

НАУКОВА РОБОТА

на Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт

з галузей знань і спеціальностей у 2020-2021 н.р.

зі спеціальності «Садово-паркове господарство»

на тему:

**«КЛОНАЛЬНЕ МІКРОРОЗМНОЖЕННЯ IN VITRO ТА  
ВИКОРИСТАННЯ У ОЗЕЛЕНЕННІ МІСТА МИКОЛАЄВА ПАВЛОВНІ»**

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1 Огляд літератури.....	6
1.1 Народно-господарське значення та використання у озелененні територій павловнії .....	6
1.2 1.2 Біотехнологічні особливості клонального мікророзмноження павловнії .....	9
Розділ 2 Матеріал і методи досліджень .....	12
2.1 Матеріал для проведення досліджень .....	12
2.2 Місце проведення досліджень .....	12
2.3 Ґрунтово-кліматичні умови .....	12
2.4 Клональне мікророзмноження .....	14
2.5 Адаптаційні можливості.....	14
2.6 Математична обробка результатів досліджень .....	15
Розділ 3 Результати досліджень .....	16
3.1 Клональне мікророзмноження павловнії <i>in vitro</i> .....	16
3.1.1 Стерилізація рослинного матеріалу .....	17
3.1.2 Введення в культуру <i>in vitro</i> та ініціація розвитку ізольованих бруньок .....	19
3.1.3 Власне мікророзмноження .....	21
3.1.4 Укорінення мікропагонів в умовах <i>in vitro</i> .....	22
3.1.5 Адаптація мікророслин до умов <i>in vivo</i> .....	24
3.2 Адаптаційні можливості та перспективи використання павловнії у озелененні міста Миколаєва .....	26
Висновки.....	29
Практичні рекомендації.....	30
Список використаної літератури .....	31
Додатки .....	36

## ВСТУП

У сучасних умовах садово-паркове господарство є важливою галуззю, що забезпечує рівень розвитку міст та комфорт для проживання його мешканців. Садово-паркове господарство включає комплекс заходів із розмноження, вирощування декоративних рослин та їх використання у ландшафтному дизайні міста, у якому зелені зони є необхідною умовою організації території та комфортних умов діяльності людини [1]. Зелені зони у містах покращують умови мікроклімату, виконують очисні функції, натуралізують естетичний вигляд міського ландшафту [2-4]. Добре озелененим вважають місто, у якому на 1 жителя припадає 20-30 м<sup>2</sup> і більше зелених насаджень загального користування (найбільш характерно для міст-курортів) [5, 6].

У теперішній час найголовнішими принципами міжнародної співпраці є участь держав в озелененні планети, стабілізації структур виробництва і споживання в світових масштабах, охорона зелених масивів від забруднення та руйнування кислотними опадами, хворобами, шкідниками та іншими чинниками. В Україні розроблено конвенцію переходу до сталого розвитку. Серед основних завдань є збільшення площі лісів та парків у розрахунку на 1 людину до середньоєвропейських значень. Особливо актуальними ці процеси є в містах, де внаслідок значного антропогенного тиску урбанізоване середовище перетворюється в зону екологічного лиха, що характеризується несприятливими умовами існування для його жителів [7].

Домінантними життєвими формами у зелених зонах міста є дерева [8, 9]. В умовах Півдня України для озеленення часто використовували тополь, проте її пух (пилок) викликає алергію у людей та в умовах змін клімату спостерігається раннє усихання дерев. Також в останні роки постійно спостерігається пошкодження шкідниками листків каштанів та їх передчасне усихання. У зв'язку із цим актуальним є пошук нових видів деревних рослин, добре адаптованих до посушливих кліматичних умов та антропогенного забруднення ґрунтів і повітря, з високими декоративними та екологічними властивостями.

У сучасних умовах набирає поширення павловнія, перспективи вирощування якої розглядаються у декількох аспектах, а саме як цінної деревної, біоенергетичної та ґрунтозахисної культури [10-13]. Також перспективним напрямом використання павловнії є її вирощування як декоративної рослини в різних об'єктах ландшафтного дизайну та озеленення міст. Вона добре підходить для створення алейних насаджень та як солітер. Рослина має великі листки, які дають багато тіні, поглинають ксенобіотики і виділяють багато кисню, а також навесні дерева дуже гарно цвітуть [10-12].

Важливим етапом при інтродукції рослин є забезпечення якісним садивним матеріалом та вивчення адаптаційних можливостей у конкретних екологічних умовах. Найбільш ефективним методом вегетативного розмноження є клональне мікророзмноження *in vitro*, яке забезпечує високий коефіцієнт розмноження, генетичну ідентичність вихідному матеріалу та оздоровлення рослин від патогенів [14, 15]. У роботах [16-22] досліджено окремі аспекти клонального мікророзмноження павловнії, проте необхідно оптимізувати окремі прийоми у зв'язку із впливом генотипу та рівня технологічності процесу. Не виявлено наукових публікацій щодо вирощування павловнії у зоні Південного Степу України, тому актуальними є дослідження щодо адаптаційних можливостей рослини у конкретних природно-кліматичних та екологічних умовах.

Мета роботи – розробити технологічні прийоми клонального мікророзмноження *in vitro* та дослідити адаптаційні можливості павловнії в екологічних умовах міста Миколаєва для використання при створенні зелених зон.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- 1) розробити ефективну схему стерилізації рослинного матеріалу павловнії;
- 2) підібрати оптимальний склад живильних середовищ на етапах введення експлантів у культуру *in vitro*, власне мікророзмноження та укорінення *in vitro*;

3) розробити прийоми культивування рослин на етапі адаптації до умов *in vivo*;

4) дослідити адаптаційні можливості павловнії в екологічних умовах міста Миколаєва.

## РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Народно-господарське значення та використання у озелененні територій павловнії

Павловнія *Paulownia* Sieb. et Zucc належить до надкласу Покритонасінні (*Magnoliophyta*), класу Еудікоти, порядку Губоцвіті (*Lamiales*), родини Павловнієві (*Paulowniaceae*). Листопадне дерево висотою 10–25 м. Листки великі, довжиною до 80 см, розміщені супротивно. Квітки світло-фіолетові, зібрані у волоті довжиною 10–30 см, мають циліндричну форму. Плід – суха коробочка [23].

Павловнія морозостійка та посухостійка рослина, здатна повністю відновитися з кореня і рости в екстремальних умовах. Дерево не виснажує родючі шари ґрунтів. Тривалість життя від 70 до 100 років [12].

Перший рік росту вважається нульовим – це адаптація та укорінення рослин. Наступної весни дерева зрізають під корінь, з цього моменту починається перший цикл розвитку рослини. Перші декілька років необхідно проводити інтенсивну боротьбу з бур'янами. Павловнія росте набагато швидше, ніж тополя і верба, її щорічний приріст становить 3–5 м, а вже за п'ять років висота досягає максимуму – 20 м. Після вирубки рослина дає нові пагони, з яких формується стовбур, і не вимагає повторної посадки дерев протягом повних 4–5 робочих циклів [10].

Павловнію вирощують в Китаї понад 2000 років, в США з 1800-х років, в Японії з 1970 року, і з тих пір експорт даної деревини досяг розміру в мільярд доларів США. У сучасних умовах перспективи вирощування павловнії розглядаються у декількох аспектах, а саме як цінної деревної, біоенергетичної, ґрунтозахисної та декоративної культури. Вирощування павловнії є дуже прибутковою справою. Цю рослину називають "чудо-дерево" або "дерево-нафтова свердловина". Павловнія зростає і набирає масу до 3-5 м/рік і до 100

тон біомаси на гектар через три роки. Стовбур можна зрізати кілька разів, при цьому дерево продовжить рости знову [24].

Колір деревини павловнії варіює від сріблясто-сірого до світло-коричневого, іноді з червонуватим відтінком. Деревина павловнії дуже міцна, але в той же час м'яка і стійка до вигину і скручування. Деревина павловнії легше визнаної досі найлегшою деревини коркового дерева. Вона легка і одночасно з цим виключно міцна – ідеальна комбінація у випадках, коли це співвідношення грає важливу роль. Середня маса одного кубічного метра павловнії близько 208-300 кг, що майже в чотири рази легше деревини дуба (один кубічний метр важить 850 кг) і наполовину легше деревини сосни (один кубічний метр важить 482 кг). Отримана деревина, завдяки стійкості й легкості, придатна для виготовлення меблів, трейлерів, підлогового покриття, матеріал для виготовлення саун, тари, обшивки, музичних інструментів, елементів декору, човнів і дощок для серфінгу, паперу тощо [25, 26].

Посадку з рослин, які за мінімальний термін 5–6 років дають можливість отримати великий обсяг деревної продукції високої якості, називають «інтенсивним лісом». Це відносно новий вид бізнесу для України, що вже зарекомендував себе у світовій практиці як один із прибуткових і надійних шляхів інвестицій, які швидко окупаються. Деревина павловнії легка та рівна, що є важливим показником для переробників. Такі ліси є вигідними як з екологічної, так і з економічної точки зору. Щорічна динаміка зростання світового попиту на деревину забезпечує високу рентабельність для виробників [10].

Завдяки дуже швидкому росту, насадження павловнії можуть виконувати функцію вітрозахисних насаджень, зменшують ерозійні процеси при вирощуванні на схилах [27]. Також плантації павловнії дозволяють відновити родючість ґрунту завдяки зменшенню кількості механічних обробітків, і як наслідок, зменшення мінералізації гумусу. Разом із тим, щорічне надходження органічної речовини збагачує ґрунт та сприяє активізації мікробіоти [12].

Вирощувати павловнію можна на плантаціях для розведення швидкорослих гаїв на сільськогосподарських площах. Швидкорослі плантації не є лісонасадженнями, тому законодавчо ці площі відносяться до сільськогосподарських угідь, та не підпадає під визначення законодавства лісу. В Європі за останні роки набуло широкого поширення вирощування енергетичних культур саме на таких землях. Кінцевою метою створення плантації з коротким терміном вегетації є отримання біомаси за малий проміжок часу. Такого роду деревина переробляється насамперед у паливні гранули (пелети) і тріску [10-12].

Отримання біоетанолу та виготовлення пелетів є одним із перспективних напрямків використання павловнії. Енергетична цінність – 4211,06 ккал / кг; 2 кг павловнії дорівнює літру дизельного палива [25]. Пелети з павловнії мають високу тепловіддачу. При спалюванні 1 т пелет з павловнії виділяється стільки ж енергії, як при спалюванні 480 м<sup>3</sup> газу, 500 л дизпалива, 700 л мазуту. Пелети відрізняються економічністю і високою тепловою ефективністю при згорянні. До того ж пелети з павловнії набагато екологічніше інших деревних порід. При спалюванні пелет з павловнії від 10 до 50 разів нижче емісія CO<sub>2</sub>, від 15 до 20 разів менше золи, практично повністю відсутня сірка в викидах. Пелети удвічі щільніші, ніж звичайні дерев'яні кульки і виробляють в 3 рази більше теплової енергії при згорянні (ККД – 96 %). Деревина павловнії також є цінною сировиною для виготовлення целюлози [28].

Також павловнія є медоносною рослиною, тому розміщення пасіки поблизу плантації принесе додатковий прибуток. Мед з павловнії запашний та прозорий, має лікувальні властивості. З 1 га плантації лаванди можна отримати до 700 кг меду [10].

Разом із тим, перспективним напрямом використання павловнії є її вирощування як декоративної рослини в різних об'єктах ландшафтного дизайну та озеленення міст. Вона добре підходить для створення алейних насаджень та як солітер. Рослина має великі листки, які дають багато тіні та навесні дерева



дуже гарно цвітуть. Квітки мають ванільний, пудровий і мигдальний аромат завдяки присутності речовини геліотропіну [29, 30].

Завдяки великій площі листків вони створюють достатньо тіні, поглинають значну кількість ксенобіотиків та вуглекислого газу та виділяють кисень навіть у найбільш забруднених та загазованих районах, а коренева система поглинає важкі метали, завдяки чому очищується ґрунт [12].

У Швеції павловнію використовують для очищення стічних вод і переробки рідин зі звалища. Відходи розливають навколо дерев, які, в свою чергу, розщеплюють і утилізують їх. Потім деревину використовують як сировину для целюлозно-паперової промисловості або виробництва біопалива. В Японії павловнію вирощують як технічну рослину для добування олії з її плодів та як деревну сировину [10].

В Україні павловнія як декоративна рослина вирощується у різних кліматичних зонах, а саме у містах Києві, Ужгороді, Одесі та Миколаєві [11, 12, 29].

Таким чином, павловнія є перспективною до вирощування у зоні Південного Степу України як деревна, технічна, енергетична, ґрунтозахисна та декоративна культура.

## **1.2 Біотехнологічні особливості клонального мікророзмноження павловнії**

Клональне мікророзмноження – це масове безстатеве розмноження в культурі *in vitro*, при якому отримані рослини з генетичної точки зору ідентичні до вихідної батьківської форми [14].

Клон – популяція клітин, які виникли з однієї клітини шляхом мітозу, або група рослин, отриманих вегетативним шляхом, всі ділянки яких походять з однієї повторно культивованої клітини [31]. Основою клонального мікророзмноження є здатність тотипотентних клітин рослин до регенерації [15].

Технологія клонального мікророзмноження дозволяє в короткі терміни отримати розсаду рідкісних рослин, дорогих сортів, саджанців з цінними сортовими властивостями, кількість садивного матеріалу для яких обмежена [32, 33]. Такий підхід є продуктивним для масового, швидкого розмноження цінних, унікальних відселектованих генотипів або рідкісних, зникаючих видів та сортів, для розмноження видів рослин або унікальних рослинних особин, для яких відтворення в природі як насіннєвим шляхом, так і вегетативно є ускладненим. В наш час метод став комерційно вигідним [34, 35].

Залежно від потреб виробництва та спеціалізації біотехнологічних лабораторій застосовуються різні методи клонального мікророзмноження. Вибір оптимальної моделі культивування *in vitro* пов'язаний із біологічною специфічністю видів рослин. Серед них найбільш важливих чинників, що впливають на ефективність клонального мікророзмноження є генотип рослини, тип експлантат, умови культивування донорних рослин, особливості складу живильних середовищ, фотоперіод [15].

Процес клонального мікророзмноження складається з чотирьох основних етапів: 1-й етап – ізолювання експланта, введення й ініціація його розвитку в умовах *in vitro*; 2-й етап – власне мікророзмноження; 3-й етап – укорінення мікропагонів; 4-й етап – адаптація мікророслин до умов *in vivo* [14].

Усі вони характеризуються відмінністю методичних підходів у процесі культивування. Рослини, які з асептичних умов *in vitro* перенесені в нестерильні умови *in vivo* у процесі їх первинного вирощування характеризуються як умови *ex vitro* [21].

Клональне мікророзмноження павловнії є актуальним, завдяки таким перевагам методу як високий коефіцієнт розмноження, генетична стабільність та оздоровлення садивного матеріалу. У роботі [22] для введення рослинного матеріалу в культуру *in vitro* використовували бруньки та однорічні пагони з рослин павловнії, що ростуть в польових умовах. Відбір проводили в зимово-весняний період. Для активації бруньок, пагони нарізали на сегменти по три бруньки, промивали проточною водою з господарським милом і вимочували в

розчині хінозолу 2% концентрації. Після цього пагони витримували в 0,2% розчині ІОК і ставили на пророщування при температурі 25–30°C. Через 7-20 днів з пагонів відбирали матеріал для подальшої роботи [22]. Аналогічний підхід застосовували у дослідженнях, представлених у роботах [12, 17, 20, 21], але зазначали, що оптимальним періодом для відбору рослинного матеріалу є грудень-січень, але можливо відбирати також у серпні-жовтні, при цьому бруньки необхідно обробити гіббереловою кислотою для пробудження. Проте у вказаних роботах не описано чіткої схеми стерилізації рослинного матеріалу, не вказано концентрації стерилізуючих речовин та експозиції обробки, а також не описано особливостей розвитку рослин на етапі введення в культуру *in vitro*.

За результатами досліджень [36] показано, що найкращим для висоти регенерантів та кількості мікропагонів у конгломераті є слабнокисле середовище з рН 5,6-5,8.

Найкращі умови для росту регенерантів виявлено за комбінування кінетину 0,8 мг/л + БАП 2,0 мг/л. Показано, що для швидкого накопичення значної кількості рослин прямим морфогенезом можливо використати один із шляхів живцювання – поділ конгломерату мікропагонів або одно вузловими живцями [18].

У роботі [19] показано, що оптимальним для ризогенезу в умовах *in vitro* є живильне середовище QL з додаванням НОК 4,0 мг/л.

В.А. Bergman, Н. К. Moon [16] показали, що варіабельність клонів павловнії навіть у межах одного генотипу є значною, що обумовлює необхідність коригування технології розмноження. У зв'язку із цим актуальним є дослідження морфогенезу павловнії в культурі *in vitro* з метою оптимізації етапів клонального мікророзмноження.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Матеріал для проведення досліджень

Матеріалом для проведення досліджень були рослини павловнії *Paulownia* Sieb. et Zucc

**Paulownia Clone in Vitro 112®** - це штучно виведене і клоноване дерево, яке здатне виживати і розвиватися в екстремальних умовах (від -25...27 до +45 °С). Зареєстровано в 2007 році в Інституті Видів Рослин (офіційний орган ЄС). Має міжнародне визнання, європейський паспорт, європейський сертифікат якості і міжнародний дозвіл на торгівлю [37]. Занесений до Реєстру сортів рослин, рекомендованих до вирощування в Україні [38].

**Paulownia 9501** – гібрид між видами *P. tomentosa* і *P. fortunei*. Кліматична зона 7 (-17,5°С до -12,5°С). Розмножується вегетативно і насінням. Характеризується холодостійкістю і швидким темпом росту, прямим стеблом і вузькою формою крони дерева [37].

#### 2.2 Місце проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах ФГ «Агролайф» філії кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, упродовж 2018-2020 рр.:

- 1) лабораторія клонального мікророзмноження;
- 2) кліматичні камери;
- 3) теплиця;
- 4) дослідне поле.

Дослідження адаптаційних можливостей павловнії проводили на модельних рослинах в умовах міста Миколаєва.

#### 2.3 Ґрунтово-кліматичні умови

Кліматичні умови у зоні проведення досліджень упродовж 2019-2020 років були сприятливими для культивування павловнії за температурними

показниками, проте сума опадів, їх розподіл за місяцями та вологість ґрунту не забезпечували оптимального водного режиму (табл. 1).

Таблиця 1

### Кліматичні умови у роки проведення досліджень

Показники	2019 р.	2020 р.*
Середня температура повітря, °С	13	15
Максимальна температура повітря, °С	38	38
Мінімальна температура повітря, °С	-15	-8
Середня температура ґрунту, °С	13	15
Мінімальна температура ґрунту, °С	-6	-3
Сума опадів, мм	353	108
Вологість ґрунту, %	18	22

Примітка: \*- дані за січень-жовтень 2020 року

Середня температура повітря і ґрунту за роки досліджень коливалася у межах 13–15<sup>0</sup>С. Максимальна температура повітря становила 38<sup>0</sup>С у всі роки досліджень, мінімальна температура повітря коливалася від -15<sup>0</sup>С у 2019 р., до -8<sup>0</sup>С у 2020 році. Мінімальна температура ґрунту становила -3-6<sup>0</sup>С. 2019 рік були більш сприятливими як за кількістю, так і за рівномірністю опадів, тоді як у за десять місяців 2020 року випало всього 108 мм опадів, при чому найбільш посушливими були квітень (5 мм опадів) та серпень (6 мм опадів). Середня вологість ґрунту становила 18-22%, проте з липня по листопад відмічалася найнижча вологість 8-14%.

Ґрунт дослідного поля чорнозем південний. Вміст гумусу 2,6% (середній), легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 101 мг/кг ґрунту (низький), рухомого фосфору (за Мачигінім) – 48 мг/кг (підвищений), рухомого калію (за Мачигінім) – 365 мг/кг (високий), рН сольової витяжки – 7,1 (близький до нейтрального). Показники родючості ґрунту дослідної ділянки порівнювали із оптимальними параметрами та групуванням ґрунтів за властивостями, встановленими ДСТУ 4362:2004 [39].

## 2.4 Клональне мікророзмноження

У ході проведення досліджень застосовували загальноприйняті у біотехнології рослин методи [24-26]. Для відбору експлантів з маточних рослин зрізали однорічні гілки та пророщували їх у воді, бруньки обробляли гібереловою кислотою ГК<sub>3</sub>. Як експланти використовували пазушні бруньки із пророщених пагонів. Асептичну роботу проводили в ламінарному боксі КПП-1. Для культивування ізольованих бруньок та мікроживців використовували як базове живильне середовище Мурасиге і Скуга (МС) [40]. Кислотність середовища доводили до рН 5,5-5,6 з допомогою 0,1н НСІ або 0,1н КОН перед автоклавуванням. Живильне середовище автоклавували при температурі 120 °С, тиску 0,8 атм. протягом 20 хв.

На кожному з етапів клонального мікророзмноження модифікували гормональний склад живильного середовища відповідно до необхідного шляху морфогенезу, додаючи бензиламінопурін (БАП), 6-фурфуриламінопурін (кінетик), гіберелову кислоту ГК<sub>3</sub> (ГК), індолілоцтову кислоту (ІОК), індолілмасляну кислоту (ІМК).

На етапах власне мікророзмноження і укорінення мікропагонів *in vitro* основний пагін одержаних рослин розрізали на мікроживці довжиною 4-6 мм з одним вузлом, а також відділяли додаткові мікропагони довжиною 4-6 мм.

Експланти культивували в термостатованій культуральній кімнаті при температурі 25–26 °С, освітленості 2–3 клк, фотоперіоді 16 годин, відносній вологості повітря 60–70 %. Тривалість циклу культивування визначали експериментально, залежно від інтенсивності розвитку рослин-регенерантів.

Експерименти ставили у трикратній повторності, обсяг вибірки становив 20 рослин. Спостереження і облік проводили щоденно з 1-го по 10-й день культивування, і через кожні 10 днів з 10-го до 50-й день культивування.

## 2.5 Адаптаційні можливості

Дослідження адаптаційних можливостей павловнії проводили на однорічних рослинах в умовах міста Миколаєва. Модельні рослини було

висаджено у березні 2019 року, у березні 2020 року річний приріст нульового року зрізали, після чого упродовж вегетаційного періоду сформувався пагін першого року. Адаптаційні можливості однорічних рослин досліджували із використанням методик діагностики життєздатності деревних рослин у міських насадженнях [41, 42, 43].

## **2.6 Математична обробка результатів досліджень**

Математичну обробку результатів дослідження проводили з використанням методів математичної статистики на персональному комп'ютері за допомогою програми Excel з пакету прикладних програм Microsoft Office<sup>®</sup> для Microsoft Windows<sup>®</sup>. Розраховували статистичні характеристики кількісної мінливості: середню арифметичну ( $\bar{X}$ ), помилку середньої арифметичної ( $S_{\bar{x}}$ ), середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ), дисперсію ( $\sigma^2$ ). Достовірність різниці між середніми величинами визначали за t-критерієм Стьюдента [44].

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У сучасних об'єктах ландшафтного дизайну та озеленення міст перспективним є вирощування павловнії, яку можна вирощувати у складі алейних насаджень або як солітер. Павловнія як декоративна рослина для озеленення міста має такі переваги як створення багато тіні, поглинання значної кількості вуглекислого газу та забруднюючих речовин, здатність рости у найбільш забруднених та загазованих районах, очищення ґрунту від важких металів [12].

Впровадження у практику озеленення міст України павловнії стримується через недостатність досліджень її біоекологічних та декоративних особливостей, ефективних технологій розмноження та шляхів використання в озелененні.

У зв'язку із цим у ході наших досліджень розробляли прийоми клонального мікророзмноження павловнії та її адаптаційні можливості щодо вирощування у ґрунтово-кліматичних та екологічних умовах міста Миколаєва.

#### 3.1 Клональне мікророзмноження павловнії *in vitro*

Метод клонального мікророзмноження на основі культури ізолюваних апікальних меристем забезпечує максимальну генетичну стабільність і оздоровлення одержаних рослин-регенерантів.

Процес клонального мікророзмноження складається з чотирьох етапів:

1-й етап – ізолювання експланту, введення і ініціація його розвитку в умовах *in vitro*;

2-й етап – власне мікророзмноження;

3-й етап – укорінення мікропагонів;

4-й етап – адаптація мікророслин до умов *in vivo*.



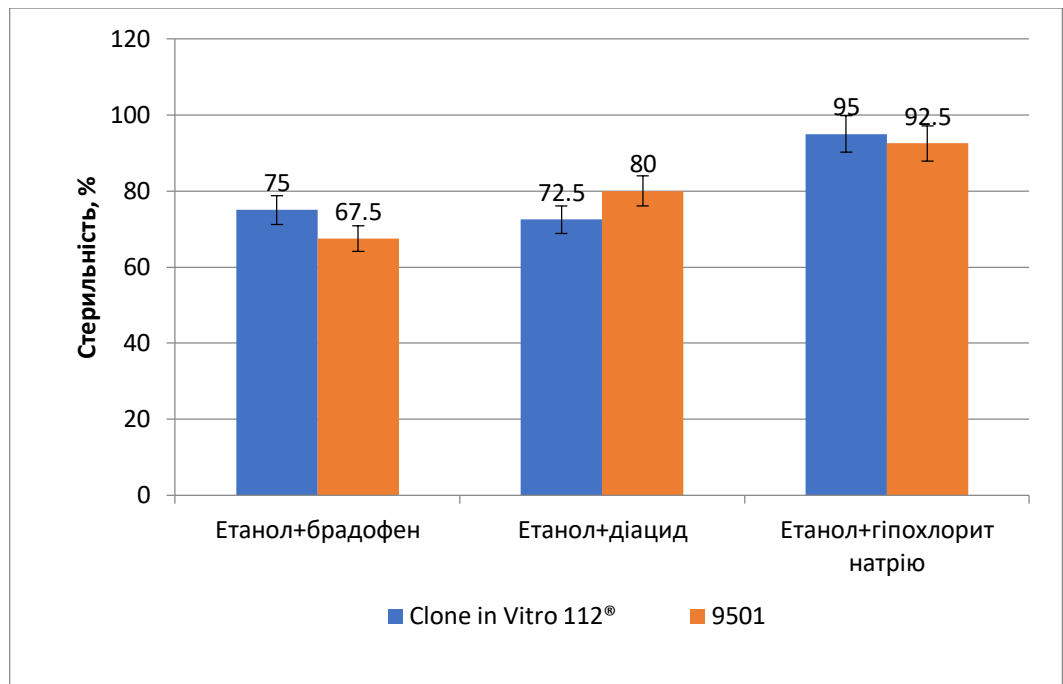
Основними принципами при розробці технологічних прийомів на окремих етапах клонального мікророзмноження павловнії були: забезпечення високого коефіцієнта розмноження; універсальність; технологічність; рентабельність; безпечність.

### 3.1.1 Стерилізація рослинного матеріалу

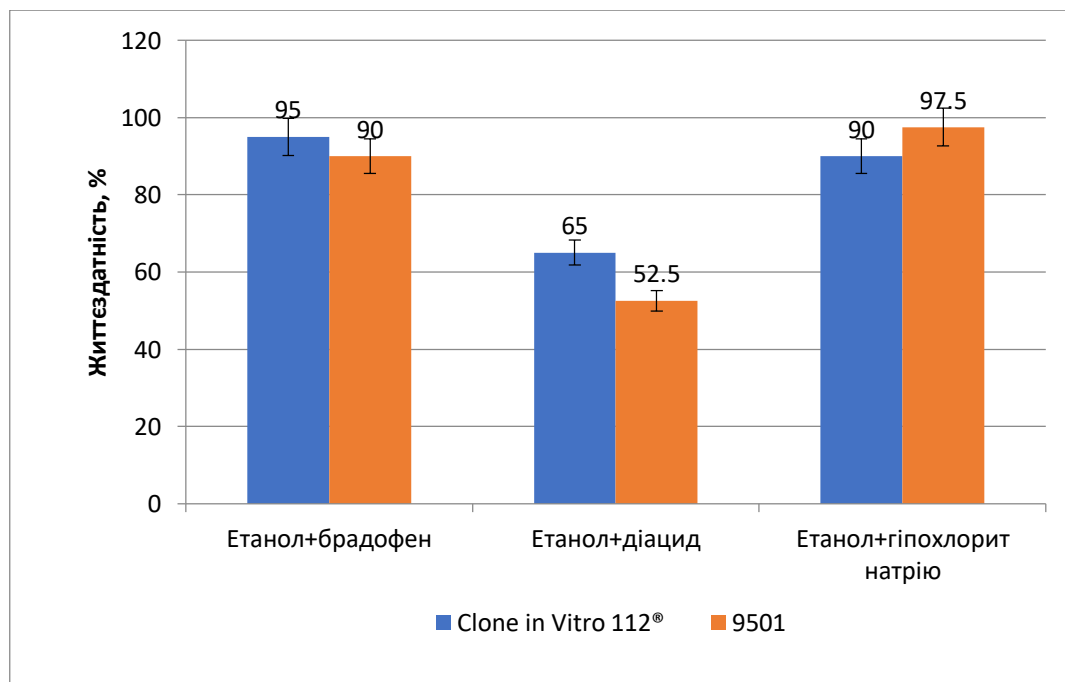
Стерилізацію рослинного матеріалу необхідно проводити у зв'язку із наявністю на його поверхні епіфітної мікрофлори. Для відбору експлантів павловнії з маточних рослин зрізали однорічні гілки та пророщували їх у воді, бруньки обробляли гібереловою кислотою ГК<sub>3</sub>. Молоді пагони, що сформувалися під час пророщування, обробляли у мильному розчині, потім промивали проточною водою та дистильованою водою. Для підбору оптимальної схеми стерилізації рослинний матеріал обробляли за схемою, що включала наступні варіанти:

- 1) 70 %-ий розчин етанолу – 40 с, 50 %-ий розчин брадофену – 12 хв;
- 2) 70 %-ий розчин етанолу – 40 с, 1 %-ий розчин гіпохлориту натрію – 5 хв;
- 3) 70 %-ий розчин етанолу – 40 с, 0,1 %-ий розчин діациду – 5 хв.

Як експланти використовували пазушні бруньки із пророщених пагонів. Стерильність та життєздатність експлантів визначали на 10-й день культивування. Найбільш ефективною для звільнення експлантів від інфекції, так і для збереження їх життєздатності виявилася ступінчаста стерилізація з використанням етанолу та гіпохлориту натрію (рис. 3.1, 3.2). Дослідження показали, що стерилізація з використанням 70 %-ного розчину етанолу та 1 %-ного розчину гіпохлориту натрію забезпечувала вихід стерильних експлантів на рівні 92,5–95,0 %. Життєздатність бруньок складала 90,0–97,5 %. При застосуванні етанолу та брадофену спостерігалася висока життєздатність експлантів, проте стерильність знижувалася до рівня 67,5–75,0 %. Найнижча життєздатність ізольованих бруньок 52,5–65,0 % відмічалася за використання етанолу та діациду, а стерильність становила 72,5–80,0 %.



**Рисунок 3.1 Стерильність експлантів павловнії за різних схем стерилізації, %**



**Рисунок 3.2 Життєздатність експлантів павловнії за різних схем стерилізації, %**

Отже, найбільш оптимальною схемою стерилізації рослинного матеріалу є обробка етанолом та гіпохлоритом натрію.

### 3.1.2 Введення в культуру *in vitro* та ініціація розвитку ізольованих бруньок

Ефективність клонального мікророзмноження у значній мірі залежить від типу експланту. У цій технології важливою характеристикою мериклонів є їх генетична ідентичність відносно донорних рослин, тому важливо, щоб експлант містив апікальну меристему. Усі рослини ростуть завдяки активності їх апікальних меристем, які знаходяться в верхівкових та пазушних бруньках. Брунька – це зачатковий пагін з дуже вкороченими міжвузлями. Вона складається з меристематичної зачаткової осі, яка закінчується конусом наростання. Нижче конуса наростання закладаються зачатки листків, різні за віком і розміром. Листки розташовані в брунці один над одним. В пазухах зачаткових листків (примордіїв) утворюються горбочки – зачатки бічних (пазушних) бруньок. Апекс – це частина бруньки, ростовий центр пагона. Завдяки діяльності його клітин формуються первинні тканини всіх органів, тобто йому властиві як гістогенні, так і органогенні процеси [15].

Для ініціації розвитку ізольованих бруньок павловнії використовували живильне середовище МС. Базове живильне середовище доповнювали цитокінінами або поєднували їх з ГК за схемою, наведеною у табл. 3.1. Частота регенерації ізольованих бруньок була достатньо високою на всіх варіантах живильного середовища – від 75 до 100 %. Проте, мікрослини, що формувалися на живильних середовищах з різним складом гормонів, відрізнялися біометричними параметрами, що у підсумку впливало на коефіцієнт розмноження. Додавання до живильного середовища БАП сприяло зняттю апікального домінування та формування бічних та адвентивних пагонів, при чому їх кількість збільшувалася зі збільшенням концентрації від 0,5 до 1,0 мг/л. Проте, біля 15-25 % пагонів були вітрифікованими.

При застосуванні кінетину формувався основний пагін більшої довжини, порівняно із середовищами з БАП, але менша кількість додаткових пагонів. Додавання до живильного середовища разом з БАП чи кінетином ГК стимулювало збільшення довжини міжвузль, і як наслідок, довжини пагонів.

Таким чином, найбільша довжина основного пагону формувалася на живильному середовищі, доповненому кінетином та ГК – 61,7–68,9 мм.

Коефіцієнт розмноження розраховували як суму однузлових живців основного пагону та додаткових пагонів, які можливо використати для субкультування. Даний параметр сукупно показує ефективність підбору чинників культивування на етапі введення експланту у культури *in vitro*. Найбільший коефіцієнт розмноження у павловнії відмічено на живильному середовищі, доповненому кінетином 1,0 мм + ГК 0,5 мм, у Clone in Vitro 112 – 8,7, у гібриду 9501 – 9,2.

Таблиця 3.1

**Розвиток ізольованих бруньок павловнії в культурі *in vitro* на першому етапі клонального мікророзмноження (30 діб культивування)**

Концентрація гормонів, мг/л	Частота регенерації, %	Висота основного пагону, мм	Коефіцієнт розмноження
<b>Clone in Vitro 112®</b>			
БАП 0,5	85,0±5,0	28,3±2,1	3,4±0,3
БАП 1,0	100,0±0,0	30,2±2,9	3,9±0,4
БАП 1,0+ ГК 0,5	85,0±5,0	42,7±4,0	5,7±0,4
Кінетин 0,5	95,0±5,0	38,8±3,6	4,5±0,5
Кінетин 1,0	90,0±5,0	52,3±4,9	6,8±0,6
Кінетин 1,0+ГК 0,5	95,0±5,0	61,7±7,0	8,7±0,9
<b>9501</b>			
БАП 0,5	75,0±5,0	31,1±2,8	4,7±0,3
БАП 1,0	85,0±5,0	37,5±3,9	5,0±0,5
БАП 1,0+ ГК 0,5	90,0±5,0	49,8±4,0	6,7±0,7
Кінетин 0,5	95,0±5,0	45,2±3,4	5,1±0,6
Кінетин 1,0	90,0±1,0	57,1±5,5	7,3±0,6
Кінетин 1,0+ГК 0,5	95,0±5,0	68,9±6,2	9,2±0,8

Отже, на першому етапі культивування оптимальним є живильне середовище, доповнене кінетином 1,0 мг/л та ГК 0,5 мг/л.

### 3.1.3 Власне мікророзмноження

На етапі власне мікророзмноження головним завданням є проліферація пагонів *in vitro*, які упродовж декількох циклів можливо субкультивувати на живильні середовища для подальшого одержання нових пагонів з його пазушних бруньок або адвентивних пагонів. На другому етапі для одержання експлантів основний пагін мікророслин розділяли на однузлові мікроживці довжиною 4-6 мм або відділяли додаткові пагони. Культивували по 6 мікроживців у посудинах об'ємом 250 мл з об'ємом живильного середовища 30 мл. Установлено залежність процесів росту і розвитку мікророслин павловнії в культурі *in vitro* на другому етапі клонального мікророзмноження від складу живильного середовища (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Розвиток мікророслин павловнії в культурі *in vitro* на другому етапі клонального мікророзмноження (30 діб культивування)**

Концентрація гормонів, мг/л	Частота регенерації, %	Висота пагонів, мм	Коефіцієнт розмноження
<b>Clone in Vitro 112®</b>			
БАП 0,5	95,0±5,0	38,3±3,8	4,7±0,4
БАП 1,0	90,0±10,0	42,8±4,1	6,0±0,5
БАП 1,0+ ГК 0,5	95,0±5,0	57,4±5,5	8,0±0,7
Кінетин 0,5	100,0±0,0	45,8±4,1	6,2±0,6
Кінетин 1,0	95,0±5,0	58,9±6,2	7,2±0,6
Кінетин 1,0+ГК 0,5	100,0±0,0	75,3±7,1	10,3±1,1
<b>9501</b>			
БАП 0,5	95,0±5,0	48,0±4,5	6,5±0,5
БАП 1,0	85,0±10,0	50,2±5,1	8,8±0,8
БАП 1,0+ ГК 0,5	90,0±10,0	61,9±6,3	9,8±0,8
Кінетин 0,5	95,0±5,0	48,9±4,5	6,0±0,5
Кінетин 1,0	100,0±10,0	62,4±6,0	8,5±0,7
Кінетин 1,0+ГК 0,5	95,0±5,0	85,6±8,6	12,0±1,1

Частота регенерації пагонів на даному етапі була високою на усіх випробуваних варіантах живильного середовища і становила 85,0–100,0 %. Особливістю розвитку було утворення додаткових пагонів, що формували пучок висотою 38,3–85,6 мм залежно від складу живильного середовища (табл. 3.2, рис. 3.3).



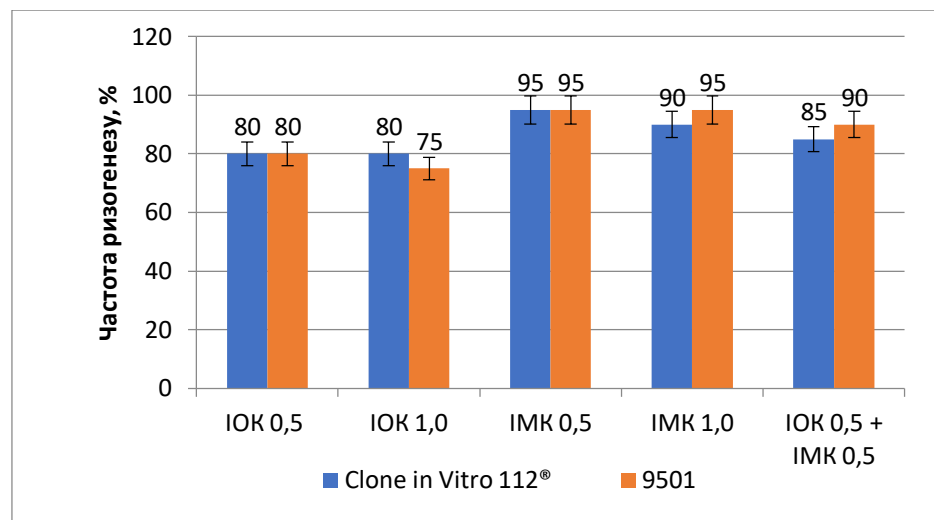
**Рисунок 3.3 Мікророслини павловнії на етапі власне мікророзмноження**

Коефіцієнт розмноження на другому етапі клонального мікророзмноження розраховували аналогічно із першим етапом. Найвищий коефіцієнт розмноження виявлено на живильному середовищі, доповненому кінетином та ГК – у Clone in Vitro 112 – 10,3, у гібриду 9501 – 12,0.

#### **3.1.4 Укорінення мікропагонів в умовах *in vitro***

На третьому етапі мікророзмноження мікропагони необхідно укорінити і одержати повноцінні рослини. Основними індукторами ризогенезу є ауксини, що стимулюють поділ клітин паренхіми пагона, що приводить до диференціації корневих зачатків в його базальній частині [32]. Для формування коренів пагони відділяли і висаджували на живильне середовище  $\frac{1}{2}$  MS, доповнене ауксинами (рис. 3.4, 3.5).

Вивчення впливу гормонального складу живильного середовища на укорінення мікропагонів павловнії в культурі *in vitro* показало, що генотипи, які взято на вивчення, характеризувалися високою частотою регенерації коренів – 75,0–95,0 %.



**Рисунок 3.4 Частота ризогенезу у мікророслин павловнії залежно від складу та концентрації (мг/л) ауксинів, % (30 діб культивування)**

Проте, найбільш оптимальним на даному етапі виявилось живильне середовище  $\frac{1}{2}$  МС, доповнене ІМК 0,5 мг/л, на якому частота ризогенезу становила 95,0 % та формувалися 5,3-7,8 коренів довжиною 78,5-95,2 мм (див рис. 3.5).



**Рисунок 3.5 Укорінення павловнії на живильному середовищі  $\frac{1}{2}$  МС, доповненому ІМК 0,5 мг/л**

На інших живильних середовищах, що досліджувалися, біометричні параметри кореневої системи були достовірно нижчими.

### 3.1.5 Адаптація мікророслин до умов *in vivo*

Для етапу адаптації до умов *in vivo* відбирали рослини з добре розвиненою кореневою системою, відмивали від залишків живильного середовища і обробляли біопрепаратами з фунгіцидною активністю. Висаджували в касети з субстратом, що складався з торфу і перліту у співвідношенні 3:1. Адаптацію здійснювали поетапно. Під час первинної адаптації касети з рослинами розміщували у кліматичних камерах (рис. 3.6).



а



б

**Рисунок 3.6 Первинна адаптація павловнії до умов *in vivo*:**

**а – 5 діб; б – 20 діб**



Рослини культивували під плівковим укриттям за температури 20–22 °С і постійному зволоженні, при періодичному провітрюванні, час якого збільшували при збільшенні терміну адаптації. За 20 діб формувалося 2–3 пари листків. У період вторинної адаптації (рис. 3.7) касети з рослинами переміщували до спеціально обладнаних столів із системою штучного туману та клімат-контролю і рослини культивували в умовах кліматичної камери ще 20 діб, після чого їх дорощували в умовах плівкової теплиці (рис. 3.8). Ступінчаста адаптація рослин до умов *in vivo* упродовж 40 діб у кліматичних камерах та дорощування у теплиці забезпечувало вихід саджанців на рівні 85,0–95,0 %.



**Рисунок 3.7** Вторинна адаптація павловнії до умов *in vivo*



**Рисунок 3.8** Дорощування павловнії у плівковій теплиці

Адаптовані рослини мали типові для вихідних рослин морфологічні ознаки. Одержані мериклони використані для закладання дослідних ділянок з вивчення продуктивності павловнії у ФГ «Агролайф» (додаток А), ФГ «Олена» (акт впровадження №10 від 05.09.2020 р., додаток Б), а також у зеленій зоні міста Миколаєва для вивчення адаптаційних можливостей в умовах урбоекосистеми.

Розроблені прийоми клоного мікророзмноження дозволяють інтенсивно розмножувати однорідний оздоровлений садивний матеріал цінних генотипів павловнії, що сприятиме підвищенню продуктивності рослин та покращенню якості продукції і декоративних властивостей дерев.

### **3.2 Адаптаційні можливості та перспективи використання павловнії у озелененні міста Миколаєва**

Місто Миколаїв є дев'ятим за чисельністю населення містом в Україні, тут мешкає понад 486,3 тис. Місто обласного підпорядкування, адміністративний, промисловий та культурний центр півдня України. Він розташований на півострові, що омивається водами Південного Бугу та Інгулу. Його територія має площу 120 км<sup>2</sup>. У м. Миколаєві на кожного жителя міста припадає більше 17 квадратних метрів зелених насаджень без обліку садів будинків приватного сектора і колективних садових товариств Показник доступності зелених зон у Миколаєві досить низький; по оцінці управління архітектури, тільки близько 11% населення міста живе не далі 300 м від найближчої зеленої зони відпочинку площею не менше 0,5 га. Переважними породами дерев у місті є акація біла, клен ясенелистний, шовковиця, тополя біла, клен гостролистий, горіх волоський, ясен звичайний, платан західний, дуб черешчатий, каштан кінський, липа дрібнолиста у віці від 8 до 80 років, а на вулицях старої частини міста – до 55 років [7].

Серед нових деревних порід як з метою одержання деревини, так і для озеленення набуває поширення павловнія. У місті Миколаїв культивуються окремі рослини павловнії, що вступили до генеративної стадії (додаток В), що

дозволяє зробити попередні висновки про перспективність культивування її в умовах урбоекосистеми.

Місто Миколаїв розташоване у зоні Південного Степу України. Зона морозостійкості ба, що дозволяє вирощувати павловнію Clone in Vitro 112®, тоді як для гібриду 9501 у даній зоні температури нижчі від її морозостійкості. Також, негативними для рослин чинниками міського середовища для росту і розвитку рослин є висока кислотність та переущільнення ґрунтів, недостатнє вологозабезпечення. У зв'язку із цим актуальними є дослідження адаптаційних можливостей павловнії в умовах урбоекосистеми міста Миколаєва.

У зв'язку з означеною метою в умовах зеленої зони нами у березні 2019 року було висаджено по десять модельних рослин павловнії Clone in Vitro 112® та 9501 (рис. 3.11). Після нульового адаптаційного року у березні 2020 року пагони зрізали та почали формуватися рослини першого року.

Ступінь життєздатності рослин павловнії в умовах урбоекосистеми міста Миколаєва оцінювали, керуючись діагностичними шкалами оцінки ступеня життєздатності деревних рослин [41-43] (табл. 3.3).

На основі одержаних результатів встановлено, що упродовж першого року вирощування дослідних рослин сформувався стовбур висотою 2,26-2,38 м та діаметром 0,79-0,83 м, що відповідає морфологічним характеристикам рослин павловнії Clone in Vitro 112® та 9501.

Листки починали формуватися у другій декаді березня, великі, темно-зеленого кольору, опадання листків відмічено у третій декаді листопада. Зимостійкість дерев висока, життєздатність після перезимівлі становила 100,0 %. Посухостійкість оцінено у 6 балів, оскільки листки втрачали тургор у спекотні години та потребували зрошення. Ураження хворобами та шкідниками у зоні дослідження не виявлено. Можливості заготівлі насіння не було у перший рік вирощування, оскільки рослини ще не вступили до фази плодоношення. Можливо було лише використати бруньки для клонального мікророзмноження. У рослин, що досліджувалися, не виявлено пригнічення росту та сухих пагонів і гілок упродовж першого року вирощування.

Таблиця 3.3

**Ступінь життєздатності рослин павловнії першого року вирощування в умовах урбоекосистеми міста Миколаєва, 2020 р.**

Діагностичні показники	Генотип	
	Clone in Vitro 112®	9501
Вік, років	1,7	1,7
Висота, м	2,26±0,27	2,38±0,21
Діаметр стовбура, м	0,83±0,07	0,79±0,08
Початок появи листя та листопад	Друга декада березня та третя декада листопада	Друга декада березня та третя декада листопада
Зимостійкість, бал	10	10
Посухостійкість, бал	6	5
Ураження хворобами та шкідниками, бал	Не виявлено	Не виявлено
Можливість заготівлі репродуктивного матеріалу	Ні	Ні
Виявлення причин пригніченого росту	Не виявлено	Не виявлено
Наявність сухих пагонів і гілок	Не виявлено	Не виявлено
Якісний стан дерев	Добрий	Добрий

Якісний стан дерев добрий – дерева здорові, нормально розвинуті, листя густе, рівномірно розміщене на гілках, нормального розміру та забарвлення, немає ознак хвороб і шкідників, ран, пошкоджень стовбура і дупел.

Одержані результати свідчать про ефективність вирощування павловнії Clone in Vitro 112® та 9501 при створенні чи реконструкції зелених зон міста Миколаєва. Перспективи подальших досліджень пов'язані із вивченням елементів технології вирощування та екологічних властивостей павловнії.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених експериментальних досліджень розроблено прийоми клонального мікророзмноження *in vitro* та вивчено адаптаційні можливості і перспективи використання у озелененні міста Миколаєва павловнії.

1. Найбільш ефективною схемою стерилізації павловнії є ступінчаста обробка рослинного матеріалу 70 %-ним розчином етанолу та 1 %-ним розчином гіпохлориту натрію. Вихід стерильних експлантів становив 92,5–95,0 %, життєздатність – 90,0–97,5 %.

2. На етапі введення в культуру *in vitro* оптимальним є живильне середовище МС, доповнене кінетином 1,0 мг/л та ГК 0,5 мг/л, на якому коефіцієнт розмноження був найвищим і становив 8,7–9,2.

3. На етапі власне мікророзмноження найбільш інтенсивна проліферація пагонів відбувалася також на живильному середовищі МС, доповненому кінетином 1,0 мг/л та ГК 0,5 мг/л, що забезпечувало найвищий коефіцієнт розмноження – 10,3–12,0.

4. На етапі укорінення мікропагонів найбільш оптимальним виявилось живильне середовище  $\frac{1}{2}$  МС, доповнене ІМК 0,5 мг/л, на якому частота ризогенезу становила 95,0 % та формувалися 5,3–7,8 коренів довжиною 78,5–95,2 мм.

5. Ступінчаста адаптація рослин до умов *in vivo* упродовж 40 діб у кліматичних камерах та дорощування у теплиці забезпечувала вихід саджанців на рівні 85,0–95,0 %.

6. Упродовж першого року вирощування рослин павловнії сформувався стовбур висотою 2,26–2,38 м та діаметром 0,79–0,83 м.

7. Якісний стан дерев добрий, що свідчить про ефективність вирощування павловнії Clone in Vitro 112® та 9501 при створенні чи реконструкції зелених зон міста Миколаєва.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Для введення та ініціації розвитку меристем в умовах *in vitro* та власне мікророзмноження павловнії доцільно застосовувати живильне середовище МС, доповнене кінетином 1,0 мг/л та ГК 0,5 мг/л.

2. Укорінення мікропагонів павловнії рекомендується проводити в умовах *in vitro* на живильному середовищі ½ МС, доповненому ІМК 0,5 мг/л.

3. Адаптацію мікророслин павловнії до умов *in vivo* необхідно проводити поетапно упродовж 40 діб у кліматичних камерах та дорощувати у теплиці.

4. Вирощувати павловнію Clone in Vitro 112® та 9501 при створенні чи реконструкції зелених зон міста Миколаєва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Садово-паркове мистецтво: Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. 175 с.
2. Климчик О. М., Багмет А. П., Данкевич Є. М., Матковська С. І., Екологія міських систем : навч. посіб. Частина 1. / за ред. О. М. Климчик. Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2016. 460 с.
3. Белочкина Ю. В. Ландшафтный дизайн. Харьков : Фолио, 2006. 320 с.
4. Крижанівська Н. Я. Основи ландшафтного дизайну : підручник. Київ : Кондор, 2009. 220с.
5. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України, Київ, затверджені наказом Держбуду України от 10.04.06 №105 та зареєстровані в Мінюсті України 27 липня 2006 р. № 880/12754.
6. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Львів : Світ, 2005. 456 с.
7. Благоустрій міста. Режим доступу: <https://mkrada.gov.ua/content/zagalni-vidomosti-jkh.html>
8. Заячук В.Я. Дендрологія : підручник. Львів : Апріорі, 2008. 656 с.
9. Олейнікова О. М. Садові декоративні рослини. Харків: Веста, 2009. 160с.
10. Сумченко В. Павловнія. Який прибуток ховають в собі ці високі дерева? Kurkul.com, 2017 р. Режим доступу: <https://kurkul.com/blog/489-pavlovniya-yakiy-pributok-hovayut-v-sobi-tsi-visoki-dereva>
11. Манушкіна Т.М., Коломієць Н.П. Перспективи вирощування павловнії у зоні Південного Степу України як енергетичної та декоративної культури. Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 09–11 грудня 2020 р. Миколаїв : МНАУ, 2020. С. 44-46.
12. Мацкевич О.В., Філіпова Л. М., Мацкевич В. В., Андрієвський В.В. Павловнія: науково-практичний посібник: Біла Церква: БНАУ, 2019. 80 с.

13. Paulownia as a Medicinal Tree^ Traditional Uses and Current Advances / Ting Hel et all. *European Journal of Medicinal Plants*. 2016. Vol. 14 (1). P. 1-15.

14. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин : підручник. Київ : ПоліграфКонсалтинг. 2003. 520 с.

15. Мельничук М. Д., Кляченко О. Л. Біотехнологія в агросфері. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2014. 247 с.

16. В. А. Bergmann, Н.-К. Moon *In vitro* adventitious shoot production in Paulownia. *Plant Cell Reports*. 1997. Vol. 16. P. 315–319.

17. L.M. Filipova, V.V. Matskevych, L.M. Karpuk\*, A.P. Stadnyk, V.V. Andriievsky, A.T. Vrublevsky, N.M. Krupa, A.A. Pavlichenko. Features of Rooting Paulownia *in vitro* Egypt. *J. Chem.* 2nd International Conference on Agricultural Biosystems (AGRIBIOS 2019). 2019. P. 57–63.

18. Мацкевич В. В. Особливості детермінації онтогенезу павловнії *in vitro* синтетичними гормонами. *Науковий журнал «Вісник Сумського національного аграрного університету»*. Серія «Агрономія і біологія». 2018. Вип. 9(36). С. 76–82.

19. 2. Філіпова Л. М., Мацкевич В. В., Мацкевич О. В. Ризогенез павловнії *in vitro*/ Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Інноваційні технології в агрономії, агрохімії та екології. Землеустрій та кадастри у сучасних умовах. 2019. Біла Церква, БНАУ. С. 33–39.

20. Подгаєцький А. А., Мацкевич В. В., Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква, 2018. 208 с.

21. Мацкевич В. В., Подгаєцький А. А., Філіпова Л. М. Мікроклональне розмноження окремих видів рослин (протоколи технологій): науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 85 с.

22. Теслюк Н.І., Аврамович І. Клональне мікророзмноження Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*). *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали XIII наук. конф. молодих*



вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Нац. академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України, Ін-т сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів : видавець Брагинець О. В., 2018. С.235

23. Кобів Ю. Словник українських наукових і народних назв судинних рослин. Київ: Наукова думка, 2004. 800 с.

24. Махлинець С., Кампов Н. Охytree – ідеальне вирішення енергозберігаючих проблем людства // Матеріали ХІХ Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2015. Вип. 19. С. 3–5.

25. Загальна інформація про павловнію. URL: <http://denovaagro.com/nashaproduktsiya/dekorativnye-rasteniya/pavlovniya-paulownia/obshhaya-informatsiya-o-pavlovnii/>.

26. Вирощування павловнії. URL: [http://denovaagro.com/wp-content/uploads/2016/08/Grown\\_Paulownia\\_Ru.pdf](http://denovaagro.com/wp-content/uploads/2016/08/Grown_Paulownia_Ru.pdf)

27. Павлонія – цінне джерело деревини і біопалива. Пропозиція. URL: <https://propozitsiya.com/pavlovniya-cennyu-istochnikdrevesiny-i-biotopliva>

28. Luis Jiménez, Alejandro Rodríguez, J. L. Ferrer. (2005). Paulownia, a fast-growing plant, asa raw material for paper manufacturing. Vol. 62 (516): 100–105.

29. В Ужгороді вслід за сакурами зацвели павловнії. URL: <http://day.kyiv.ua/ru/news/080515-v-uzhgorode-vsled-za-sakurami-zacveli-pavlovnii-foto>

30. Чи може китайська павловнія зберегти людське здоров'я. URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/8979>

31. Екологічна енциклопедія: У 3-х т. / А. В. Толстоухов (гол. ред.) . Т. 2. К. : ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007.286с.

32. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. К.: Наук. думка, 2005. 270 с

33. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи : Моногр. НАН України. Ін-т молекуляр. біології і генетики. К. : Логос, 2005. 724 с.

34. Plants from Test Tubes: An Introduction to Micropropagation, 4th Edition (2013), by H Scoggins & M Bridgen, Timber Press; ISBN-10: 1604692065, ISBN-13: 978-1604692068

35. Сатарова Т.М., Абраїмова О.Є., Вінніков А.І., Черенков А.В. Біотехнологія рослин: навч. посіб. Дніпропетровськ : Адверта, 2016. 136 с.

36. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постасептична адаптація. Автореферат дис. д-ра с.-г. наук... спец. 06.01.05 – селекція і насінництво. Суми.2020. 56 с.

37. Характеристика видів Павлонии. URL: <https://www.cathaia.com/ru/paulownia/plants/species/10-paulownia-species-characteristics>

38. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ: Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2018. С. 424.

39. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu\\_4362\\_2004.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4362_2004.pdf)

40. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*. Vol. 15(3). P. 473-497.

41. Кучерявий В. П., Дудин Р. Б., Ковальчук Р. П., Пилат О. С. Деревя, чагарники, ліани в ландшафтній архітектурі : навч. посіб. Львів : Кварт, 2004. 138с.

42. Озеленение населенных мест: Справочник / В. И. Ерохина, Г. П. Жеребцова, Т. И. Вольфтруб и др., Под ред. В. И. Ерохиной. М.: Стройиздат, 1987. 480 с.

43. Бессонова В. Методологія і організація наукових досліджень у садово-парковому господарстві. Центр навчальної літератури. 2019. 264 с.

**44.** Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / [В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз, В.П. Опришко; за ред. В.О. Єщенко]. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К» », 2014. 332с.

## ДОДАТКИ

### Додаток А



**Дослідна ділянка павловнії у ФГ «Агролайф»**

## Додаток Б

**Акт  
впровадження наукових досліджень у виробництво**

№ 10

від 05.09.2020 р.

Назва пропозиції, що впроваджується	Одержання садивного матеріалу павловнії методом клонального мікророзмноження <i>in vitro</i>
Місце та обсяг впровадження	ФГ «Олена» Братського району Миколаївської області Площа 0,1 га
Шляхи впровадження	Закладання плантацій павловнії Paulownia Clone <i>in Vitro</i> 112®; Paulownia 9501
Результати впровадження	Приживлюваність рослин становила 95-100 %.

Директор ФГ «Олена»  
Братського району  
Миколаївської області, канд. с.-г. наук



О. М. Дробітько

**Додаток В**

**Павловнія в умовах м. Миколаїв у фазу цвітіння, 2020 рік**



## Додаток Д



**Модельні рослини павловнії Clone in Vitro 112®,  
жовтень 2020 р.**