rehder, *M. × purpurea* 'Ola', *M. × purpurea* 'Royalty', *M. × purpurea* 'Selkirk').

**Соціальний і науково-технічний ефект** — популяризація яблуні як цінної декоративної рослини, запровадження наукових основ її вирощування.

## Відповідальні за впровадження:

Аспірантка Національного  
 дендрологічного парку «Софіївка»  
 НАН України

Завідуючий господарством Уманського  
 міського центру фізичного здоров'я населення  
 «Спорт для всіх»



А.В. Конопелько



О.В. Бурлака

## Додаток А.2

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Директор Національного  
 дендрологічного парку «Софіївка»  
 НАН України  
 С.С. Косенко  
 11 2020 р.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
 Директор товариства з обмеженою  
 відповідальністю «СМ Ексклюзив»  
 Р.П. Бакуменко  
 11 2020 р.



## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Даним актом, складеним аспіранткою Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України Конопелько Аллою Володимирівною з однієї сторони та директором ТОВ «СМ Ексклюзив» Бакуменко Рітою Петрівною з другої сторони, стверджується, що результати науково-дослідної роботи Конопелько А. В. передані для впровадження в зелені насадження території підприємства для проведення наукових досліджень в умовах антропогенного та техногенного навантаження.

**Вид запровадження** — садивний матеріал репродукції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

**Характеристика масштабів запровадження** — вирощено та передано для озеленення садивний матеріал *Malus* spp. (*M. floribunda* Sieb., *M. halliana* Koehne, *M. niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne, *M. × purpurea* (E.Barbier) Rehder, *M. × purpurea* 'Ola', *M. × purpurea* 'Royalty', *M. × purpurea* 'Selkirk').

**Соціальний і науково-технічний ефект** — популяризація яблуні як цінної декоративної рослини, запровадження наукових основ її вирощування.

Аспірантка Національного  
 дендрологічного парку «Софіївка»  
 НАН України



А.В. Конопелько

## Додаток А.3

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Національного дендрологічного  
парку «Софіївка» НАН України

Ч.С. Косенко

15 03 2021 р.

«ПОГОДЖУЮ»

Директор комунального  
відприємства «Білогрудівка»

В.А. Склярчук

15 03 2021 р.

## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Даним актом, складеним аспіранткою Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України Конопелько Аллою Володимирівною з однієї сторони та директором КП «Білогрудівка» Склярчуком Василем Андрійовичем з другої сторони, стверджується, що результати науково-дослідної роботи Конопелько А. В. передані для впровадження в зелені насадження прибудинкової території за адресою вул. Білогрудівська, 15 (м. Умань, Черкаська обл.) для підтримки сприятливого естетичного та санітарно-гігієнічного мікроклімату даної території та проведення наукових досліджень в умовах антропогенного навантаження.

**Вид запровадження** — садивний матеріал репродукції Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

**Характеристика масштабів запровадження** — вирощено та передано для озеленення садивний матеріал *Malus* spp. (*M. halliana* Koehne *M. niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne, *M. × purpurea* (E.Barbier) Rehder, *M. × purpurea* 'Royalty', *M. × purpurea* 'Selkirk').

**Соціальний і науково-технічний ефект** — популяризація яблуні як цінної декоративної рослини, запровадження наукових основ її вирощування.

Аспірантка Національного  
дендрологічного парку «Софіївка»  
НАН України

А.В. Конопелько

Директор КП «Білогрудівка»

В.А. Склярчук



## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Внутрішньородове різноманіття яблуні в дендрофлорі України та у колекційних фондах науково-дослідних установ

У дендрофлорі України, станом на 2001 рік	НДП «Софіївка»	НБС ім. М.М. Гришка	НУБіП України	Дослідна станція ім. Л. П. Симиренка	Криворізький ботанічний сад	Кременецький ботанічний сад	Ботанічний сад ім. акад. О. В. Фоміна
<i>M. angustifolia</i> , <i>M. ×arnoldiana</i> , <i>M. ×atrosanguinea</i> , <i>M. baccata</i> , <i>M. coronaria</i> , <i>M. domestica</i> , <i>M. florentina</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. fusca</i> , <i>M. halliana</i> , <i>M. hupehensis</i> , <i>M. ioensis</i> , <i>M. manshurica</i> , <i>M. micromalus</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. orientalis</i> , <i>M. praecox</i> , <i>M. ×prunifolia</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. sargentii</i> , <i>M. ×scheideckeri</i> , <i>M. sieversii</i> , <i>M. sikkimensis</i> , <i>M. spectabilis</i> , <i>M. sylvestris</i> , <i>M. toringo</i> , <i>M. toringoides</i> , <i>M. transitoria</i> , <i>M. yunnanensis</i> , <i>M. zumi</i> .	<i>M. baccata</i> , <i>M. florentina</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. fusca</i> , <i>M. halliana</i> , <i>M. hartwigii</i> , <i>M. hissarica</i> , <i>M. hupehensis</i> , <i>M. micromalus</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. orientalis</i> , <i>M. pallasiana</i> , <i>M. praecox</i> , <i>M. ×prunifolia</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. ×scheideckeri</i> , <i>M. siebolodii</i> , <i>M. toringoides</i> , <i>M. trilobata</i> , <i>M. tschonoskii</i> , <i>M. zumi</i> ,  <i>M. coronaria</i> 'Red Tip', <i>M. ×purpurea</i> 'Ola', <i>M. ×purpurea</i> 'Royalty', <i>M. ×purpurea</i> 'Selkirk'...	<i>M. baccata</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. sargentii</i> , <i>M. siebolodii</i> , <i>M. spectabilis</i> ,  'Evereste', 'Professor Sprenger', 'Elise Rathke', 'Royalty Red', 'John Downie', 'Batterball', 'Golden Hornet', 'Van Eseltine', 'Adirondack', 'Ola', 'Royalty', 'King Beauty', 'Era'...	<i>M. angustifolia</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. florentina</i> , <i>M. ×gloriosa</i> , <i>M. halliana</i> , <i>M. ×hartwigii</i> , <i>M. micromalus</i> , <i>M. ×prunifolia</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. sachalinensis</i> , <i>M. sargentii</i> , <i>M. sieboldii</i> , <i>M. sikkimensis</i> , <i>M. spectabilis</i> , <i>M. transitoria</i> , <i>M. zumi</i> ,  'Біла чарівниця', 'Чорна перлина', 'Травнева красуня', 'Горноалтайское', 'Китайка золотая ранняя', 'Китайка санинская', 'Райка красная', 'Ранетка красная', 'Ранетка пурпуровая', 'Dolgo', 'Everest', 'Kerr', 'Red Jade', 'Aldenhamensis', 'Adirondack', 'Geneva', 'Golden Hornet', 'Jay Darling', 'Makamik', 'Oekonomierat Echtermeyer'...	<i>M. baccata</i> , <i>M. coronaria</i> , <i>M. denticulata</i> , <i>M. fusca</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. hiemalus</i> , <i>M. ×kaido</i> , <i>M. kansuensis</i> , <i>M. longifolia</i> , <i>M. micromalus</i> , <i>M. nan-scan</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. orientalis</i> , <i>M. praecox</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. ×robusta</i> , <i>M. sieboldii</i> , <i>M. sikkimensis</i> , <i>M. toringoides</i> , <i>M. zumi</i> ,  <i>M. baccata</i> 'Fructu Flava', <i>M. floribunda</i> 'Nikita', <i>M. ×purpurea</i> 'Ola', 'Elise Rathke', 'Excelsior', 'Gertruda', 'Hesper Rose', 'Oekonomierat Echtermeyer', 'Virginia', 'Whitney', 'Professor Sprenger'...	<i>M. cerasifera</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. hupehensis</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. cerasifera</i> , <i>M. pallasiana</i> , <i>M. praecox</i> , <i>M. ×prunifolia</i> , <i>M. ×robusta</i> , <i>M. ×scheideckeri</i> , <i>M. siebolodii</i> , <i>M. sieversii</i> , <i>M. spectabilis</i> , <i>M. sylvestris</i> , <i>M. zumi</i> ,  'Elise Rathke', 'Oekonomierat Echtermeyer'...	<i>M. baccata</i> , <i>M. floribunda</i> , <i>M. halliana</i> , <i>M. niedzwetzkyana</i> , <i>M. ×prunifolia</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. siebolodii</i> , <i>M. spectabilis</i> , <i>M. toringoides</i> ...	<i>M. baccata</i> , <i>M. halliana</i> , <i>M. manshurica</i> , <i>M. ×purpurea</i> , <i>M. siebolodii</i> , <i>M. sylvestris</i> ...



## ДОДАТОК В

Таблиця В.1

Наукові назви рослин роду *Malus* у різних базах даних

Назва таксону	<a href="http://www.theplantlist.org/">http://www.theplantlist.org/</a>	<a href="https://www.worldfloraonline.org/">https://www.worldfloraonline.org/</a>	<a href="https://powo.science.kew.org/">https://powo.science.kew.org/</a>	<a href="https://npgsweb.ars-grin.gov/">https://npgsweb.ars-grin.gov/</a>	<a href="https://www.iucnredlist.org/">https://www.iucnredlist.org/</a>
<i>Malus trilobata</i> (Labill. ex Poir.) C.K. Schneid.	визнана видова назва	від 2023 року синонім <i>Eriolobus trilobatus</i> M.Roem. / 2022 рік – визнана видова назва	визнана видова назва	визнана видова назва <sup>3</sup>	визнана видова назва <sup>4</sup>
<i>Malus tschonoskii</i> (Maxim.) C.K. Schneid.	визнана видова назва	від 2023 року синонім <i>Macromeles tschonoskii</i> Koidz. / 2022 рік – визнана видова назва	після 2021 року синонім <i>Macromeles tschonoskii</i> (Maxim.) Koidz. <sup>1</sup>	визнана видова назва <sup>3</sup>	визнана видова назва <sup>5</sup>
<i>Malus niedzwetzkyana</i> Dieck ex Koehne	визнана видова назва	визнана видова назва	після 2014 року синонім <i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh. <sup>2</sup>	синонім <i>Malus pumila</i> Mill. <sup>3</sup>	визнана видова назва <sup>6</sup>

Примітка (джерела, згідно яких прийняті внутрішньородові назви чи зміни до них):

<sup>1</sup>Govaerts, R., Nic Lughadha, E., Black, N., Turner, R. & Paton, A. (2021). The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00997-6>

<sup>2</sup>Chang, C.S., Kim, H. & Chang, K.S. (2014). Provisional checklist of vascular plants for the Korea peninsula flora (KPF): 1-660. DESIGNPOST.

<sup>3</sup>Updated, modified version of paper presented to the "Second International Symposium on the Taxonomy of Cultivated Plants" in Seattle, Washington, USA (10-15 August 1994)

<sup>4</sup>Wilson, B. & Stephan, J. 2018. *Malus trilobata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T172203A64116219. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T172203A64116219.en>. Accessed on 27 March 2024.

<sup>5</sup>Participants of the FFI/IUCN SSC Central Asian regional tree Red Listing workshop, Bishkek, Kyrgyzstan (11-13 July 2006). 2007. *Malus niedzwetzkyana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T63477A12681555. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63477A12681555.en>. Accessed on 27 March 2024.

## Додаток Д

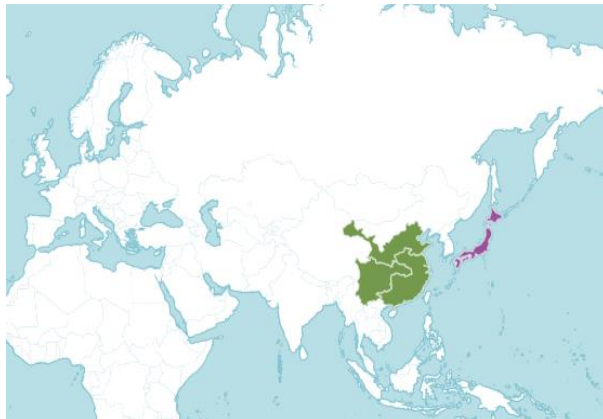
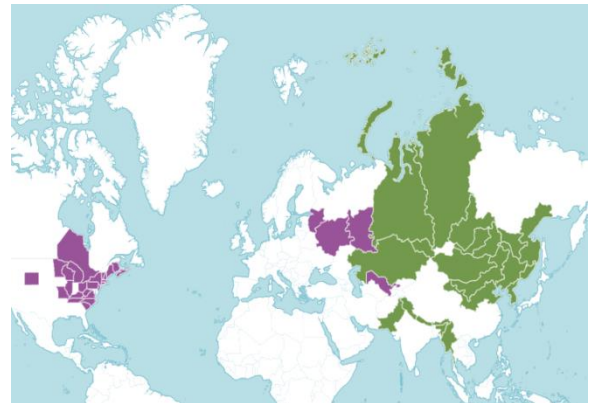
*Malus trilobata**Malus tschonoskii**Malus fusca**Malus toringoides**Malus halliana**Malus baccata*

Рис. Д.1. Ареали видів яблуні

## Додаток Е

Таблиця Е.1

Успішність ризогенезу та калюсогенезу живців *Malus spp.* залежно від стимуляторів, термінів живцювання та характеристики маточних рослини

Таксон	Варіант досліджу	Живців, %		
		неукорінених з калюсом	укорінених	нежиттєздатних
1	2	3	4	5
І етап — перша декада червня				
<i>M. floribunda</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen АВ aqua	0	0	100,00
<i>M. halliana</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2 % ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	5,00	0	95,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen АВ aqua	0	0	100,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen АВ aqua	2,50	0	97,50
<i>M. ×purpurea</i>	Контроль	16,67	0	83,33
	0,2% ІМК	16,67	0	83,33
	0,4% ІМК	7,69	0	92,31
	0,6% ІМК	7,69	0	92,31
	Podkorzen АВ aqua	7,69	0	92,31
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	8,33	0	91,67
	0,6% ІМК	16,66	0	83,33
	Podkorzen АВ aqua	5,00	0	95,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen АВ aqua	0	0	100,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	5,00	0	95,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen АВ aqua	0	0	100,00

1	2	3	4	5
II етап — друга декада червня				
<i>M. floribunda</i>	Контроль	0	0	100,0
	0,2% ІМК	0	0	100,0
	0,4% ІМК	1,32	0	98,68
	0,6% ІМК	1,32	0	98,68
	Podkorzen AB aqua	5,26	0	94,74
<i>M. halliana</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen AB aqua	0	0	100,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	Контроль	2,78	0	97,22
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen AB aqua	2,78	0	97,22
<i>M. ×purpurea</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	3,13	0	96,88
	0,4% ІМК	3,13	0	96,88
	0,6% ІМК	12,00	0	88,00
	Podkorzen AB aqua	6,25	0	93,75
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	Контроль	35,71	0	64,29
	0,2% ІМК	7,14	0	92,86
	0,4% ІМК	18,18	0	81,82
	0,6% ІМК	18,18	0	81,82
	Podkorzen AB aqua	35,71	0	64,29
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	0	0	100,00
	Podkorzen AB aqua	0	0	100,00
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК			
	0,4% ІМК	0	0	100,00
	0,6% ІМК	7,14	0	92,86
	Podkorzen AB aqua	10,71	0	89,28
III етап — третя декада червня				
<i>M. floribunda</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	9,09	0	90,91
	0,4% ІМК	9,09	0	90,91
	0,6% ІМК	9,09	0	90,91
	Podkorzen AB aqua	18,18	0	81,82
<i>M. halliana</i>	Контроль	0	0	100,00
	0,2% ІМК	0	0	100,00
	0,4% ІМК	0	20,00	80,00
	0,6% ІМК	0	12,50	87,50
	Podkorzen AB aqua	0	0	100,0

1	2	3	4	5
<i>M. niedzwetzkyana</i>	Контроль	11,11	0	88,89
	0,2% ІМК	5,89	0	94,12
	0,4% ІМК	6,25	0	93,75
	0,6% ІМК	5,56	0	94,44
	Podkorzen АВ aqua	5,56	0	94,44
<i>M. ×purpurea</i>	Контроль	0	0	100
	0,2% ІМК	5,88	0	94,12
	0,4% ІМК	6,25	0	93,33
	0,6% ІМК	22,22	0	77,77
	Podkorzen АВ aqua	11,11	0	88,88
<i>M. ×purpurea</i> ‘Ola’	Контроль	66,67	0	33,33
	0,2% ІМК	54,55	9,09	27,27
	0,4% ІМК	63,64	18,18	25,00
	0,6% ІМК	58,33	33,33	8,33
	Podkorzen АВ aqua	69,70	12,12	18,18
<i>M. ×purpurea</i> ‘Royalty’	Контроль	8,33	0	91,67
	0,2% ІМК	0	0	100
	0,4% ІМК	8,33	0	91,67
	0,6% ІМК	0	0	0
	Podkorzen АВ aqua	16,67	0	83,33
<i>M. ×purpurea</i> ‘Selkirk’	Контроль	66,67	0	33,33
	0,2% ІМК	75,00	0	25,00
	0,4% ІМК	58,33	8,33	33,33
	0,6% ІМК	70,00	10,00	20,00
	Podkorzen АВ aqua	70,00	20,00	10,00
IV етап — перша декада липня				
<i>M. floribunda</i> , 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	23,08	7,69	69,23
<i>M. floribunda</i> , 15-20 років	Podkorzen АВ aqua	0	0	100,00
<i>M. floribunda</i> , сіянець, 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	16,67	0	83,33
<i>M. halliana</i> , 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	8,33	0	91,67
<i>M. halliana</i> , 15-20 років	Podkorzen АВ aqua	9,52	0	90,48
<i>M. halliana</i> , сіянець, 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	76,92	0	23,08
<i>M. niedzwetzkyana</i> , 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	68,75	0	31,25
<i>M. niedzwetzkyana</i> , 15-20 років	Podkorzen АВ aqua	13,33	0	86,67
<i>M. niedzwetzkyana</i> , сіянець, 4-6 років	Podkorzen АВ aqua	38,46	7,69	53,84

## Додаток Ж

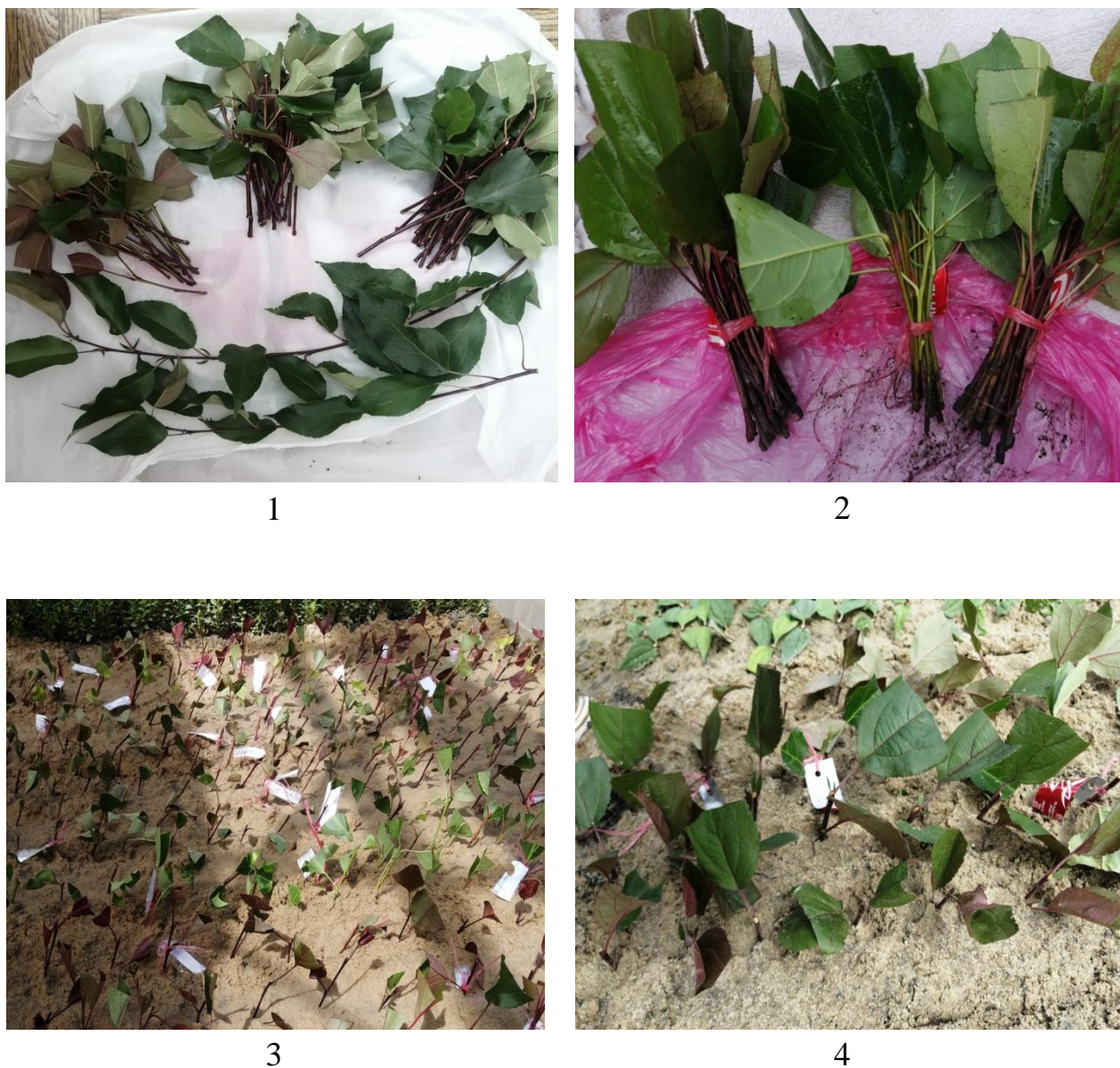


Рис. 3.1. Елементи технології розмноження рослин роду *Malus* напівдерев'янілими живцями: 1 — заготівля живців *M. ×purpurea* 'Ola' з апікальної, медіальної та базальної частин пагона (на рисунку відповідно зліва на право); 2 — обробка стеблових живців яблуні стимуляторами; 3, 4 — висаджені живці у парникові рами.