

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УДК 631.559:634.722

**ПОГОДЖЕНО**

Декан агробіологічного факультету

**Коваленко В.П.**

«    » 2025 р

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри садівництва ім.

**проф. В. Л. Симиценка**

**Мазур Б.М.**

«    » 2025 р

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему: «Посухо- та жаростійкість клонових підщеп яблуні за вирощування в умовах НЛ «Плодоовочевий сад»»**

Спеціальність 203 Садівництво та виноградарство

Освітня програма «Садівництво та виноградарство»

Орієнтація освітньої програми Освітньо – професійна

**Гарант освітньої програми**

к.с.-г наук, доцент

Б.М.

\_\_\_\_\_ Мазур

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

доктор філософії (PhD), асистент

О.С.

\_\_\_\_\_ Гаврилюк

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Чайка В.С.

Київ – 2025 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ** Завідувач кафедри  
садівництва ім. проф. В. Л.  
Смиренка, кандидат  
сільськогосподарських наук, доцент  
\_ Мазур Б. М.  
<<>>\_2025 року

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

**Чайці Віталію Сергійовичу**

Спеціальність: 203 Садівництво та виноградарство

Тема магістерської роботи: «Посухо- та жаростійкість клонових підщеп яблуні за вирощування в умовах НЛ «Плодоовочевий сад»».

затверджена наказом ректора НУБіП України від 05.08.2025

Термін подання завершеної роботи на кафедру 01.10.2025

Вихідні дані до магістерської роботи: підщепи яблуні, посухо- та жаростійкість.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Оцінювання загального стану рослин
2. Визначення водного дефіциту
3. Визначення оводненості тканин
4. Оцінювання жаростійкості
5. Економічна ефективність вирощування

Дата видачі завдання 01.10.2025

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Гаврилюк О.С.

**Завдання приняла до виконання**

\_\_\_\_\_ Чайка В.С.

## ЗМІСТ

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Розділ 1. Огляд літератури .....                                                                         | 6  |
| 1.1. Сорто-підщепна комбінація як засіб інтенсифікації садівництва .....                                 | 6  |
| 1.2. Виробництво садивного матеріалу яблуні та вимоги до нього .....                                     | 10 |
| 1.3. Вплив сорто-підщепних комбінацій на біологічні та господарсько-цінні властивості дерев яблуні ..... | 15 |
| 1.4. Адаптивність щепленої яблуні до основних стрес-факторів довкілля ..                                 | 20 |
| 1.4.1. Сумісність сорто-підщепних комбінацій яблуні .....                                                | 21 |
| 1.4.2. Стійкість яблуні .....                                                                            | 25 |
| Розділ 2. Умови, об'єкти та методика досліджень .....                                                    | 34 |
| 2.1. Характеристика погодних умов та місця проведення досліджень .....                                   | 34 |
| 2.2. Об'єкт та предмет досліджень .....                                                                  | 40 |
| 2.3. Методика досліджень .....                                                                           | 40 |
| Розділ 3. Результати досліджень .....                                                                    | 45 |
| 3.1. Оцінювання загального стану рослин .....                                                            | 45 |
| 3.2. Визначення водного дефіциту та оводненості тканин .....                                             | 47 |
| 3.3. Визначення водоутримувальної здатності .....                                                        | 50 |
| 3.4. Оцінювання жаростійкості .....                                                                      | 53 |
| Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ .....                                                      | 57 |
| Висновки .....                                                                                           | 61 |
| Пропозиції виробництву .....                                                                             | 63 |
| Список літератури .....                                                                                  | 64 |

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Сорто-підщепна комбінація як засіб інтенсифікації садівництва

Інтенсивне садівництво сучасного типу характеризується вузькою спеціалізацією всіх виробничих ланок і застосуванням обмеженого асортименту найкращих помологічних сортів які користуються стабільним попитом серед споживачів [30, 31]. У більшості країн Західної Європи та світу культивується лише 5-6 основних сортів яблуні та їх клонів [16]. На їхню частку припадає близько 80% загальної площі промислових насаджень і валового збору плодів.

На початку XXI століття провідне місце у світовому виробництві яблук займають такі сорти, як Голден Делішес, Ред Делішес, Джонаголд, Пінк Леді, Фуджі, Бреберн та їх клонові різновиди. Технологія вирощування цих сортів відпрацьована дуже детально, при цьому важливе місце посідає підбір оптимальної сорто-підщепної пари. У деяких випадках для досягнення кращих результатів навіть використовують трьохкомпонентні саджанці [32, 33].

Грамотно підібрана сорто-підщепна комбінація, яка поєднує цінні господарські властивості сорту й підщепи, сприяє підвищенню врожайності, якості плодів та адаптивності дозволяє досягати високих результатів без додаткових витрат ресурсів і фінансів. Як зазначають І.К.Омельченко та інші вчені [27, 28], сучасне садівництво висуває підвищені вимоги до сортів яблуні. Від дерев очікують помірного росту, доброї реакції на інтенсивну технологію вирощування, високої та стабільної врожайності, а також плодів із чудовими смаковими та товарними якостями. Інтенсивні сади мають бути не лише продуктивними, але й стійкими до несприятливих природних умов, шкідників і хвороб, а також економічно ефективними. За висновком фахівців, від нових сортів яблуні виробники очікують раннього вступу в плодоношення

– уже на другий або навіть перший рік після висаджування, з подальшим швидким зростанням урожайності. Деревя мають формувати компактну, добре освітлену та провітрювану крону, що спрощує догляд і збирання врожаю, зменшує витрати на ручну працю та пестициди [34].

Втрати врожаю від хвороб і шкідників можуть досягати 30%, тому нові сорти мають бути максимально стійкими до біотичних факторів. Підбір високоадаптованих сорто-підщепних комбінацій дозволяє не лише підвищити стійкість рослин, але й скоротити кількість хімічних обробок, тим самим зменшуючи собівартість продукції та підвищуючи її екологічну безпечність. На думку W.Anja, підвищення екологічної чистоти яблук виступає їхню конкурентоспроможність на світовому ринку [29].

Серед найпоширеніших і найнебезпечніших хвороб яблуні дослідники відзначають паршу, боротьба з якою потребує значних трудових і фінансових ресурсів. За даними вітчизняних і зарубіжних науковців, дерева нестійких сортів потребують до 10-12 фунгіцидних обробок за сезон, тоді як стійкі форми – лише 5-6. Таким чином, вибір оптимальної сорто-підщепної комбінації прямо впливає на економічну ефективність садівництва та якість плодів [35]. Добір слаборослих сорто-підщепних сполучень відкриває можливість створення ущільнених насаджень яблуні, що забезпечують вищу урожайність з одиниці площі. У більшості країн Західної Європи щільність садіння коливається від 1600 до 2400 дерев на гектар, тоді як у Нідерландах і Бельгії вона може досягати 3000-4500 дерев/га.

У Польщі, де ґрунтово-кліматичні умови близькі до українських, оптимальною вважається густина посадки близько 1200 дерев/га. Однак за браку площ або при вирощуванні особливо цінних помологічних сортів, що користуються великим попитом і продаються за високими цінами, польські виробники збільшують щільність до 2800 дерев/га і більше [36]. Нові сади

яблуні в Польщі здебільшого закладають на клонових підщепах, серед яких найпоширенішою є карликова підщепа М.9. За даними 2006 року, приблизно 39% саджанців польського виробництва було вирощено саме на підщепі М.9, 33% - на М.26, і по 8,6% - на М.7 та ММ.106. Насадження на підщепі ММ.106 також були поширені у Югославії, де за умов зрошення вони забезпечують високі врожаї навіть на малородючих піщаних ґрунтах. Завдяки державній підтримці ця підщепа активно використовується, адже насадження М.9 і М.26 у північних регіонах країни часто виявляються недостатньо адаптованими. У деяких районах Югославії частка садів на підщепі ММ.106 перевищує 60%.

У Бельгії переважає вирощування саджанців «кніп-баум» на карликових клонових підщепах М.9 та її клонах (М.9, NIS, М.9 Т337), а також М.27, Р22. Середньорослі варіанти представлені підщепами ММ.106, М.26, Mark, тоді як М.7 та Р14 застосовують рідше, переважно у сировинних садах [37, 38].

У Нідерландах молоді насадження яблуні закладають переважно на М.9 Т337, а для сильнорослих сортів – на F156 (клон М.9) або на суперкарликовій підщепі М.27 [39]. Для таких популярних сортів, як Елстар і Джонаголд, застосовують проміжні вставки – наприклад, у Елстара це Голден Делішес Рейндерс і Саммерред, а у Джонаголда – М.27, що обмежує силу росту дерева. У Німеччині, на піщаних і малородючих ґрунтах, яблуневі насадження зазвичай закладають на М.26, хоча також використовують ММ.106 та ММ.111. При схемі 5,5 x 2,5 м навіть за умов зрошення урожай рідко перевищує 25-30 т/га, і лише близько третини плодів мають високу товарну якість. В інтенсивних садах Чилі частіше застосовують сіянцеві підщепи, хоча спостерігається чітка тенденція до переходу на М.26. Середня щільність посадки – близько 1000 дерев/га (4,0 x 2,5 м). Дерев високі (до 4

метрів), сформовані у вигляді веретена. Типовий чилійський сад забезпечує 40-60 т/га якісних яблук, придатних для експорту [40].

В Україні потужний розвиток промислового садівництва почався після виходу праць Л.П.Симиренка, зокрема «Опыт использования Крымского промышленного плодоводства и плодоторговли» та «Крымское промышленное садоводство» [41]. У цих роботах автор детально розглянув організаційні, економічні та виробничі основи галузі, наголосивши на доцільності адаптивного садівництва та необхідності ущільнення насаджень, що потребувало підбору відповідних підщеп. Наступний етап розвитку садівництва припав на 1930-ті роки, коли, за даними **О.М.Шестопаля та О.Ю.Єрмакова**, галузь характеризувалася великою кількістю сортів, широкими площами живлення, переважанням ручної праці та створенням величезних масивів насаджень – до 1000-2000 га. Після Другої світової війни, у процесі швидкого відновлення господарства, яблуневі сади часто закладали з використанням садивного матеріалу низької якості, не перевіреного на адаптивність сортів і підщеп, що призводило до низької продуктивності та короткого терміну експлуатації насаджень [42].

Починаючи з 1960-х років ХХ століття, у вітчизняному садівництві розпочався перехід до інтенсивних технологій. Поступово зменшувалися площі живлення дерев, проводився добір промислового сортименту з урахуванням зональної адаптивності, підвищувався рівень спеціалізації господарств. У наступні десятиліття галузь упевнено відходила від екстенсивного шляху розвитку.

У 1970 – 1980-х роках проводилися активні селекційні роботи, спрямовані на створення високопродуктивних сортів та вивчення нових клонових підщеп. Завдяки цьому було підібрано оптимальні сорто-підщепні комбінації, що забезпечили суттєве підвищення урожайності й валових

зборів плодової продукції, зокрема яблук. Високі закупівельні ціни та стабільний внутрішній ринок Радянського Союзу сприяли значному зростанню прибутковості садівництва, а яблуневі насадження стали одними з найрентабельніших у сільському господарстві.

Новий етап розвитку галузі розпочався у 1990-х роках, коли економічні трансформації та втрата централізованих ринків збуту привезли до різкого спаду виробництва. Як зазначають фахівці, низька платоспроможність населення, скорочення інвестицій, невизначена державна політика, а також застарілий сортовий склад і висока собівартість продукції зумовили різке зниження обсягів виробництва яблук [42].

На початку XXI століття в Україні вироблялося не більше 70% внутрішньої потреби у плодах яблуні, що створило сприятливі умови для заповнення ринку імпортною продукцією. Водночас темпи розкорчовування старих садів значно перевищували показники закладання нових. Більшість існуючих насаджень експлуатувалися понад нормативний строк, вирізнялися низькою врожайністю і моральним старінням. Проблему відновлення галузі можна вирішити лише шляхом створення нових високопродуктивних садів із використанням високоадаптованого садивного матеріалу сучасних помологічних сортів. Отримати такі насадження без впровадження у виробництво ефективних підщеп і оптимальних сорто-підщепних комбінацій практично практично неможливо. Цей напрям вважається економічно доцільним, адже забезпечує помітний ефект без значних капіталовкладень, що є особливо важливим в умовах сучасного ринкового господарства України.

## **1.2. Виробництво садивного матеріалу яблуні та вимоги до нього**

Сучасне сільське господарство орієнтується на впровадження технологій, які забезпечують зниження собівартості продукції при одночасному підвищенні її якості. За спостереженнями І.К.Омельченка, О.Д.Чижа, В.А.Потапова, А.С.Ульянцева та інших дослідників, цим вимогам найбільше відповідають високощільні насадження яблуні на екологопластичних середньорослих, напівкарликових і карликових підщепах [22]. Потенціал сорту реалізується повною мірою лише за умови правильного вибору підщепи, що відповідає його біологічним особливостям [4].

В останні десятиліття в Україні спостерігається активний перехід до виробництва саджанців наклонних підщепах. У період з 2004 по 2006 роки в країні вирощували від 2,5 до 4,1 млн саджанців яблуні. При цьому лише близько 200 тис. шт. (приблизно 6%) припадало на сіянці Антонівки звичайної та інших культурних сортів. Уже у 2008 році їхня частка знизилась до 2% (148,5 тис. із загального обсягу 7,5 млн саджанців). Обсяги виробництва саджанців на клонових підщепах постійно зростають. В українських розсадниках переважають підщепи серії М і ММ, хоча їх асортимент залишається обмеженим. У 2004-2006 рр. близько 40% садивного матеріалу в господарствах Полісся і Лісостепу було щеплено на середньорослій підщепі ММ.106, а ще близько 8% - на 54-118. У 2008 році їхня частка становила відповідно 29,3% і 5,1%, але у кількісному вираженні обсяги залишилися приблизно на тому ж рівні.

Водночас суттєво зросло виробництво саджанців на карликових підщепах, особливо М.9. Саме вона переважає у промисловому розсадництві Степової зони. Так, у 2006 році на цій підщепі було вирощено близько 1 млн саджанців (понад 27% від загального обсягу), а у 2008 році – вже 4,4 млн шт. (59,1%). Збільшення спостерігалось також для підщеп М.26 (290 тис.

саджанців або 7,1% у 2006 році та 273,1 тис. або 3,7% у 2008 році) і 62-396 (68 тис. або 1,7% у 2006 році, 57,3 тис. або 0,8% у 2008).

Підщепи Д 1071, ПБ-9, М.4, М.7 поки що мають менше поширення в українських господарствах, але спостерігається тенденція до поступового зростання їхнього використання. У 2004 році таких саджанців було вироблено близько 109 тис. шт. (4,3% від загальної кількості), у 2006 році – вже 698 тис. шт. (17%), однак у 2008 році цей показник знизився до 6,5 тис. шт. (0,09%), більшість з яких припадала на ПБ-9.

Зростання обсягів виробництва саджанців на клонових підщепах пояснюється не лише біологічними перевагами таких насаджень, а й економічною доцільністю. Інтенсивні сади на карликових і напівкарликових підщепах забезпечують швидке повернення вкладених коштів завдяки ранньому вступу в плодоношення, високій щільності посадки та стабільній урожайності. За розрахунками фахівців, строк окупності інвестицій у такі насадження скорочується майже вдвічі порівняно з традиційними садами на сіянцевих підщепах.

У країнах Західної Європи, зокрема у Польщі, Нідерландах, Бельгії, а також у США, переважна частка нових садів закладається саме на підщепах М.9, М.26 і М.27, що дозволяє оптимізувати використання площ, зменшити трудові затрати та полегшити механізацію процесів догляду і збирання. За даними J.S.Cummins, J.Norelli, такі сади забезпечують урожайність до 70-80 т/га, причому понад 90% плодів мають товарну якість. В Україні, як і в інших країнах Європи, перехід на клонові підщепи відбувається поступово. Основними чинниками, які стримують цей процес, є недостатня кількість якісного садивного матеріалу, висока вартість закладання інтенсивних садів та обмежена кількість досвідчених спеціалістів у сфері виробництва сертифікованих підщеп. Попри це, спостерігається чітка тенденція до

зростання попиту на саджанці високої якості, вирощені з дотриманням стандартів міжнародної сертифікації. Як зазначає І.К.Омельченко, головним завданням сучасного розсадництва є забезпечення галузі плодоовочівництва здоровим і сортово чистим садивним матеріалом [27]. Для цього необхідно створювати власну базу вихідних клонових підщеп, підтримувати колекції первинних маточників і впроваджувати сучасні технології мікроклонального розмноження. Крім того, важливо враховувати маркетингові аспекти виробництва саджанців. Успіх підприємства залежить не лише від біологічних і технологічних чинників, але й від здатності швидко реагувати на зміни попиту на сорти та типи підщеп. Наприклад, підвищення інтересу до сортів, стійких до хвороб(зокрема до парші), зумовлює необхідність вирощування відповідних підщеп, сумісних зі такими сортами. Досвід провідних господарств свідчить, що впровадження системи контрактного виробництва садивного матеріалу дозволяє значно підвищити ефективність галузі. Така система передбачає попереднє укладання угод між розсадником і виробником плодів, що гарантує збут саджанців і знижує ризики перевиробництва. Якість садивного матеріалу визначається не лише сортовими особливостями чи типом підщепи, а й фітосатінарним станом, ступенем розвитку кореневої системи та надземної частини, однорідністю саджанців. Якісні саджанці- це основа високопродуктивних насаджень, і навіть за найсучасніших технологій вирощування низька якість посадкового матеріалу може звести нанівець усі зусилля садівника.

Виробництво саджанців регламентується вимогами державних стандартів, де визначено морфологічні показники, що характеризують якість садивного матеріалу. Основні з них:

- Відповідність сорту та підщепи.
- Відсутність ознак ураження хворобами чи шкідниками.

- Добре розвинена коренева система з наявністю великої кількості тонких корінців.

- Міцний приріст надземної частини.

- Правильне місце щеплення, без пошкоджень чи викривлень.

У практиці садівництва розрізняють кілька категорій саджанців – стандартні, добірні, елітні та сертифіковані. Високоякісні саджанці повинні походити з маточників, закладених на основі здорових вихідних рослин, перевірених на відсутність вірусних і бактеріальних інфекцій. Для цього використовуються лабораторні методи контролю, зокрема вірусологічна діагностика та молекулярно-генетичне тестування.

Важливою умовою підвищення ефективності виробництва є сертифікація садивного матеріалу, яка гарантує його походження, сортову чистоту і фітосанітарну безпеку. Сертифікований садивний матеріал має вищу ринкову вартість і користується попитом як серед великих агропідприємств, так і серед фермерських господарств.

Впровадження системи сертифікації дозволяє не лише підвищити конкурентоспроможність українського садівництва, але й створює передумови для інтеграції у міжнародний ринок садивного матеріалу. Це, у свою чергу, сприяє залученню інвестицій, підвищенню рівня технологічності виробництва та забезпеченню стабільного розвитку галузі.

Отже високоякісний садивний матеріал є ключовою передумовою формування продуктивних, довговічних і економічно ефективних насаджень яблуні. Його виробництво повинно базуватись на застосуванні сучасних технологій, ретельному доборі підщеп і сортів, контролі здоров'я рослин та суворому дотриманні стандартів.

### **1.3. Вплив сорто-підщепних комбінацій на біологічні та господарсько-цінні властивості дерев яблуні**

Сорто-підщепна взаємодія є одні із ключових факторів, що визначає ріст, розвиток, продуктивність і довговічність дерев яблуні. Підщепа впливає не лише на силу росту й будову крони, а й на темпи вступу в плодоношення, врожайність, розмір і якість плодів, а також на стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів. Саме правильне поєднання сорту та підщепи є основою ефективності сучасних інтенсивних садів.

Підщепа істотно впливає на фенологічні фази розвитку яблуні – строки розпускання бруньок, цвітіння, завершення росту пагонів і дозрівання плодів. Відомо, що у межах одного сорту строки цих фаз можуть відрізнятися на декілька днів залежно від підщепи. Такі зміни зумовлені різницею у швидкості надходження води й поживних речовин до пагонів, а також у темпах росту кореневої системи.

На карликових підщепах дерева, як правило, раніше вступають у фазу цвітіння, мають коротший вегетаційний період і швидше дозрівають. Це сприяє формуванню плодів високої якості навіть у регіонах із коротким теплим сезоном, Натомість сильнорослі підщепи подовжують період вегетації, затримуючи досягання плодів, але забезпечують стабільніший ріст у роки з несприятливими погодними умовами.

Різниця у фенологічних фазах проявляється також під час цвітіння. Квітки, розташовані на кільчатках, зазвичай розпускаються раніше, ніж на однорічному прирості, що пов'язано з біологічними особливостями сорту та умовами живлення. Підщепа при цьому може впливати на інтенсивність цвітіння, кількість закладених генеративних бруньок і співвідношення між вегетативними та генеративними органами.

Скорочення вегетаційного періоду часто спостерігається у випадках фізіологічної несумісності між сортом і підщепою. Такі дерева зазвичай характеризуються зниженим ростом, передчасним припиненням розвитку пагонів і нижчою морозостійкістю. У разі доброго поєднання прищепи й підщепи спостерігається синхронний розвиток надземної та кореневої частин, що забезпечує гармонійний ріст і високу продуктивність.

За деяких науковців сила росту щеплених дерев тісно пов'язана з активністю кореневої системи підщепи. Чим більший обсяг дрібних корінців і вище співвідношення довжини до маси коренів, тим інтенсивніше розвивається надземна частина дерева. У карликових підщепках коренева система компактна, але добре розгалужена, що сприяє ефективному засвоєнню вологи з верхніх шарів ґрунту. Натомість сильнорослі підщепи формують глибоку кореневу систему, яка дозволяє деревам краще переносити посуху, але знижує реакцію на зрошення й удобрення.

Підщепа також впливає на морфологію дерева – його висоту, форму крони, товщину штамба, довжину пагонів і розміщення плодових утворень. Дерев на карликових підщепках мають меншу висоту, густіше розгалуження, коротші пагони та компактну крону. Така структура полегшує освітлення, покращує провітрювання і забезпечує більш рівномірне забарвлення плодів. Крім того, компактна форма дерева сприяє зручнішому збиранню врожаю й догляду за садом.

Водночас сильнорослі підщепи забезпечують потужний ріст і велику листову поверхню, що підвищує фотосинтетичну активність і врожайність у розрахунку на одне дерево. Однак при цьому зменшується ефективність використання площі, тому в інтенсивних садах їх застосовують обмежено.

Сорто-підщепна комбінація значною мірою визначає строки вступу дерев у плодоношення. На карликових і напівкарликових підщепках (М.9,

М.26, 62-396, 54-118 тощо) яблуні починають плодоносити вже на другий-третій рік після висаджування, тоді як на сильнорослих (ММ.106, ММ.111, сіянці Антонівки звичайної) – лише через 5-6 років. Це пов'язано з відмінностями у ростових процесах: слаборослі підщепи стримують вегетативний ріст, спрямовуючи більше поживних речовин на формування генеративних органів.

Саме підщепа є головним регулятором співвідношення між ростом і плодоношенням дерева. Карликові підщпи сприяють ранній диференціації генеративних бруньок, тоді як сильнорослі – підтримують інтенсивне нарощування пагонів, що затримує формування врожаю.

Підщепа впливає не лише на початок плодоношення, а й на рівень урожайності та її стабільність. Дерева на слаборослих підщепах зазвичай мають меншу індивідуальну продуктивність, але завдяки більшій щільності садіння забезпечують вищий урожай з гектара. У дослідженнях П.В.Кондратенка зазначено, що врожайність насаджень на підщепі М.9 у 1,5-2 рази перевищує показники садів на сіянцях Антонівки звичайної [20].

Висока щільність насаджень сприяє раціональному використанню площі, зменшенню витрат на догляд і забезпечує швидше повернення інвестицій. За правильного підбору сорто-підщепних комбінацій і дотримання технології вирощування такі сади зберігають стабільну продуктивність протягом 12-15 років. Ще однією важливою властивістю підщеп є вплив на регулярність плодоношення. На карликових і напівкарликових підщепах періодичність проявляється рідше, оскільки рослина рівномірніше розподіляє асимілянти між ростом і плодоношенням. Водночас на сильнорослих підщепах спостерігається більш виражена циклічність – після року з високим урожаєм дерево потребує часу для відновлення, і наступного року кількість плодів зменшується. Сорто-

підщепна взаємодія також визначає якість плодів – їх розмір, забарвлення, смакові властивості та лежкість. Дерева на карликових підщепах формують крупніші плоди, які відзначаються інтенсивнішим забарвленням і більшою кількістю цукрів, оскільки завдяки компактній кроні плоди отримують більше світла. На сильнорослих підщепах, де крона густа і менш освітлена, яблука зазвичай мають світліше забарвлення і нижчий вміст сухих речовин.

У комбінаціях із підщепою М.9 спостерігається підвищений вміст цукрів і покращене співвідношення кислотності, що позитивно позначається на смаку. У той же час на підщепах типу ММ.106 або ММ.111 плоди довше зберігаються, мають міцнішу шкірочку й підвищену лежкість.

Підщепа опосередковано впливає і на товщину та еластичність шкірочки плодів, що визначає їхню транспортабельність. У садах інтенсивного типу, де плоди збирають механізовано або транспортують на великі відстані, перевагу віддають саме таким комбінаціям, що забезпечують міцну структуру плоду. Крім того, взаємодія сорту та підщепи впливає на накопичення біологічно активних речовин- вітаміну С, фенольних сполук, антиоксидантів. Плоди, вирощені на карликових підщепах, зазвичай мають вищу концентрацію цих сполук, що підвищує їхню харчову й дієтичну цінність.

Підщепа істотно впливає не лише на ріст і плодоношення, а й на функціонування фотосинтетичного апарату дерев яблуні. За даними І.К.Омельченка, рівень фотосинтетичної активності безпосередньо залежить від площі листової поверхні, освітленості крони та співвідношення між вегетативною і генеративною масою [28]. У дерев на карликових підщепах листовка поверхня, як правило, менша, але працює ефективніше завдяки кращому освітленню і розміщенню листків. У таких рослин вищий коефіцієнт використання фотосинтетично активної радіації, що позитивно

позначається на врожайності у перерахунку на одиницю площі. На сильнорослих підщепах крона густа, нерідко загущена, через що внутрішні частини рослини отримують менше світла, а фотосинтетична активність знижується. Внаслідок цього погіршується забарвлення плодів, підвищується частка нетоварних яблук. Для компенсації цього явища у таких насадженнях застосовують обрізування, формування крони та регулювання освітлення.

Доведено також, що підщепа здатна змінювати анатомічну структуру листків і фізіолого-біохімічні процеси у клітинах. У рослин на слаборослих підщепах листки товщі, мають розвиненішу палісадну тканину, більшу кількість хлоропластів і вищу температур і посухи, хоча в умовах надмірного зволоження такі рослини можуть страждати від кисневого голодування коренів.

Важливою характеристикою сорто-підщепних комбінацій є їхня екологічна адаптивність, тобто здатність підтримувати стабільну продуктивність у змінних ґрунтово-кліматичних умовах. Висока адаптивність до посухи, морозу, підвищеної вологості чи засоленості ґрунтів є вирішальним чинником при виборі підщепи для конкретного регіону. Наприклад, підщепи ММ.106 і 54-118 відзначаються кращою посухостійкістю, тоді як М.9 і М.27 – підвищеною вимогливістю до вологості та родючості ґрунту. Не менш важливим є питання фізіологічної сумісності між сортом і підщепою. Несумісність може проявлятися у вигляді слабкого зрощення, поганого сокоруху, раннього старіння або навіть загибелі дерев. За спостереженням П.В.Кондратенка [19], фізіологічна несумісність найчастіше виникає при використанні малопоширених або нових підщеп, які не пройшли достатнього тестування з конкретним сортом. Тому перед масовим впровадженням будь-якої нової сорто-підщепної комбінації необхідне довгострокове випробування її поведінки у різних екологічних зонах.

Підщепа також визначає тривалість життя дерев та період їх ефективного використання. Сильнорослі підщепи забезпечують довговічність саду до 25-30 років, тоді як карликові – 15-18 років. Водночас, завдяки швидкому вступу в плодоношення та високій щільності посадки, загальний економічний ефект від карликових насаджень вищий навіть за коротшого терміну експлуатації.

Підщепа може впливати і на стійкість дерев до хвороб. Наприклад, комбінації на підщепях М.9 і М.26 відзначаються нижчою сприйнятливістю до парші, тоді як дерева на сіянцевих підщепях часто уражуються сильніше. Це пояснюється як фізіологічними особливостями тканин, так і відмінностями у мікрокліматі крони.

Таким чином, сорто-підщепна взаємодія визначає цілий комплекс біологічних і господарсько-цінних властивостей дерев яблуні – від фенології розвитку до якості плодів і тривалості життя насаджень. Добір оптимальних поєднань є одним із найважливіших напрямів інтенсифікації галузі, що забезпечує підвищення продуктивності, стабільності врожаїв і конкурентоспроможності яблуневого садівництва України.

#### **1.4. Адаптивність щепленої яблуні до основних стрес-факторів довкілля**

Адаптивність щеплених дерев – здатність підтримувати продуктивність та життєздатність в умовах змінних ґрунтово-кліматичних і антропогенних факторів – є однією з визначальних властивостей для успішного функціонування інтенсивних садів. Саме підщепа, її екологопластичність і сумісність із сортом визначають, наскільки стабільно дерево реагуватиме на посуху, переливи, низькі температури, засолення ґрунту або біотичний тиск (хвороби і шкідники). У практичному сенсі

адаптивність реалізується через стійкість кореневої системи, здатність підтримувати оптимальний водно-сольовий баланс і ефективність фотосинтетичного апарата за стресових умов.

Добір підщепи під конкретний помологічний сорт – технологічно важлива операція: вона дозволяє підвищити витривалість насаджень без значних додаткових втрат. За рахунок правильної сорто-підщепної пари можна зменшити вимоги до зрошення, знизити ризики замерзання у критичні періоди, підвищити опірність до корневих гнилей і частково компенсувати нестачу родючості ґрунту. Водночас неправильний добір підщепи може призвести до суттєвого падіння врожайності, передчасного старіння дерев або навіть до загибелі насаджень у несприятливі роки.

#### **1.4.1. Сумісність сорто-підщепних комбінацій яблуні**

Реалізація біологічного потенціалу яблуневих сортів можлива лише за умов високої здатності дерев адаптуватися до ґрунтово-кліматичних особливостей місця вирощування, що суттєво залежить від сумісності сорто-підщепних комбінацій. Тому при підборі нових підщеп для конкретних сортів яблуні необхідно досліджувати рівень їхньої спорідненості.

Зростання складових щеплення ще не гарантує нормального розвитку, міцного росту та високої продуктивності отриманої рослини. На практиці буває, що дерево виглядає слабким і хворобливим, виявляючи ознаки несумісності: навіть після успішного росту компонентів щеплення можуть виникати анатомічні порушення (механічна несумісність) або проблеми в обміні речовин між підщепою та прищепою. Біологічна сутність несумісності полягає у порушенні обміну речовин (фізіологічна несумісність), що пригнічує ріст, знижує продуктивність і адаптивність рослин і може призвести до їх загибелі.

Головна причина несумісності полягає у генетично зумовлених відмінностях метаболізму підщепи та прищепи. Це відображається у різниці хімічного складу тканин (зокрема білкового комплексу, спорідненість якого визначає сумісність), у перебігу біохімічних процесів (у слабкосумісних комбінаціях відбувається надмірне накопичення вуглеводнів і пероксидних сполук ліпідів, що сприяє передчасному старінню щепленого з'єднання), у недостатній узгодженості функціональних змін під впливом екологічних чинників та дисонансному проходженні фаз вегетації, особливо під час входу та виходу з періоду спокою. Усі ці фактори значно знижують сумісність компонентів щепленої рослини.

За словами **А.М. Силаєвої [12]**, явище несумісності і способи його подолання досліджені не повністю, що ускладнює пошук ефективних заходів боротьби. Найбільш результативним наразі вважається виявлення повністю сумісних сорто-підщепних сполучень, оцінка яких повинна бути максимально швидкою та зручною.

Існує багато методів діагностування несумісності для різних плодових культур, зокрема яблуні. Проте всі вони мають суттєві недоліки: складність виконання, тривалий час проведення або потребу в рідкісних та дорогих реактивах. Тому швидке та зручне визначення різних типів несумісності сорто-підщепних комбінацій яблуні залишається актуальним завданням.

Помірні прояви несумісності можуть довго залишатися непомітними візуально — до п'яти, десяти або навіть п'ятнадцяти років, особливо за високого рівня агротехніки та сприятливих ґрунтово-кліматичних. Така форма несумісності називається прихованою або несумісністю сповільненої дії і є найскладнішою для діагностики. Проте навіть прихована несумісність через зниження ефективності фотосинтезу, порушення водного балансу та зміну метаболічних процесів значно погіршує стійкість дерев, у тому числі

яблуні, до несприятливих факторів середовища (особливо посухи), знижує продуктивність і прискорює старіння. Дослідження показали, що прихована несумісність суттєво знижує зимостійкість щепленої яблуні, особливо кореневої системи.

Візуально помітна несумісність може проявлятися по-різному. Один із варіантів — неміцне зростання: велика кількість саджанців ламається ще у розсаднику, а інколи — й у дорослому саду, хоча до перелому ріст рослин здається нормальним. Типовою ознакою є гладка поверхня місця зламу, ніби щепи та прищепи щільно прилягали одна до одної.

Інший тип помітної несумісності пов'язаний із так званім «голодуванням» підщепи. У цьому випадку ріст може бути міцним, проте порушуються темпи обмінних процесів у щепленому дереві. Така несумісність діє подібно до кільцевої перетяжки стовбура: ускладнюється надходження пластичних речовин до коренів, знижується фотосинтетична активність і прискорюється старіння листків.

Вегетативна маса щепленого сорту накопичує крохмаль значно швидше, ніж коренева система дерева, у якої спостерігаються ознаки крохмального «голодування» (відставання у рості, напливи прищепи над місцем щеплення). Коренева система таких дерев розвивається слабо і погано закріплюється в ґрунті. Високий ступінь несумісності за типом «голодування» підщепи може призводити до загибелі саджанців яблуні у розсаднику в другій половині літа через відмирання коренів.

Несумісність цього типу часто скорочує період вегетації дерев, викликає передчасне листопадання (починаючи з верхівки пагонів). У плодоносних дерев знижується врожайність і погіршується якість плодів — вони стають дрібнішими, хоча іноді яскравіше забарвленими.

Особливо виражені порушення росту щеплених компонентів проявляються у вигляді крапкової хвороби. У тканинах прищепи виникають некрози у формі темно-бурих або чорних крапок і рисок, тоді як на підщепі вони не спостерігаються. Хвороба проявляється вже на однорічних рослинах у розсаднику, а на дворічках — більш виразно. В уражених рослин листки скручуються, з'являються хлоротичні плями, тканина листової пластинки буріє та засихає. У хворобливих дерев формується виродлива крона, відмирає коріння. При слабкому прояві крапкової хвороби спостерігається рифленість деревини, але дерева можуть жити довше. Уникнути крапкової хвороби можна ретельним підбором сорто-підщепних комбінацій за сумісністю.

Для визначення рівня сумісності сорто-підщепних комбінацій часто застосовують візуальні методи оцінки. **W.T. Chang [3]** вважає, що ознаками несумісності є передчасне завершення росту окулянтів, зміну забарвлення листя та листопад. Проте, подібні ознаки можуть виникати й під впливом інших екстремальних факторів, що ускладнює точну діагностику саме несумісності щеплених компонентів.

Наприклад, кільцева перетяжка, утворена на місці невчасно знятого шпагату зимової обв'язки, або механічне кільцеве пошкодження кори штамбу після фрезерної обробки пристовбурних смуг, також можуть викликати характерні напливи через регенераційні процеси в місці пошкодження.

Останні прояви можна розглядати як ознаки несумісності. Проте обламування у місці щеплення молодих або навіть плодоносних дерев часто не має фізіологічного походження і вимагає ретельного обстеження для точного визначення причин. Кожне потовщення прищепи над підщепою також потребує уваги. Таке явище досить часто спостерігається при щепленні яблуні на підщепи М.8, М.9 та їх клони. У більшості випадків ця нерівність

за товщиною не є проблемою для дерева і свідчить про активне надходження асимілятів до кореневої системи.

Якщо підщепа в місці зростання за товщиною дорівнює прищепі, але звужується донизу, це свідчить про розбалансування обмінних процесів у рослині. Літературні дані щодо цієї ознаки суперечливі: відомі випадки продуктивних і довговічних сорто-підщепних комбінацій із явно вираженими напливами прищепи над місцем щеплення, тоді як інші комбінації виявляли несумісність без характерного напливу.

Щеплені дерева з певним типом несумісності, особливо прихованої, не завжди демонструють явні зовнішні ознаки, що ускладнює або робить неможливим їх раннє виявлення у розсаднику чи саду. Для точного визначення впливу різних стрес-факторів (посуха, гіпоксія коренів, інфекційні хвороби, віруси тощо) рослини доводиться спостерігати протягом багатьох років. Очевидно, що оцінка ступеня сумісності сорто-підщепних комбінацій яблуні потребує не лише візуальних методів, але й більш наукоємних і прискорених способів діагностики.

Експрес-діагностика рівня сумісності та функціональної стійкості нових сортів має надзвичайне значення для їх швидкого впровадження у промислове садівництво, особливо в умовах кліматичних змін, спричинених глобальним потеплінням [6]. Значно прискорити оцінку інтенсивних яблуневих насаджень дозволяють сучасні фізіологічні методи, зокрема ті, що базуються на визначенні особливостей проходження фотосинтетичних реакцій у рослинах.

#### **1.4.2. Стійкість яблуні**

Стійкість яблуні до несприятливих умов перезимівлі є лімітуючою ознакою для промислового вирощування цієї культури в різних регіонах [5].

Рівень зимостійкості яблуні визначається не лише генетично, а й істотно змінюється під впливом комплексу факторів протягом вегетаційного періоду та морозного сезону [6].

Реалізація потенціалу зимостійкості дерев залежить від генетичних особливостей сортів, сумісності сорто-підщепних комбінацій, рівня загартування рослин, віку та стану насаджень, вологозабезпечення під час інтенсивного росту та визрівання пагонів, агротехнічного рівня, типу обрізки, особливостей удобрення та узгодженості фаз вегетації з погодними умовами річного циклу. Підщепа впливає на більшість цих факторів безпосередньо чи опосередковано [17].

Інтенсивне садівництво на слаборослих підщепах є найбільш рентабельним у світі і цілком можливим для більшості садівничих регіонів України. Проте промислове використання широко поширених у Західній Європі клонових підщеп серій М і ММ у Лісостепу України обмежене через недостатню морозостійкість їх кореневої системи. За даними П.В. Кондратенка [19], критична температура у кореневмісному шарі ґрунту для більшості таких підщеп становить  $-10,0 \dots -10,5$  °С. Сучасні підщепи зарубіжної селекції (М.3, ММ.109) мають вищий запас морозостійкості — до  $-13,0$  °С.

Окремі форми підщеп (54-118, 57-490, серії КС: 16-65-34, 9-20-19, 31-21-91) здатні витримувати зниження температури в кореневій зоні до  $-16$  °С. Проте більшість цих підщеп мають обмежене технологічне використання в маточниках, не забезпечують достатньої продуктивності та стриманості росту, посухостійкості й скороплідності. Через це їхнє широке застосування обмежене, особливо для північної частини Лісостепу України, де раз на 10 років спостерігаються суворі малосніжні зими з температурами повітря нижче  $-25$  °С. При цьому періодично температура ґрунту у верхньому 20-см

шарі може падати до  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче. У разі сильного пошкодження кореневої системи, особливо скелетних коренів, дерево гине незалежно від стану надземної маси. Тому виживають лише рослини з морозостійкою кореневою системою. Пошук морозо- та зимостійких клонових підщеп, особливо карликових, для Лісостепу України є актуальним.

Підщепа безпосередньо впливає на зимостійкість прищепи, змінюючи характер росту та реакцію дерева на навантаження врожаєм. Високоврожайні яблуні на клонових підщепах із активним ростом зазвичай мають кращу зимостійкість. Пригнічений або надмірно інтенсивний ріст сприяє зниженню зимостійкості. Для сортів із довгим вегетаційним періодом підщепа, яка сприяє швидшому завершенню росту, є позитивною, тоді як затягнення росту пагонів може уповільнити розвиток кореневої системи та знизити її зимостійкість.

При оцінці зимостійкості дерев слід враховувати сумісність щеплених компонентів, оскільки лише за її високого рівня дерево буде витривалим. Несумісність істотно знижує зимостійкість як кореневої, так і надземної системи, внаслідок чого дерева не реалізують свій потенціал стійкості до негативних умов морозного періоду та відлиг.

Повна сумісність щеплених компонентів сприяє повному прояву властивої сорту зимостійкості. Зимо- та морозостійкість є сортовими ознаками, однак для набуття високої здатності витримувати несприятливі умови перезимівлі рослини мають пройти певний етап підготовки та період загартування.

Морозостійкість проявляється лише у певні періоди року і залежить від стану рослини. Ключовою умовою є входження дерев у стан спокою, що передуює завершенню диференціації камбіальних клітин та лігніфікації клітинних оболонок. Підготовка яблуні до зимового періоду починається

після завершення інтенсивного росту пагонів, що у зоні Лісостепу зазвичай відбувається у серпні.

Зі сповільненням ростових процесів у тканинах і органах дерев починається накопичення певної частки синтезованих речовин, які забезпечують життєдіяльність рослин у холодний період. Проте ця кількість запасних органічних сполук невелика, оскільки ще тривалий час (за достатньої кількості опадів — до середини вересня) триває диференціація камбіальної тканини у деревину та корову паренхіму, що потребує значних енергетичних витрат рослиною.

Після завершення клітинного поділу починається інтенсивне накопичення органічних речовин поліфенольної природи (переважно лігніну) у тканинах та органах рослин. Ці структурні перетворення не строго розмежовані у часі: вони починаються у внутрішніх шарах деревини ще влітку і завершуються у коровій тканині наприкінці вегетації (для Лісостепу — у листопаді).

Структурно-функціональні зміни супроводжуються зневодненням тканин через підвищення водопроникності мембран клітин, що забезпечує незворотність аклімації. Особливо активізуються аклімаційні процеси під впливом від'ємних температур нижче  $0...-5^{\circ}\text{C}$ .

Заключний етап набуття рослинами максимальної морозостійкості спостерігається під дією тривалого охолодження до  $-10^{\circ}\text{C}$  і нижче. Зимові відлиги знижують морозостійкість, а наступні похолодання відновлюють її, проте у меншому ступені, ніж початкова аклімація, що пов'язано з процесом незворотної деаклімації. Розвиток та втрата морозостійкості безпосередньо пов'язані зі змінами стану води в клітинах і тканинах органів плодкових рослин.

Яблуня використовує два основні механізми для набуття зимостійкості. Клітини більш адаптованих рослин у період загартування під дією низьких і від'ємних температур швидше віддають воду у міжклітинники. Це спричиняє зневоднення клітин і тканин, зменшуючи ризик утворення льоду всередині клітин.

Водночас підвищення концентрації внутрішньоклітинного розчину та осмотичного тиску дозволяє клітинам краще утримувати залишкову воду. Цей механізм є критично важливим для запобігання надмірної втрати води, висушування та загибелі клітин. Підвищення осмотичного тиску сприяє іммобілізації води на клітинних білкових структурах. У клітинах збільшується концентрація низькомолекулярних білків-шаперонів, які запобігають утворенню льоду. У середині клітин шаперони виконують функцію кріопротекторів, а на клітинних стінках і в міжклітинниках виступають центрами льодоутворення, сприяючи відтоку води з клітин через прискорену нуклеацію льоду.

Чим швидше відбувається утворення льоду у міжклітинниках, тим ефективніше клітини втрачають воду та акліматизуються до низьких від'ємних температур. Швидка віддача води клітинами у міжклітинники забезпечує морозостійкість до певного порога; при перевищенні цієї межі відбувається висушування і загибель рослинного організму.

Важливим для аклімації до умов перезимівлі є також здатність тканин до глибокого переохолодження, що запобігає пошкодженню внутрішньоклітинним льодом.

Високі від'ємні температури початку льодоутворення в мікрокапілярах ксилеми свідчать про здатність яблуні до глибокого переохолодження. У яблуні цей процес зазвичай починається при низьких від'ємних температурах у межах  $-5...-10$  °C. Друга фаза замерзання відбувається у тканинах флоєми

при температурах  $-10...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  і характеризується дрібними макрокапілярами та високим вмістом розчинних речовин-кріопротекторів у міжклітинниках. Через ці особливості температура ініціації льодоутворення у флоемі нижча, ніж у ксилемі.

Стійкість щепленої яблуні до глибокого переохолодження використовується як основа для багатьох сучасних фізіологічних методів оцінки морозо- та зимостійкості культури.

Водночас яблуня є вибагливою до зволоження. Дерева часто страждають від повітряної посухи, яка зазвичай передує ґрунтовій. Ґрунтова посуха особливо небезпечна, оскільки призупиняє ріст всмоктувальних корінців.

Оптимальна вологість ґрунту для яблуні становить 60–80 % НВ, а достатня річна сума опадів — 500–800 мм, за умови їх рівномірного розподілу протягом року та достатнього зволоження у критичні періоди росту та розвитку. До таких надкритичних періодів належать цвітіння дерев, інтенсивний ріст пагонів, зав'язування та досягання плодів, а також диференціація генеративних бруньок.

Порушення водного режиму у ці ключові стадії призводить до значного зниження врожайності як поточного, так і наступного року.

В останні роки питання адаптивності яблуні до напруженого водного режиму стає особливо актуальним у контексті змін клімату, спричинених глобальним потеплінням. Ці зміни здатні викликати значні й важкопрогнозовані порушення гомеостазу рослин. Середньорічна температура повітря в Україні щорічно підвищується на  $0,4-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що ускладнює підтримання водного балансу в рослинах. У західній частині Лісостепу посушливі періоди спостерігаються щороку і значно почастишали протягом останнього десятиріччя.

Дерева яблуні на клонових підщепах вважаються більш посухостійкими, ніж на сіянцях. Важливими факторами, що визначають здатність дерев витримувати коливання водного режиму, є глибина залягання кореневої системи та її фізіологічні особливості. Дослідження багатьох науковців показують, що підщепа М.9 фізіологічно більш посухостійка порівняно з напівкарликовою 54-118 і навіть із насінневими підщепами яблуні.

Проте через поверхневе розташування коренів М.9, як і інших слаборослих підщеп, дерева погано витримують тривалу ґрунтову посуху. Мичкувата коренева система таких рослин страждає при довгих перервах між поливами. Водночас висока фізіологічна посухостійкість коренів дозволяє вирощувати яблуню на М.9 за умов зрошення навіть у країнах Середньої Азії.

Фізіологічна посухостійкість підщепи відображає ефективність роботи кореневої системи та є важливою характеристикою при доборі посухостійких сорто-підщепних комбінацій яблуні.

Дослідження С.М. Чухіля, О.І. Китаєва та О.Д. Чижя підтвердили високу посухостійкість М.9 в умовах Лісостепу України як у маточнику, так і в розсаднику. Високі показники спостерігалися також у підщеп і сорто-підщепних комбінацій із сортами Д 1071, 62-396, ММ.106, 54-118 та деяких підщеп вітчизняної селекції: Самбірська (62-16-19), Надія (2-20-21), Батуринська (22-21-15), 30-20-25, 21-20-43.

Посухостійкість культурних рослин визначається комплексом властивостей, які взаємодіють між собою. Важливими чинниками посухостійкості рослин є концентрація клітинного соку, що впливає на осмотичний тиск і, відповідно, на поглинальну здатність всмоктувальних коренів, швидкість транспорту води та здатність рослин максимально довго

утримувати воду за її дефіциту [1]. На субклітинному рівні відновлення водного балансу визначається бар'єрною функцією клітинних мембран, які регулюють швидкість дифузії молекул води.

Буферні властивості мембран залежать від кількості наскрізних пор і їх діаметра. Формування пор у мембранах відбувається завдяки структурній реорганізації мембранних складових, зокрема зміні ступеня занурення білків на поверхні мембран після їх конформаційних перетворень [2]. На думку багатьох дослідників, розмір і утворення мембранних пор визначаються міцністю водневих зв'язків у білково-ліпідній організації мембран та іонним зарядом молекул води. Цей заряд має бути достатньо потужним для формування тимчасових пор у пошаровій структурі мембрани.

Зовнішні умови, зокрема температура та вологість повітря й ґрунту, безпосередньо впливають на ці процеси. При підвищених температурах трансмембранний транспорт через плазмолему значно посилюється, що призводить до підвищеної водовіддачі. За нестачі води, але не до критичних рівнів, рослини здатні певною мірою адаптуватися до посухи .

Дослідники наголошують, що вода є настільки важливим ресурсом для життєдіяльності рослини, що вона прагне підтримувати оводненість клітин і органів на високому рівні навіть за несприятливих умов, часто за рахунок репродуктивної сфери (скидання квіток, зав'язі або плодів). Водночас абсолютні показники оводненості і водного дефіциту органів плодових рослин, що часто використовуються для оцінки посухостійкості, можуть залишатися у межах норми. При цьому рідко враховується варіабельність цих показників у критичні періоди росту й розвитку або протягом кількох років спостережень.

Діапазон значень певного показника дозволяє більш точно відобразити процеси регулювання водообміну у рослині на різних рівнях організації та

визначати генетичні межі стійкості досліджуваного об'єкта до посухи. Вода є універсальним розчинником, без якого неможливе проходження метаболічних реакцій у клітині. Її дефіцит негативно впливає на ключові процеси життєдіяльності рослини, такі як осмотичний тиск кореневої системи, фотосинтез, транспірація та дихання.

Нестача води ускладнює синтез і перерозподіл асимілятів, що призводить до зниження врожайності яблуні, погіршення товарних і смакових якостей плодів, уповільнює визрівання пагонів, знижує зимостійкість та прискорює старіння рослини. Водний режим, змінюючи концентрацію клітинного соку, впливає не лише на ріст пагонів, але й на закладання бруньок та їх перетворення з вегетативних у генеративні, що визначає врожай наступного року.

При тривалій нестачі води відбуваються структурно-функціональні зміни в органах, тканинах та компонентах клітин. Зокрема, трансформації мембран і клітинних органел, особливо хлоропластів, порушують взаємодію між реакційними центрами та акцепторами асимілятів у системі «джерело–стік», що знижує функціональну ефективність фотосинтетичного апарату та рівень врожаю.

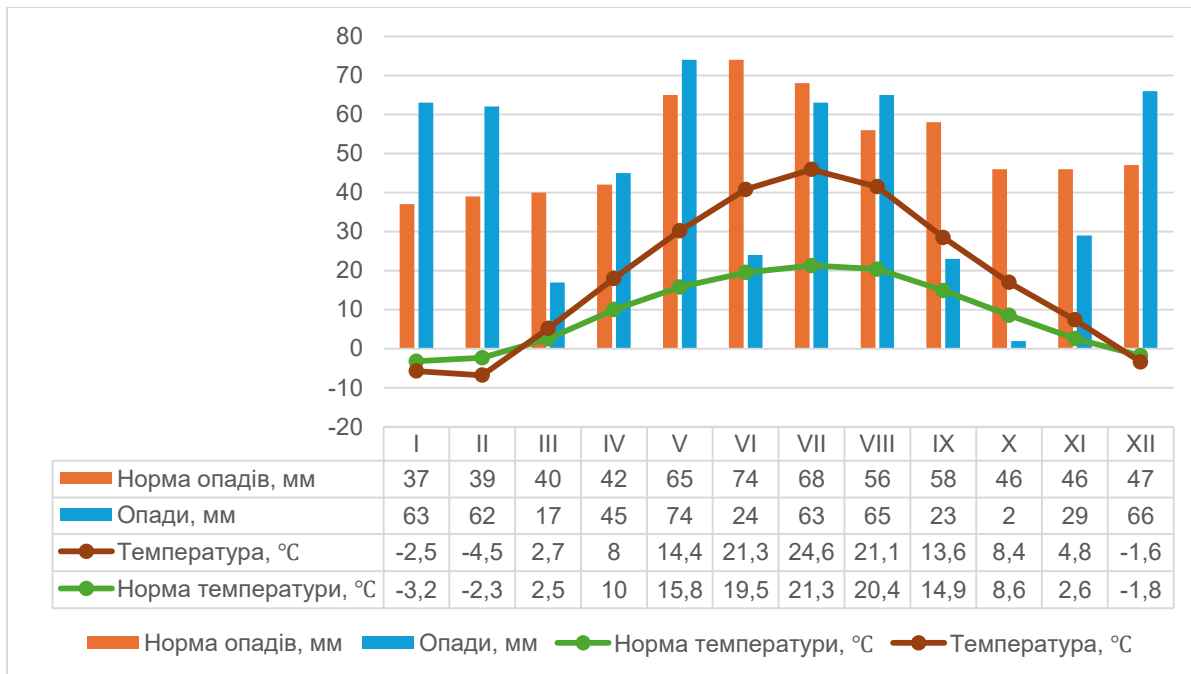
У сучасних умовах України забезпечити ефективне зрошення плодкових насаджень складно, тому добір посухо- та жаростійких підщеп і сорто-підщепних комбінацій яблуні — основної плодової культури країни — має велике практичне значення.

## **РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Характеристика погодних умов та місця проведення досліджень**

Дослідження здійснювалися упродовж 2024–2025 років на базі навчальної лабораторії «Плодоовочевий сад» Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лабораторія розташована в північній частині Лісостепу України, для якої характерний помірно континентальний клімат. Кліматичні умови регіону відзначаються відносною м'якістю та забезпечують достатній рівень зволоження протягом усього вегетаційного періоду.

Аналіз середньомісячних температур (рис. 1) засвідчив, що у 2023–2024 роках температурний режим повітря впродовж періоду активної вегетації кукурудзи (травень – вересень) перевищував середньобаторічні значення. Середня температура за цей період становила 19,9 °С у 2023 р. та 21,2 °С у 2024 р., що відповідно на 1,8–3,0 °С вище багаторічної норми (18,2 °С). Натомість 2025 рік характеризувався нижчим температурним фоном — середня температура склала 17,5 °С, що на 0,6 °С менше від середньобаторічного показника.



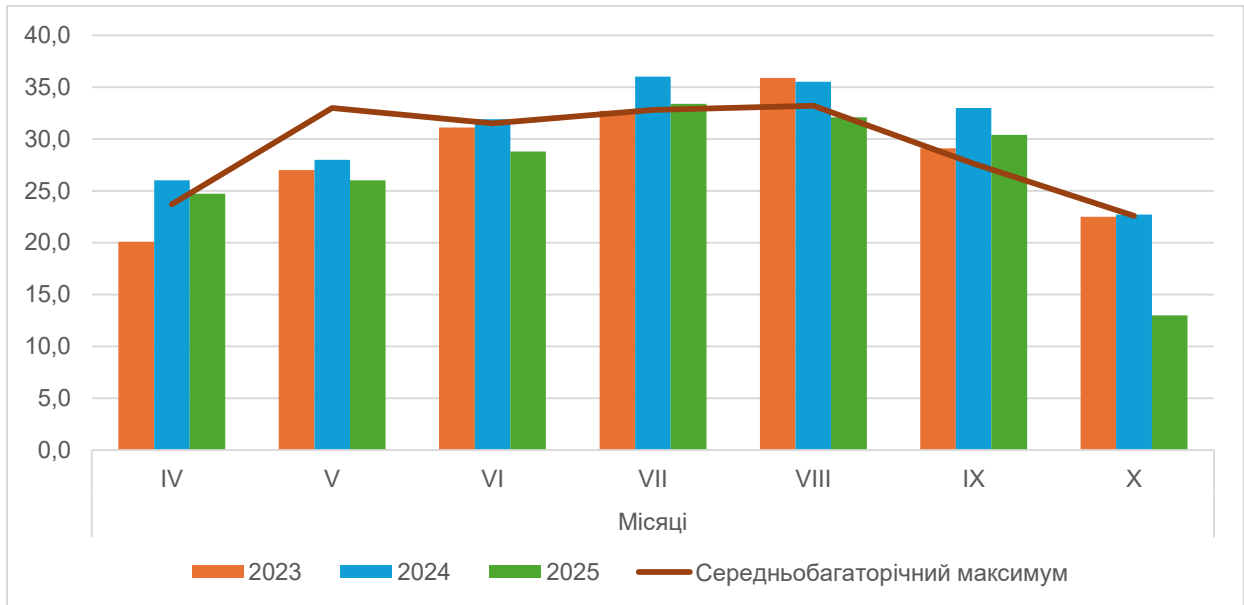
**Рисунок 1. Середньомісячна температура за 2023–2025 рр.**

Найтеплішим місяцем упродовж усіх років досліджень залишався липень, середні температурні показники якого становили 20,7–24,3 °C. У цей період відбувається активне формування надземної маси рослин і фаза цвітіння, тому належна теплозабезпеченість сприяла підвищенню інтенсивності процесів фотосинтезу.

Водночас у 2024 році підвищення температури повітря понад 24 °C у поєднанні з недостатнім рівнем зволоження у другій половині липня призвело до часткового пригнічення ростових процесів рослин у фазі викидання волоті.

У 2025 році температурний режим був помірнішим (9,4–20,7 °C), що створювало сприятливі умови для рівномірного цвітіння та наливу зерна. У вересні середні температури зберігалися на рівні 16,7–20,5 °C, що зумовило подовження вегетаційного періоду та сприяло дозріванню зерна з пониженою вологістю під час збирання врожаю.

Максимальні температури повітря (рис. 2) упродовж вегетаційного періоду (травень–вересень) коливалися в межах 26,0–36,0 °С. Найвищі значення зафіксовано у липні 2024 року — 36,0 °С, що перевищувало середньобагаторічний показник (32,8 °С) на 3,2 °С. Подібна тенденція спостерігалася і в серпні, коли температура повітря досягала 35,5 °С.



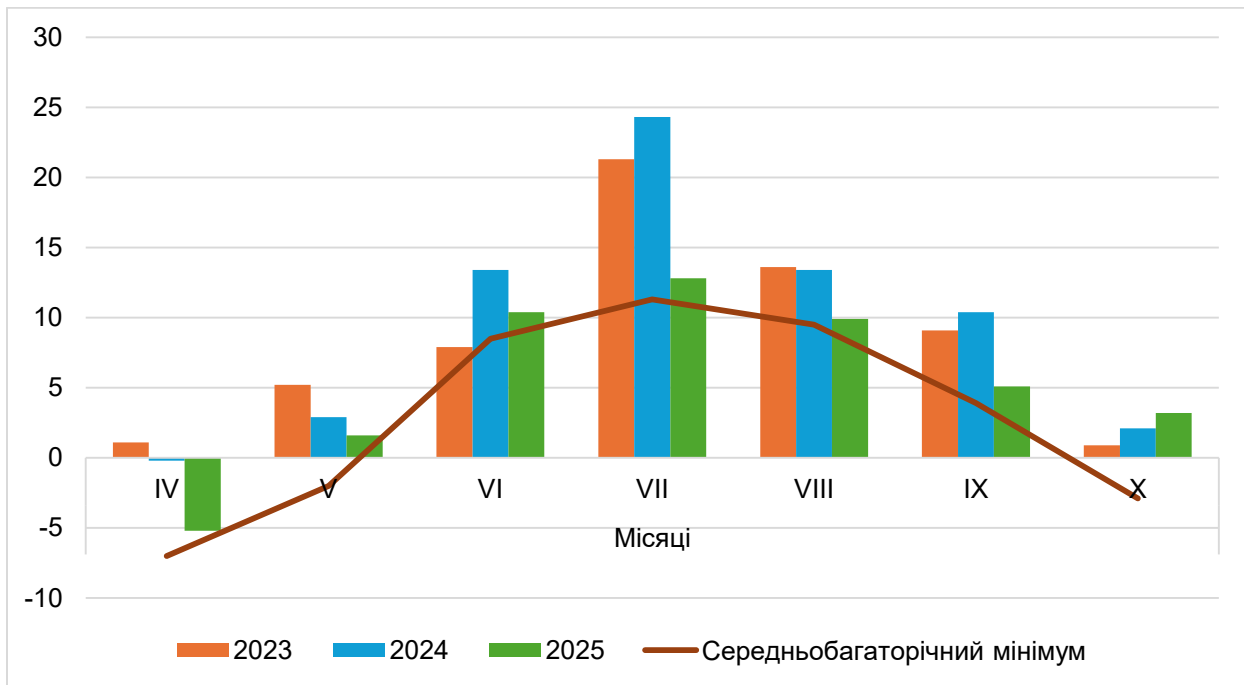
**Рисунок 2. Максимальна температура по місяцях 2023-2025 рр.**

У 2023 році максимальні температури повітря були дещо нижчими порівняно з 2024 роком, проте вже тоді спостерігалися короточасні періоди спеки в серпні, коли температура досягала 35,9 °С. У 2025 році максимальні значення не перевищували 33,4 °С, що, однак, залишалося вищим за середньобагаторічні показники.

Підвищення температурного режиму в осінні місяці (вересень – жовтень) у 2023–2025 роках також було вираженим — максимальні температури у вересні сягали 29–33 °С. Це сприяло подовженню вегетаційного періоду, проте водночас прискорювало процеси фізіологічного старіння рослин.

Таким чином, 2024 рік характеризувався найбільш екстремальними умовами за температурним режимом, що могло зумовити зниження врожайності внаслідок скорочення тривалості періоду запилення.

Мінімальні температури повітря (рис. 3) відзначалися істотними міжрічними коливаннями. Зокрема, у квітні 2025 року температура знижувалася до  $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що було дещо вище за середньобагаторічний мінімум ( $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



**Рисунок 3. Мінімальна температура по місяцях за 2023-2025 рр.**

У середньому за вегетаційний період (квітень–жовтень) кількість опадів перевищувала середньобагаторічну норму (310,8 мм) у всі роки досліджень, проте відзначалися значні міжмісячні коливання, що зумовлювали чергування періодів надмірного зволоження та короткочасних посух.

У 2025 році загальна кількість опадів становила 543,5 мм (174,9 % від норми), однак їх розподіл був вкрай нерівномірним. У травні (134,3 мм)

спостерігалось перезволоження ґрунту, що створювало ризики розвитку корневих гнилей у фазі початкового росту рослин. Натомість у серпні (26,6 мм) та вересні (20,4 мм) відзначався дефіцит вологи, який спричиняв короткочасну посуху в період наливу зерна. Разом з тим, помірні дощі наприкінці вересня сприяли підтриманню вологості зерна на рівні, придатному для механізованого збирання.

Загалом, розподіл опадів упродовж досліджуваних років засвідчив тенденцію до збільшення їхньої річної суми при одночасному порушенні сезонного розподілу. Найбільш істотні відхилення від середньобагаторічних значень спостерігалися у квітні та липні 2023–2025 рр., коли періоди надлишкових опадів змінювалися тривалими фазами сухої погоди в серпні–вересні.

Різні агрохімічні чинники — зокрема вміст гумусу, мінеральних елементів, кислотність (рН) ґрунту та інші показники його хімічних властивостей — комплексно впливають на формування оптимальних умов для росту й розвитку рослин. Їхній вплив певною мірою визначається типом ґрунту та його здатністю акумулювати органічні й мінеральні речовини.

Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом дерново-середньопідзоленим крупнопилуватим середньосуглинковим, сформованим на лесових відкладах, що є характерним для північної частини Лісостепу України. Вміст гумусу в орному шарі (0–40 см) становить 0,69–2,07 %, а показник кислотності (рН водної витяжки) перебуває в межах 6,47–6,81 (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1.1** – Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки

| Глибина відбору зразків ґрунту, см | pH водне | NO <sub>3</sub> , мг/кг | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг | K <sub>2</sub> O, мг/кг | Гумус, %  |
|------------------------------------|----------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------|
| 0–20                               | 6,81     | 63,0                    | 314,4                                 | 103,2                   | 1,17–2,07 |
| 20–40                              | 6,56     | 51,8                    | 290,4                                 | 79,4                    | 0,69–0,83 |
| 40–60                              | 6,47     | 33,6                    | 175,0                                 | 58,2                    | -         |
| 60–80                              | 6,73     | 22,4                    | 140,0                                 | 50,0                    | -         |
| 80–100                             | 6,73     | 21,0                    | 117,6                                 | 58,3                    | -         |
| оптимальні рівні забезпечення      | 6,5–7,0  | 90–150                  | 150–200                               | 120–180                 | -         |

Встановлено, що забезпеченість ґрунту лужногідролізованим азотом є дуже низькою (за класифікацією Корнфільда). Вміст рухомих форм фосфору (за методом Чірікова) оцінюється як високий у всіх горизонтах і дуже високий — у верхньому орному шарі (0–40 см). У зразках ґрунту, відібраних з глибини 0–20 см, зафіксовано підвищений рівень забезпечення обмінним калієм (за Чіріковим), тоді як у глибших горизонтах цей показник відповідає середньому рівню.

## 2.2. Об'єкт та предмет досліджень

**Об'єкт дослідження** - 7 підщеп яблуні української та закордонної селекції, а саме: 54.118 (напівкарликова, СРСР), М.9 (карликова, Нідерланди), МЛ969 (карликова, ІС НААН України Інститут помології ім. Л.П. Симиренка, Україна), Батуринська (напівкарликова, ІС НААН України, Україна), Надія (напівкарликова, ІС НААН України, Україна), ММ.106 (напівкарликова, Англія), Конопська (карликова, ІС НААН України, Україна).

**Предмет досліджень** – рівень посухо- та жаростійкості рослин.

Закладання дослідів, обліки і спостереження проводили відповідно до «Методики проведення польових досліджень з плодовими культурами» [] та «Методики державного випробування...».

## 2.3. Методика досліджень

Закладання дослідів, обліки і спостереження проводили відповідно до «Методики проведення польових досліджень з плодовими культурами» [] та «Методики державного випробування...».

Для аналізу метеорологічних умов були використані дані з метеостанції НЛ "Плодоовочевий сад".

**Оцінювання загального стану** дерев яблуні здійснюють восени, до початку опадання листя, шляхом детального візуального огляду кожного облікового дерева. Під час огляду враховують такі показники, як ступінь ушкоджень, отриманих за зимовий період, інтенсивність відновлювальних процесів, величину приросту та стан листя. Загальний стан рослин визначають за бальною системою:

9 - відмінний: дерево здорове, ріст спостерігається на всіх верхівкових гілках, крона облиствлена добре, приріст виразно високий;

7 - добрий: загальний стан дерева є задовільним, ріст спостерігається на всіх верхівкових гілках, крона нормально облиствлена, приріст помірний; можлива наявність слабких механічних або морозових пошкоджень, які незначно впливають на рослину;

5 - задовільний: дерево значно ослаблене внаслідок зимових морозів та механічних пошкоджень, відзначаються втрати до 30% гілок; приріст обмежений та слабкий;

3 - слабкий: стан дерева є вкрай слабким, воно хворе, втратило велику частину крони, деревини гілок коричневі, кора серйозно пошкоджена опіками та морозовими ушкодженнями; приріст слабкий і обмежений на окремих гілках;

1 - дуже слабкий: дерево майже на межі загибелі через механічні або важкі зимові пошкодження.

За сукупністю ознак, що характеризують реакцію сортів на посушливі умови, випробувані сорти класифікуються у групи відповідно до їх стійкості з відповідними оцінками в балах:

1 — сорти, які не виявляють стійкості до посухи, проявляючи відсутність приросту пагонів, жовтіння листків, їх в'янення та сильне опадання зав'язей;

3 — сорти, які виявляють слабку стійкість до посухи, характеризуючись відсутністю приросту пагонів, жовтіння листків, їх в'янення та помірним опаданням зав'язей та плодів;

5 — сорти, що мають середню стійкість до посухи, з незначним приростом пагонів, помірним жовтінням листків, та помірним опаданням зав'язей та плодів;

7 — сорти, які виявляють стійкість до посухи, з нормальним приростом і забарвленням листків, та незначним опаданням зав'язей та плодів;

9 — сорти, які проявляють велику стійкість до посухи, не виявляючи ознак впливу посухи.

**Визначення оводненості тканин.** Для визначення загального вмісту води у листках використовують такий метод: 5-10 листків поміщають у металеві бюкси (повторний експеримент проводять двічі) і сушать в термостаті при температурі 105 °С до того моменту, коли маса зразка не змінюється (до досягнення постійної маси). Загальний вміст води (В) в відсотках від сирої маси зразка обчислюють за допомогою такої формули:

$$B = \frac{(b - c)}{(b - a)} 100,$$

де: а — маса порожнього бюкса (г),

б — маса бюкса з сирою наважкою (г),

с — маса бюкса з сухою наважкою (г).

**Визначення водного дефіциту.** Листки (по 3-5 штук, повторність дворазова) з оновленими зрізами черешків зважують і поміщають черешками в колбу з водою для насичення. Колби ставлять в кристалізатор з водою і накривають таким же кристалізатором для створення повітряної камери. Після 24- годинного насичення черешки листя підсушують фільтрувальним папером і листки зважують.

*Інтерпретація результатів*

0–10 % — листки практично не відчують дефіциту вологи;

10–20 % — помірний дефіцит, можливе зниження інтенсивності фотосинтезу;

20–30 % — значний дефіцит, листки в'януть, ріст пригнічується;

понад 30 % — сильний стрес, що може призвести до передчасного опадання листя та зниження врожайності.

**Визначення водоутримувальної здатності листя.** Листки (3-10 штук, в залежності від величини, в 2-кратній повторності) зважують, а потім поміщають на решітках в термостат з постійною температурою (23 °С) і вологістю повітря. Через 2, 4 і 6 годин проводять повторні зважування для визначення втрати води.

Водоутримувальна здатність тим вища, чим менша втрата води (ПВ) листям за певний час; вона визначається за формулою:

$$\text{ПВ} = \frac{B}{A} 100,$$

Для оцінки стійкості до впливу високої температури проводять наступний експеримент: зразки, що складаються з п'яти листків кожен, піддають впливу водяної бані з температурами 50, 55 та 60 °С протягом 10 хвилин. Після цього листки охолоджують і опускають на 10 хвилин у 0,1 Н розчин соляної кислоти. Ступінь пошкодження тканин листя, виражений у відсотках від загальної площі, служить показником стійкості зразка до тепла:

- Дуже високий рівень стійкості означає, що листя не має ознак пошкодження після впливу температури 60 °С.

- Високий рівень стійкості вказує на те, що пошкоджується 20% поверхні всіх листків після впливу температури 60 °С.

- Середній рівень стійкості означає, що пошкоджується до 80% поверхні всіх листків при температурі 55 °С, і вони гинуть після впливу 60 °С.

- Низький рівень стійкості вказує на те, що листки можуть витримувати температуру 50 °С, але гинуть при 60 °С.

- Дуже низький рівень стійкості означає, що листки гинуть при температурі 50 °С.

У процесі статистичної обробки результатів польвих і лабораторних вимірювань використовували дисперсійний і кореляційний аналіз з використанням інструментів програми Excel.

Економічне обґрунтування ефективності досліджуваних варіантів здійснювали за методикою О.М. Шестопаля [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

У процесі статистичної обробки результатів польвих і лабораторних вимірювань використовували дисперсійний і кореляційний аналіз з використанням інструментів програми Excel.

## **РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У життєвому та річному циклах рослин не існує періодів, які можна вважати менш або більш важливими: розвиток рослини відбувається безперервно, а на кожну фазу росту впливають зовнішні фактори, такі як температура, вологість, інсоляція та наявність стресових умов. Проведення фізіологічних досліджень дозволяє визначити сорти та підщепи, найбільш адаптовані до конкретних кліматичних умов, що, у свою чергу, дає змогу оптимізувати технології їх вирощування. Це не лише зменшує негативний вплив високого стресового навантаження на рослини, а й сприяє підвищенню продуктивності та поліпшенню якості врожаю.

У сучасних умовах глобального потепління актуальність підбору сортів, які поєднують високу посухостійкість та врожайність незалежно від коливань температури і вологості повітря, постійно зростає. Дослідження посухостійкості дозволяє об'єктивно оцінити адаптивний потенціал сортів, виділити найбільш перспективні для використання як донори у селекції нових культур з підвищеною екологічною стійкістю, а також забезпечує раціональне розміщення садових насаджень у різних агрокліматичних зонах.

Одним із ключових фізіологічних механізмів забезпечення високої посухостійкості є здатність рослин підтримувати залишкову кількість води у тканинах після зав'янення. Визначення цієї властивості в лабораторних умовах через оцінку водоутримувальної здатності листків дозволяє не лише порівнювати сорти та підщепи за стійкістю до дефіциту води, а й прогнозувати їхню продуктивність та життєздатність у стресових умовах.

### **3.1. Оцінювання загального стану рослин**

Загальний стан рослин характеризує адаптаційну здатність сорту. Багаторічними дослідженнями встановлено, що існує пряма залежність стану

рослин від зимо- та посухостійкості, відновлювальної здатності, стійкості до шкідників і хвороб. Усі ці особливості підсумовуються у показнику загального стану рослин, тому він свідчить про ступінь придатності сорту для вирощування у певній ґрунтово-кліматичній зоні.

### 1. Загальний стан рослин, середнє за 2024-2025 роки.

| Сорт        | Оцінка, бал |
|-------------|-------------|
| 54.118      | 8,1         |
| М.9         | 7,9         |
| МЛ969       | 9,0         |
| Батуринська | 8,0         |
| Надія       | 7,6         |
| ММ106       | 7,8         |
| Конотопська | 7,8         |

В результаті спостережень робимо висновок, що у всіх рослин підщеп добрий та відмінний загальний стан, що дозволяє рекомендувати їх для вирощування у даній зоні (табл. 1).

Більшість плодових культур є вологолюбними, проте навіть серед порівняно посухостійких рослин, таких як персик, абрикос, агрус чи порічки, окремі сорти суттєво відрізняються за здатністю витримувати нестачу води. Рівень посухостійкості конкретного сорту визначається низкою біологічних та агробіологічних факторів: ефективністю використання ґрунтової вологи, типом підщепи та її здатністю поглинати воду з глибоких шарів ґрунту, віком дерев, рівнем урожайності, родючістю та структурою ґрунту, а також умовами догляду.

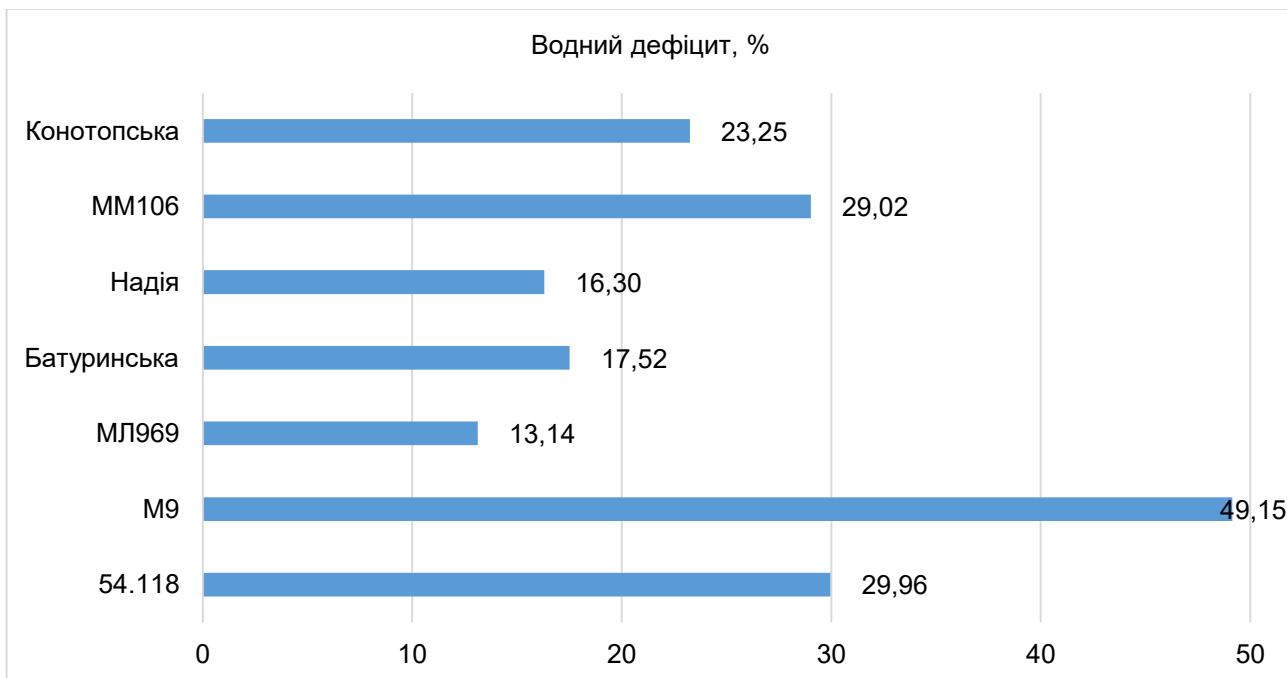
За дефіциту вологи в ґрунті у плодових культур спостерігається зупинка росту пагонів, в'янення та всихання листя і плодів, зменшується закладка генеративних бруньок, що негативно позначається не лише на врожаї поточного року, а й на продуктивності наступного сезону. Одночасно

різко погіршується якість плодів, зменшується їхня маса та смакові показники.

Пошкодження листків залежно від типу посухи відбувається по-різному. При ґрунтовій посузі ураження починається біля основи пагонів і поступово поширюється вгору по рослині. Листки, що страждають від нестачі повітряної вологи та підвищеної температури, всихають з країв або по всій поверхні пластинки. На їхніх тканинах з'являються плями запалу темно- або світло-бурого кольору, що свідчить про відмирання клітин. Найбільше страждають молоді верхні листки пагонів, тоді як середні та нижні листки уражаються з навітряного боку крони або ті, що піддаються інтенсивному сонячному опроміненню. Така диференційована реакція листків на водний стрес є важливим показником оцінки адаптивної здатності сорту чи підщепи до посухи та високих температур.

### **3.2. Визначення водного дефіциту та оводненості тканин**

Важливим показником, що характеризує стабільність водного гомеостазу під час дії посухи, є водний дефіцит листків. У розрізі досліджуваних підщеп показник водного дефіциту коливається у межах 13-49%, що підтверджує досить високу посухостійкість рослин яблуні (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Водний дефіцит листків колоноподібної яблуні, %**



**Рисунок 2. Зразки поміщено у кристалізатор для насичення**

Підщепи за рівнем дефіциту вологи розділено на 3 групи.

Підщепи із помірним дефіцитом вологи – МЛ969 (13,14%), Надія (16,30%) та Батуринська (17,52%).

Підщепи із значним дефіцитом вологи – Конотопська (23,25%), ММ106 (29,02) та 54.118 (29,96%).

Карликову підщепу М.9 віднесено до рослин із сильним стресом, що вказує на дуже низький адаптивний потенціал за умов посухи.

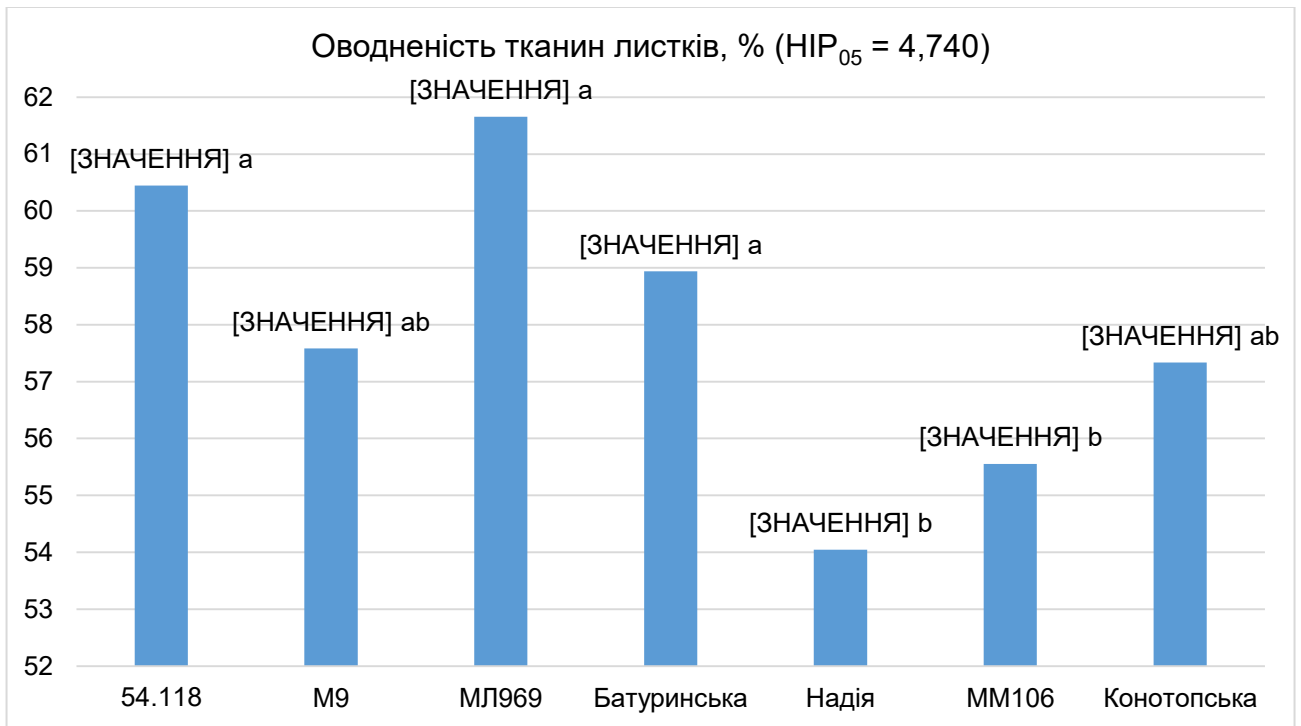
Одним із ключових показників оцінки фізіологічного стану рослин під час дефіциту вологи є здатність підтримувати оптимальний рівень обводненості листкових тканин. Тривале зниження вмісту води в клітинах, особливо на період понад 10 діб,

призводить до розвитку незворотних структурно-функціональних змін у рослині. Насамперед це проявляється у зменшенні темпів росту пагонів і кореневої системи, передчасному в'яненні, всиханні та опаданні листя. Одночасно спостерігається зниження запасу поживних речовин і порушення процесів фотосинтезу, зокрема асиміляції вуглекислого газу, що безпосередньо впливає на загальний рівень продуктивності рослини та її здатність до відновлення після стресових умов. В умовах нестачі води фізіологічні механізми, які забезпечують утримання залишкової вологи у тканинах, стають критично важливими для виживання рослин і підтримання їхньої функціональної активності, що має першорядне значення для підбору посухостійких сортів та підщеп у плодовому садівництві.



**Рисунок 3. Зважування  
після висушування**

Рівень в'янення листків досліджуваних підщеп яблуні знаходився в межах від 54,0% (Надія) до 61,7% (МЛ969) (рисунок 4).



**Рисунок 4. Оводненість тканин листків (різними літерами показано істотну різницю між варіантами)**

Дисперсійний аналіз отриманих даних свідчить, що істотно вищий рівень оводненості листя мають підщепи МЛ969 (61,7%), 54,118 (60,4%), Батуринська (58,9%).

### **3.3.Визначення водоутримувальної здатності**

У життєвому та річному циклах рослин немає фаз, які можна вважати менш або більш важливими: розвиток відбувається безперервно, а зовнішні фактори, такі як температура, вологість, світловий режим та інші умови середовища, впливають на всі етапи росту та розвитку. Проведення фізіологічних досліджень дає змогу визначити сорти та підщепи, які найкраще адаптовані до конкретних кліматичних умов, а також оптимізувати технології їх вирощування. Такий підхід не лише допомагає рослинам краще

протистояти високому стресовому навантаженню, викликаному нестабільними погодними умовами, але й сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якості врожаю.

У сучасних умовах глобального потепління і змінного клімату особливо важливо відбирати сорти, які поєднують високу врожайність із здатністю ефективно використовувати воду, залишаючись продуктивними незалежно від коливань температури та вологості повітря. Такий науково обґрунтований добір рослин забезпечує стійкість садових насаджень, стабільність врожайності та довгострокову ефективність ведення садівництва в умовах мінливого клімату.



**Рисунок 5. Розміщуємо зразки у термостаті**

Дослідження посухостійкості рослин відкриває широкі можливості для об'єктивної оцінки їхнього значення в агрономічній практиці. Завдяки таким дослідженням можна виділити сорти та підщепи, які є цінними донорами для селекційної роботи, спрямованої на створення нових високопродуктивних культур з підвищеною екологічною адаптивністю. Крім того, отримані дані дозволяють оптимізувати розміщення плодкових і ягідних насаджень у різних кліматичних та ґрунтових умовах, що підвищує ефективність виробництва та

стабільність врожайності.

Одним із ключових фізіологічних механізмів, що забезпечує виживання рослин за умов дефіциту води, є здатність утримувати залишкову вологу в

тканинах після початкового зав'язання. Цю властивість можна оцінювати лабораторними методами, визначаючи водоутримувальну здатність листків. Розуміння і використання цього механізму є важливим для відбору сортів та підщеп з високим рівнем посухостійкості та для прогнозування їхньої продуктивності у стресових умовах.

Коефіцієнт водоутримання листа є одним із найважливіших показників, що використовується для оцінки посухостійкості рослин. Аналіз динаміки втрати води в листках протягом кількох років показав незначні коливання, тому для отримання більш узагальненої та надійної картини були розраховані середні значення (див. Таблиця 2).

## 2. Водоутримувальна здатність сортів та гібридів яблуні

| Підщепа     | Утрати маси листа за ексоцицію, % |          |        |          |
|-------------|-----------------------------------|----------|--------|----------|
|             | 2 год                             | 4 год    | 6 год  | 24 год   |
| 54.118      | 8,31 a                            | 19,44 a  | 28,91  | 54,16 bc |
| М9          | 6,58 a                            | 25,80 a  | 45,75  | 43,51 a  |
| МЛ969       | 34,08 c                           | 47,69 dc | 44,64  | 56,96 c  |
| Батуринська | 23,63 b                           | 29,61 ab | 20,93  | 55,62 bc |
| Надія       | 25,45 b                           | 35,95 bc | 44,15  | 49,11 b  |
| ММ106       | 22,92 b                           | 33,85 b  | 40,56  | 53,71 bc |
| Конотопська | 31,41 c                           | 45,28 cd | 51,91  | 55,44 bc |
| НІР 0,05    | 4,966                             | 10,809   | 26,518 | 6,668    |

**Примітка.** Різними літерами позначено істотну різницю на 95 рівні.

Отримані результати водоутримувальної здатності листа дозволяють виявити відмінності в інтенсивності втрати вологи між досліджуваними сортами та підщепами, що є важливим для визначення їхньої адаптивності до дефіциту води та прогнозування продуктивності в умовах посухи.

Дослідження динаміки змін водоутримувальної здатності засвідчило, що найбільшу втрату води з 2-годинної експозиції зафіксовано у підщеп МЛ969 (34,08) та Конотопська (31,41), найменшу у М9 (6,58) та 54.118 (8,31).

Під час 4-годинної експозиції листки підщеп 54.118 (19,44 %) та М9 (25,80 %) продемонстрували найменшу втрату води, тоді як листки підщеп МЛ969 (47,69 %) та Конотопська (45,28 %) втратили найбільшу кількість вологи. Через 6 годин експозиції істотних відмінностей у втраті маси листя між підщепами не спостерігалось. Після 24 годин спостережень найменші втрати води мали листки карликової підщепи М9, тоді як найбільші — у МЛ969.

В умовах, коли природна посуха може тривати протягом тривалого часу, ключовим показником при оцінці посухостійкості підщеп є ступінь втрати води листками після 24-годинної експозиції. За таких умов листя підщеп М9 та Надія демонструвало найменші втрати вологи, що свідчить про їхню високу здатність утримувати воду. У випадку короткотривалої посухи (до 6 годин) всі досліджувані підщепи показали мінімальні втрати вологи, що підтверджує їхню ефективну адаптацію до короткочасного дефіциту води.

Результати лабораторного визначення водно-фізичних властивостей листків показали, що більшість досліджуваних підщеп характеризується високим або середнім рівнем водоутримувальної здатності, що підтверджує їхню відносну стійкість до водного стресу та дозволяє рекомендувати їх для вирощування в умовах нестійкого зволоження.

### **3.4. Оцінювання жаростійкості**

Жаростійкість є однією з ключових господарських характеристик сортів яблуні, оскільки вона безпосередньо впливає на здатність рослини адаптуватися до умов посушливого та спекотного клімату. Неможливо

оцінити повну адаптивність яблуні до таких умов без врахування цього показника. За даними досліджень Д.Г. Макарової, Д.Ф. Проценка та С.М. Чухіля, високий рівень жаростійкості пов'язаний із функціональною стабільністю пластидного комплексу листя. Це забезпечує ефективну роботу фотосинтетичного апарату навіть за високих температур, що сприяє підтриманню продуктивності дерев та формуванню високоякісного врожаю.

У 2025 році, під час відбору проб, максимальна денна температура повітря досягала 25 °С. На основі проведених досліджень сорти та гібриди яблуні були класифіковані як високожаростійкі та дуже високожаростійкі, що свідчить про їхню здатність зберігати фізіологічну активність та продуктивність навіть у спекотні періоди вегетації.

### **3. Ступінь жаростійкості**

За результатами проведених досліджень жаростійкості підщеп яблуні можна виділити різні рівні адаптивності до високих температур. До категорії **дуже-високо жаростійких** підщеп належить МЛ969, яка демонструє найбільшу здатність утримувати фізіологічну активність листків та ефективно функціонувати за спекотної погоди. Підщепи 54.118, М9, Батуринська, Надія та Конотопська були віднесені до **високо-жаростійких**, оскільки вони зберігають стабільність фотосинтетичного апарату, підтримують тургор листя та забезпечують оптимальний рівень продуктивності дерев навіть у періоди тривалого підвищення температури.

**Таблиця 3 – Жаростійкість клонів підщеп**

|             | Ступінь жаростійкості |
|-------------|-----------------------|
| 54.118      | Високий               |
| М9          | Високий               |
| МЛ969       | Дуже високий          |
| Батуринська | Високий               |
| Надія       | Високий               |
| ММ106       | Середній              |
| Конотопська | Високий               |



**Рисунок 7. Визначення рівня стійкості до високих температур**

За результатами проведених досліджень жаростійкості підщеп яблуні можна виділити різні рівні адаптивності до високих температур. До категорії **дуже-високо жаростійких** підщеп належить МЛ969, яка демонструє найбільшу здатність утримувати фізіологічну активність листків та

ефективно функціонувати за спекотної погоди. Підщепи 54.118, М9, Батуринська, Надія та Конотопська були віднесені до **високо-жаростійких**, оскільки вони зберігають стабільність фотосинтетичного апарату, підтримують тургор листя та забезпечують оптимальний рівень продуктивності дерев навіть у періоди тривалого підвищення температури.

Серед досліджуваних підщеп найнижчий рівень жаростійкості виявлено у ММ106, яка швидше втрачає тургор та водоутримувальну здатність листя за умов підвищеної температури, що може обмежувати її використання у зонах із жарким та сухим літом.

Таким чином, результати досліджень дозволяють рекомендувати підщепи МЛ969, 54.118 та М9 для садівництва у регіонах із високими літніми температурами. Високожаростійкі підщепи забезпечують стабільний ріст, оптимальне функціонування листя та формування якісного врожаю, що робить їх ефективним вибором для інтенсивних технологій вирощування яблуні в умовах змінного клімату. Менш жаростійкі підщепи, як-от ММ106, можуть бути використані в більш поміркованих регіонах або потребують додаткових заходів захисту від перегрівання.

## **РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ**

В умовах ринкової економіки питання економічної ефективності набуває ключового значення, оскільки саме воно визначає доцільність і перспективність вирощування садивного матеріалу плодкових культур, зокрема клонових підщеп. Економічна оцінка галузі передбачає порівняння отриманого господарського ефекту з величиною витрат матеріально-технічних ресурсів, трудових і фінансових затрат. Такий підхід дозволяє об'єктивно визначити рівень окупності виробництва та сформулювати оптимальну стратегію розвитку розсадництва.

Рівень економічної ефективності безпосередньо залежить від комплексу технологічних, біологічних та організаційно-господарських чинників. Зокрема, істотний вплив справляють сортові особливості підщеп, строки й способи їх розмноження, агротехнічні прийоми догляду, а також забезпеченість насаджень елементами живлення, вологою та освітленням. Вдалий підбір технологічних елементів сприяє підвищенню продуктивності маточних насаджень, покращенню якості саджанців і, відповідно, зростанню прибутковості виробництва.

Одним із визначальних факторів у сучасних умовах є раціональне використання земельних і трудових ресурсів. Підвищення урожайності та виходу стандартного садивного матеріалу з одиниці площі дозволяє зменшити собівартість продукції, що позитивно позначається на рентабельності. Крім того, сучасні інтенсивні технології вирощування підщеп із використанням краплинного зрошення, мульчування, оптимізованих систем живлення та регуляторів росту дозволяють скоротити виробничий цикл і отримати більш однорідний за морфологічними показниками матеріал.

Важливу роль у забезпеченні економічної ефективності відіграє також якість саджанців — їх сортова чистота, ступінь розвитку кореневої системи, відповідність стандартам категорійності. Високоякісний садивний матеріал має підвищену конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках, що, у свою чергу, стимулює розвиток галузі розсадництва. Успішність реалізації продукції залежить від рівня попиту, сезонності продажів та сформованої ринкової ціни.

Загалом економічна ефективність вирощування клонових підщеп визначається співвідношенням між вартістю реалізованої продукції та сумарними виробничими витратами, що включають оплату праці, використання добрив, засобів захисту, палива, енергії та амортизаційних відрахувань. За сучасних умов господарювання особливого значення набуває оптимізація структури витрат, підвищення енергоефективності технологічних процесів і впровадження ресурсозберігаючих методів виробництва.

Таким чином, для досягнення високої економічної результативності у виробництві підщеп яблуні важливим є не лише біологічний потенціал сорту, а й комплексна технологічна система, що забезпечує максимальну реалізацію цього потенціалу. Впровадження науково обґрунтованих елементів технології, удосконалення системи живлення та догляду, раціональне використання ресурсів і підвищення якості садивного матеріалу створюють основу для стабільного розвитку розсадницького виробництва та його економічної привабливості.

Для визначення ефективності вирощування підщеп яблуні було проведено економічні розрахунки з урахуванням виробничих витрат, ціни реалізації та виходу стандартних саджанців (табл. 1).

**Таблиця 4.1.** Економічна ефективність вирощування клонових підщеп (розрахункова)

| Показник                                         | 54.118      | М.9         | МЛІ969      | Батуринаська | Надія       | ММ106       | Конопольська |
|--------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Вихід стандартних саджанців, тис. шт.            | 145         | 164         | 137         | 132          | 121         | 141         | 134          |
| Виробничі витрати капіталовкладень, тис. грн. +% | 700         |             |             |              |             |             |              |
| Ціна реалізації, 1 штука                         | 12,5        | 12,5        | 12,5        | 12,5         | 12,5        | 12,5        | 12,5         |
| Виручка від, тис. грн.                           | 181,25<br>0 | 205,00<br>0 | 171,25<br>0 | 165,00<br>0  | 151,25<br>0 | 176,25<br>0 | 167,50<br>0  |
| Прибуток з 1 га, грн.                            | 111250<br>0 | 135000<br>0 | 101250<br>0 | 95000<br>0   | 81250<br>0  | 106250<br>0 | 97500<br>0   |
| Рівень рентабельності, %                         | 158,9       | 192,8       | 144,6       | 135,7        | 116,1       | 151,8       | 139,3        |

Ціну реалізації прийнято на рівні 12,5 грн за один стандартний саджанець, що відповідає середнім ринковим цінам для садивного матеріалу високої якості. Розрахунок здійснювався з урахуванням, що капіталовкладення розділено на весь період експлуатації маточника та становили в середньому 250 тис. грн на рік.

Згідно з розрахунками, найбільший вихід стандартних саджанців відзначено на підщепі М.9 — 164 тис. шт., що забезпечило найвищий показник прибутку з одного гектара (1 350 тис. грн) та рівень рентабельності 192,9 %. Високі економічні показники також отримано на підщепах 54.118

(рентабельність 158,9 %) та ММ106 (151,8 %), де рівень прибутку перевищував 1,0 млн грн/га.

Дещо нижчі результати отримано у варіантах із підщепами МЛ969, Батуринська, Надія та Конотопська, де вихід саджанців коливався від 121 до 137 тис. шт., а рівень рентабельності становив 116,1–144,6 %. Це пояснюється різницею у продуктивності живців, приживлюваності та фізіологічній активності підщеп, що впливає на вихід стандартних рослин.

Загалом аналіз отриманих даних свідчить, що найбільш економічно вигідним є вирощування саджанців яблуні на підщепі М.9, яка забезпечує максимальний прибуток і високу окупність витрат. Водночас інші підщепи, зокрема 54.118 та ММ106, також мають достатньо високі показники рентабельності, що робить їх перспективними для використання у промисловому садивному матеріалознавстві.

Таким чином, економічна ефективність вирощування саджанців яблуні значною мірою залежить від типу підщепи, що зумовлює різницю у виході стандартного матеріалу, собівартості виробництва та рівні прибутковості господарства.

## ВИСНОВКИ

Усі досліджувані підщепи перебували у доброму або відмінному стані, що свідчить про їхню високу адаптивність до ґрунтово-кліматичних умов регіону. Найкращі показники загального стану зафіксовані у МЛ969, 54.118 та М9, тоді як ММ106 демонструє дещо слабший розвиток та відновлювальні властивості, що обмежує її використання у стресових умовах.

Помірний водний дефіцит спостерігався у МЛ969 (13,14%), Надія (16,3%) та Батуринська (17,52%), що свідчить про їхню здатність ефективно підтримувати водний баланс. Значний дефіцит характерний для Конотопська (23,25%), ММ106 (29,02%) та 54.118 (29,96%). Найнижчий рівень обводненості зафіксовано у Надії (54,0%), найвищий — у МЛ969 (61,7%).

Під час короткочасної посухи (2–6 годин) листки М9 та 54.118 втрачали найменше води, тоді як МЛ969 та Конотопська показали найбільші втрати. За тривалої 24-годинної експозиції найкраще утримують воду М9 та Надія, найгірші показники — у МЛ969. Загалом більшість підщеп характеризується високим або середнім рівнем вологоутримувальної здатності, що забезпечує їхню адаптацію до дефіциту вологи.

Вищий рівень обводненості листя відзначено у МЛ969 (61,7%), 54.118 (60,4%) та Батуринська (58,9%). Найнижчі показники спостерігалися у Надії (54,0%), що може впливати на продуктивність під час посушливих періодів.

До категорії дуже високожаростійких належить МЛ969, яка зберігає фізіологічну активність листків і тургор навіть за високих температур. Високожаростійкі підщепи 54.118, М9, Батуринська, Надія та Конотопська демонструють стабільну фотосинтетичну активність і продуктивність у спекотні дні. Найнижчі показники жаростійкості зафіксовано у ММ106, що обмежує її використання у регіонах із жарким літом.

Найбільш адаптованими до посухи та високих температур виявились підщепи **МЛ969**, **54.118** та **М9**, які поєднують ефективне утримання води, стабільну фізіологічну активність та високий загальний стан. Підщепи **Надія** та **Батуринська** також показали добру адаптивність, тоді як **ММ106** демонструє найслабші показники і потребує додаткового догляду або вирощування у поміркованих кліматичних умовах.

Загалом аналіз отриманих даних свідчить, що найбільш економічно вигідним є вирощування саджанців яблуні на підщепі **М.9**, яка забезпечує максимальний прибуток і високу окупність витрат. Водночас інші підщепи, зокрема **54.118** та **ММ106**, також мають достатньо високі показники рентабельності, що робить їх перспективними для використання у промисловому садивному матеріалознавстві.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендації виробникам щодо вибору посухостійких та економічно доцільних підщеп яблуні

*Оптимальні для посушливих регіонів:* Підщепи МЛ969, 54.118 та М9 відзначаються високою посухо- та жаростійкістю, стабільною фізіологічною активністю й хорошим загальним станом рослин. Вони рекомендовані для вирощування у зонах із підвищеними температурами та нестачею вологи.

*Висока економічна ефективність:* Підщепа М9 є найбільш прибутковою, забезпечує найвищу окупність витрат і стабільно високий вихід стандартних саджанців. Економічно доцільним є також вирощування на підщепах 54.118 та ММ106, які демонструють добрий баланс між витратами та прибутковістю.

*Загальні рекомендації:* Для стабільного виробництва високоякісного садивного матеріалу доцільно застосовувати комбінацію підщеп МЛ969, 54.118 і М9, які поєднують високу адаптивність до кліматичних стресів і економічну вигідність виробництва.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Andrusyk, Yu.Iu., Kytaiev, O.I., & Lushpihan, O.P. (2008). Resistance to Drought and Heat in Raspberry Varieties in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Collection of Scientific Papers of Uman State Agrarian University*, 67(1), 146–151.
2. Caspari, H.W., Einhorn, T.C., Leib, B.G., Redulla, C.A., Andrews, P.K., Lombardini, L., Auvil, T. and McFerson, J.R. (2004). PROGRESS IN THE DEVELOPMENT OF PARTIAL ROOTZONE DRYING OF APPLE TREES. *Acta Hortic.* 664, 125-132  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.664.12>
3. Chang, W. T. (1937). Studies in incompatibility between stock and scion, with special reference to certain deciduous fruit trees. *Journal of Pomology and Horticultural Science*, 15(4), 2-325.
4. Green, S. R., Vogeler, I., Clothier, B. E., Mills, T. M., & Van Den Dijssel, C. (2003). Modelling water uptake by a mature apple tree. *Soil Research*, 41(3), 365-380. <https://doi.org/10.1071/SR02129>
5. Havryliuk, O., Bondarenko, Y., Boichuk, H., & Petrenko, D. (2022). Formation of productivity of apple varieties in kyiv. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(1(95)). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.010>
6. Havryliuk, O.S. , Shevchuk, N.V., & Mazur B.M. (2023). Quality indicators of one-year columnar apple seedlings. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(5(105)). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.005)
7. Havryliuk, O., Kondratenko, T., & Mazur, B. (2022). Frost resistance of the columnar apple tree the method of direct freezing. *Scientific Reports of the*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(6(100)).  
DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.00>

8. Havryliuk, O., Kondratenko, T., Mazur, B., & Petrenko, D. (2023). Pollen quality and selection of pollinators of cultivars of columnar type apple. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 0(1(101)). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi1\(101\).2023.005](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi1(101).2023.005)

9. Hrotkó, K., & Magyar, L. (2016). Responses of apple cultivars to drought stress under Hungarian climatic conditions. *International Journal of Horticultural Science*, 22(3-4), 31–34.  
<https://ojs.lib.unideb.hu/IJHS/article/view/875>

10. Kondratenko, P.V., & Bublyk, M.O. (1996). Methodology of Conducting Field Research on Fruit Crops. *Agricultural Science*, 95.

11. Kondratenko, T., & Havryliuk, O. (2020). For Record Harvests. Gardening the Ukrainian Way, №1, 90–94. URL: <https://agrotimes.ua/article/dlya-rekordnyh-vrozhayiv/>

12. Силаєва, А. М. Фізіологічні дослідження в інституті садівництва УААН: історія, сьогодення, погляд у майбутнє. *Садівництво.–2000.–Вип, 50*, 66-80.

13. Kryvoruchenko, Z.R. (2014). Trends and Possible Consequences of Global and Regional Climate Changes. *Electronic Journal ‘Public Administration: Improvement and Development’*, № 9. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=754>

14. Lahutenko, O.T., Nasteka, T.M., Shevchenko, V.G., Kryvoshapka, V.A., & Dutova, G.A. (2022). Comprehensive Assessment of Drought Resistance of Currant Varieties in the Conditions of the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Environmental Sciences: Scientific-Practical Journal*, No. 5(44), 213–217.  
<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.32>

15. Nemeskéri, E., Sárdi, É., Szabó, T., & Nyéki, J. (2010). Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties. *International Journal of Horticultural Science*, 16(1), 113-122. <https://doi.org/10.31421/IJHS/16/1/875>
16. Sansavini, S., Donati, F., Costa, F., & Tartarini, S. (2004). Advances in apple breeding for enhanced fruit quality and resistance to biotic stresses: new varieties for the European market. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 12(Spec. ed. 2), 13-52.
17. Wilson, L., New, S., Daron, J., & Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/2021/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2021/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82.pdf)
18. Кондратенко, П. В., & Бублик, М. О. (1996). Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. *Аграрна наука*, 95.
19. Кондратенко, П. В., Чиж, О. Д., Кондратенко, Т.Є. & Омельченко, Т. Є. (1997). Створення і продуктивне використання інтенсивних насаджень яблуні: Рекомендації. НЦ УААН «Плодівництво». 24.
20. Кондратенко, Т. Є. (1999). Господарсько-біологічна оцінка сортів яблуні осіннього строку дозрівання. *Садівництво*. 48, 17–22.
21. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні / [Гол. ред. В.В. Волкодав] // Охорона прав на сорти рослин: офіц. бюл. Алефа, 2005. 2(2)
22. Чиж, О. Д., Фільов, В. В., Гаврилюк, О. М., & Чухіль, С. М. (2008). Інтенсивні сади яблуні. *Аграрна наука*. 224.
23. Чухіль, С. М. Вивчення елементів посухостійкості клонових підщеп та сорто-підщепних комбінувань яблуні / С. М. Чухіль, О. І. Китаєв, О. Д. Чиж // *Садівництво*. – 2007. – Вип. 60. – С. 227–238.

24. Шестопаль, О. М. (2006). Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві. НЦ УААН «Плодівництво. 141.
25. Шестопаль, О. М., Черній, В. В. & Рисіч, О. В. (2002). Економічна оцінка типів насаджень яблуні та її сортів в умовах Поділля. Садівництво. (54), 302-311.
26. Шестополь, О.М. (2006). Типові технологічні карти по догляду за плодоносними насадженнями плодових і ягідних культур. 96.
27. Омельченко, І. К., Є. В. Розсоха, and Н. Ф. Чигрин. "Оцінка клонових підщеп яблуні за тривалістю періоду коренеутворення у відсадків та продуктивністю маточних насаджень." *Садівництво.–2002.–Вип 54* (2002): 89-99.
28. Омельченко, І. К. "Основи створення інтенсивних насаджень яблуні на середньорослих клонових підщепах в Лісостепу України." *Садівництво.–2000.–Вип 51* (2000): 117-124.
29. Anja Weintz. Der Apfel in Europa im Jahr 2002 und in Zukunft / Weintz Anja // *Obstbau Weinbau. – 2002. – 10. – S. 265.*
30. Badiu, Dorin, et al. "Evaluation of economic efficiency of apple orchard investments." *Sustainability* 7.8 (2015): 10521-10533.
31. De Marco, Luigi. "Livestock production and animal welfare: a critical analysis of legislation and scientific evidence on operator, animal and consumer safety; a case study on ClassyFarm implementation in small-scale dairy farms." (2025).
32. 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 onFuji'. *HortTechnology*, 12(1), 38-44.

33. Tworkoski, Thomas, and Stephen Miller. "Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits." *Scientia horticulturae* 111.4 (2007): 335-343.
34. Malasi, Priyanka, Nidhika Thakur, and Chetanchidambar N. Mangalore. "Response of different rootstock and scion combinations on the success of grafting in apple(*Malus domestica*)." *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6.9 (2017): 1193-200.
35. Fallahi, Esmaeil, et al. "The importance of apple rootstocks on tree growth, yield, fruit quality, leaf nutrition, and photosynthesis with an emphasis onFuji'." *HortTechnology* 12.1 (2002): 38-44.
36. Czernyszewicz, Eugenia. "Long-term trends in production and consumption of apples in Poland, Europe and worldwide." *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 15.3 (2016): 95-104.
37. Lipecki, Janusz, et al. "The quality of apple nursery trees of knip-boom type as affected by the methods of propagation." *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 12.6 (2013): 157-165.
38. Marini, Richard P., and Gennaro Fazio. "Apple rootstocks: History, physiology, management, and breeding." *Horticultural Reviews* 45 (2018): 197-312.
39. Taylor, B. H., and S. K. Kurtural. "Effects of Root Pruning and Supplemental Irrigation on Net Carbon Exchange, Transpiration and Water Relations of Peach." *XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees* 636. 2002.
40. Robinson, Terence L., Alison M. DeMarree, and Stephen A. Hoying. "Economic Comparison of Five High-density Apple Planting Systems." *HortScience* 40.4 (2005): 1128A-1128.

41. Бурляй, О. Л., А. П. Бурляй, and А. О. Харенко. "Сучасний стан розвитку садівництва в Україні." *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва* 82 (2013): 249-259.

42. Барабаш, Л. О., and К. В. Мазур. "Розвиток промислового садівництва в умовах євроінтеграційних процесів." *Економіка АПК.-2019.-№ 12.-С. 69-79.* (2020).

Гриник, І. В., І. К. Омельченко, and О. М. Литовченко. "Шляхи подолання проблем у розвитку садівництва України." *Садівництво* 65 (2012): 5-19.

**RSYTWМ**