

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

БЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Павловня:

науково-практичний

посібник



Біла Церква

2019

УДК 581.146:635.21:631.531

П 12

Рекомендовано науково-методичною
комісією Білоцерківського
національного аграрного університету
(протокол № 8 від 04.04.2019 р.)

Укладачі: **Мацкевич О.В.**, студентка;
Філіпова Л.М., канд. с.-г. наук;
Мацкевич В.В., канд. с.-г. наук;
Андрієвський В.В., асистент

Мацкевич О.В., Філіпова Л. М., Мацкевич В. В., Андрієвський В.В.

Павловнія: науково-практичний посібник: Біла Церква: БНАУ, 2019. 80 с.

Науково-практичний посібник присвячено узагальненню результатів власних досліджень та досліджень інших вчених з природи мікроклонального розмноження рослин, проблем, які при цьому виникають, пошуку шляхів їх вирішення. Викладено підходи удосконалення технологічних процесів із застосуванням культури тканин. Наведено теоретичні обґрунтування процесів ювенілізації *in vitro* та постасептичної адаптації, захисту від реінфекції матеріалу, одержаного біотехнологічними методами.

Рекомендовано працівникам лабораторій мікроклонального розмноження, науковцям, науково-педагогічним працівникам, здобувачам вищих навчальних закладів денної та заочної форм навчання за кредитно-трансферною системою організації навчального процесу, які навчаються за спеціальностями "Лісове господарство", "Садово-паркове господарство", "Біотехнологія та біоінженерія", "Агрономія" з вивчення дисциліни "Основи біотехнології рослин".

Рецензенти:

Стадник А.П. д-р с.-г. наук, професор, академік НАН, завкафедри лісівництва, ботаніки і фізіології рослин (Білоцерківський національний аграрний університет);

Таран О.П. канд. біол. наук, ст. викладач кафедри молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки (Національний університет біоресурсів і природокористування України).

П 12

ISBN 978-966-2122-65-7

© Мацкевич О. В., Філіпова Л. М.,

Мацкевич В. В., Андрієвський В.В., 2019

ЗМІСТ

Умовні скорочення	5
Передмова	6
I. БІОЛОГІЯ КУЛЬТУРИ	7
1.1. Систематика роду Павловнія	7
1.2. Морфолого-анatomічна характеристика	7
1.3. Особливості росту і розвитку	12
1.4. Потреба щодо умов вирощування	15
1.4.1. Температура	15
1.4.2. Вологість	20
1.4.3. Ґрунти	22
II. РОЗМНОЖЕННЯ	23
2.1. Потенціал інвазійності виду	23
2.2. Звичайні методи розмноження	24
2.2.1. Генеративне розмноження	24
2.2.2. Вегетативне розмноження	26
III. ОТРИМАННЯ ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ	29
3.1. Переваги мікроклонування над звичайними способами роздмноження і його етапи	29
3.2. Живильні середовища для культивування павловнії <i>in vitro</i>	30
3.3. Введення в асептичну культуру	35
3.4. Мультиплікація	36
3.5. Ризогенез та постасептична адаптація	41
3.6. Фотоавтотрофний метод МКР	47
IV. ОСОБЛИВОСТІ АГРОТЕХНІКИ	50
4.1. Павловнієві плантації	50
4.2. Найбільш поширені у виробництві клони павловнії	51
4.3. Підбір, посадка саджанців	53

4.4.	Схеми посадки на різних плантаціях	54
4.5.	Умови вирощування	56
4.6.	Шкідники, хвороби	58
4.7.	Догляд, технічний зріз та щорічне обламування	59
4.8.	Приклади вирощування павловнії в Україні	61
V.	ВИКОРИСТАННЯ ПАВЛОВНІЇ	64
5.1.	Біомаса	64
5.2.	Використання деревини	65
5.3.	Використання листя, квітів і насіння павловнії	67
5.4.	Декоративні та фіторемедіаційні властивості	68
	Список використаних джерел	71

Умовні скорочення

In vitro

Ex vitro

Субкультивування

МКР

ПЕРЕДМОВА

У епоху інновацій і швидких змін актуальним є пошук шляхів створення сировинних баз для високотехнологічного виробництва. Зокрема, це стосується і лісівництва. Донедавна вирощування деревних культур з метою одержання деревини велося майже екстенсивними методами. Якщо у таких галузях як рільництво, овочівництво, садівництво протягом менше століття відбулося дві зелених революції [1, 2], то у лісівництві немає відчутних результатів інтенсифікації виробництва. Як наслідок екстенсивного лісовирощування, маємо скорочення площ під лісами у світі і в Україні зокрема. Так, тотальні вирубки в Карпатах призводять до втрат ґрунтового покриву, поширення ерозійних процесів, порушення водного режиму територій, що спричиняє в останні десятиліття повені, паводки, зсуви ґрунту, обвали та екологічні лиха, і, у підсумку, мільйонні збитки [3, 4]. Тому на фоні зростаючого попиту на деревину необхідно шукати шляхи інтенсифікації лісової галузі. Розвиток інтенсивного лісівництва дозволить за короткий проміжок часу на порівняно невеликих площах отримувати комерційну деревину й побічні продукти у великих об'ємах.

Одними з культур, які придатні для інтенсивного лісівництва на значній території України є деревні види та клони роду Павловнія. Деревина павловнії здатна замінити як пиломатеріал багатьох інших культур, так потіснити на ринку не завжди безпечні меблі із тирсоплити, пластику тощо. Введення павловнії в лісокультуру дозволить забезпечити сировиною, окрім деревообробної, такі галузі виробництва як будівельна, целюлозна, біоенергетична. Ще однією перевагою цієї рослини є високі фіторемедіаційні властивості та невибагливість до умов вирощування.

I. БІОЛОГІЯ КУЛЬТУРИ

1.1. Систематика роду Павловнія

Філіп Зібольд і Йозеф Цуккаріні дали назву рослині на честь Анни Павловни, королеви Нідерландів (1795-1865), доньки російського царя Павла I. З тієї ж причини її також називають "дерево принцес". У назві використано ім'я по-батькові королеви, яке, на їх думку, було її другим ім'ям. Назвати рід Anna вони не могли, оскільки такий рід вже існував [5, 7]. Крім цієї назви павловнію називають також адамове дерево, драконове дерево, кірі.

Павловнія (лат. *Paulownia*) – рід рослин родини Павловнієві (*Paulowniaceae*). Нараховує від 6 до 17 видів, в тому числі [6]:

1. *Paulownia tomentosa*.
2. *Paulownia fortunei*.
3. *Paulownia elongata*.
4. *Paulownia catalpifolia*.
5. *Paulownia fargesii*.
6. *Paulownia kawakamii*.
7. *Paulownia taiwaniana*

Найбільш розповсюджені в Європі перші три види листопадних дерев. Ці види мають ряд особливостей (табл. 1.1) (за [5]). Слід відмітити, що останнім часом широко використовуються клонові міжвидові гібриди цих видів.

1.2. Морфолого-анатомічна характеристика

В описі роду Павловнія поширеними є рисунки виконані ще відкривачами роду [8] (рис. 1.1). В цілому характеристика роду наступна [за 9].

Стебло. Листопадні дерева. Крона висока, відкрита, розлога, досить вузька і розріджена. Стовбур прямий, стрункий. Гілки горизонтальні до висхідних. Кора гладка, сіра до коричневої, з великими мідними сочевичками. Пагони товсті, спочатку повстяно-опущені, потім більш-менш оголюються.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика найбільш розповсюджених у Європі видів роду Павловнія

Рослина чи її частина	<i>Paulownia tomentosa</i>	<i>Paulownia fortunei</i>	<i>Paulownia elongata</i>
1	2	3	4
Дерево	Висотою 15-20 м, інколи до 25 м і діаметром до 1 м. Крона розлога, округла або яйцеподібна.	Висотою до 30 м, крона конічна. Стовбур діаметром до 2 м, прямий. Кора сіро-коричнева. Молоді пагони, суцвіття й плоди мають жовтувато-коричневе опушення.	Висотою більше 10 м. Крона ширококонічна. Молоді гілки з випуклими сочевичками.
Листя	Великі, до 20-30 см в довжину, а в пагонів, що інтенсивно ростуть, до 50 см, зверху опущені, знизу повстисті, широкояйцеподібної або серцеподібної форми, рідко слабко трьохлопатеві; верхівка загострена.	Черешок листка близько 12 см в довжину; листкова пластинка вузька яйце-серцеподібна, інколи просто яйцеподібна до 20 см. Нижня сторона листка в молодому віці щільно опушена, пізніше слабко опушена або опушена, верхня сторона без опушення.	Яйце-серцеподібні, довгі або злегка довші своєї довжини; зверху голі, знизу щільно вкриті волосками, цілі або злегка лопатеві. Верхівка листкової пластинки загострена.

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Суцвіття	Волотеподібне, у довжину до 30 см. Квіти пахучі, блідо-фіолетові, до 6 см в діаметрі. На кінець літа закладаються бутони, перезимовують і розпускаються весною, до або під час розпускання листя.	Напівциліндричне, вузька і довга волоть, у довжину до 25 см. Квітконіжка гола. Чашечка оберненоконічна, віночок білий, фіолетовий або світло-фіолетовий, трубчасто-лійкоподібної форми довжиною 8-12 см.	Волотеподібне, до 30 см у довжину. Віночок лійко-дзвіночкоподібний довжиною 7-9,5 см і 4-4,5 см в діаметрі, складається із 5 пелюсток фіолетового або блідо-рожевого кольору.
Плід	Широкояйцеподібна коробочка, із 1200-2300 насінинами; вага 1000 насінини 0,15 г. Насіння – крилатки.	Продовгувата або продовгувато-еліптична коробочка, 6-10 см. Оплодень здерев'янілий зі стінками товщиною 3-6 мм. Насіння – крилатки діаметром 6-10 мм включно з крилом.	Яйцеподібна коробочка.

Характерною особливістю пагонів є відсутність термінальних бруньок, а також формування зимуючих квіткових бруньок восени, в рік, що передує цвітінню.



Рис. 1.1. Ботанічний роду Павловнія (Філіпп Франц фон Зіболльд та Йозеф Герхард Цуккарін) [5, 8].

Листки. Листки супротивні, на кінцях торішніх гілок зближені, дуже великі, подовжено або широкояйцеподібні до широкоовальної форми, біля основи серцеподібні, цілісні або на молодих екземплярах трикутно трьох-п'ятилопатеві, цілокраї або зубчасті, зверху голі або опушені, знизу густо опушені або повстяні, без прилистків, на довгих, опущених черешках.

Розмір листків залежить від віку рослин і формування. У рослин, які сформовані через технологічний зріз, листки найбільші: розвинена коренева система забезпечує порівняно небагато листків значною кількістю мінеральних речовин та цитокінінів. У рослин віком 20 і більше років, або сформованих у багато стовбурів, листки порівняно із вказаними вище в 1,5-2,0 рази менші.

Насіння. Насіння численне, дрібне, крилате.

Квітки. Квітки дуже великі, зигоморфні, блідо-фіолетові, блакитні або майже білі, зібрани у верхівкових, дуже великих, прямостоячих, повстяно-опушених віничках. Чашечка дзвоникова, глибокоп'ятилопатева, товста, густо волосиста. Віночок трубчасто-дзвониковий або наперстянкоподібний, з довгою, симетричною або дещо однобічно роздутою трубкою і п'ятьма короткими, нерівними, розпростертими лопатями.

Цвіте в травні, одночасно з появою листя.

Плоди. Плоди великі коробочки, що розтріснуються під час дозрівання і не опадають до весни.

Розмноження. Насінням, яке висівають під скло пізно влітку. Слід використовувати свіжозібране насіння, оскільки воно втрачає схожість через 6 місяців. Крім того, можливе розмноження кореневою порослю і живцями.

Поширення. Батьківщиною більшості видів роду є Східна Азія – Японія, Корея, Китай, Лаос, В'єтнам. В Україні плодоносні рослини павловнії повстяної (*P. tomentosa*) ростуть в Ужгороді, Мукачево та Одесі. У Києві росте у Ботсаду ім. О. Фоміна та на подвір'ї Софії Київської.

1.3. Особливості росту і розвитку

Усі види павловнії – швидкорослі дерева (рис. 1.2). Зокрема в умовах Закарпаття (с. Концово Ужгородського району) за період з червня 2017 до червня 2018 року рослини у висоту сягнули 1,5-2,0 м людського зросту (рис. 1.3).

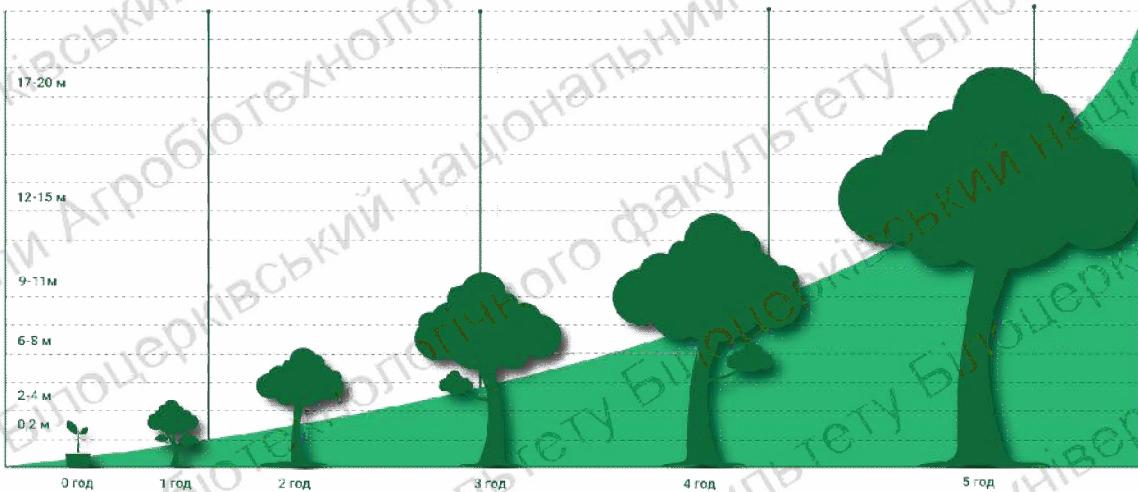


Рис. 1.2. Темпи росту павловнії згідно з даними ТОВ «Павловнія Груп Україна» [10].



Рис. 1.3. Річний приріст павловнії (з червня 2017 до червня 2018 року).

Висока швидкість росту відмічається як в умовах *in vitro* (рис. 1.4), так і в польових умовах. Якщо за мікроклонального розмноження більшість деревних культур є готовими до повторного субкультивування через 45-60 днів, то павловню можна субкультивувати або висаджувати у закритий ґрунт для адаптації вже на 10-14 день. Під час адаптації також спостерігаються надзвичайно високі темпи приросту пагона в довжину. Зокрема, пагони тритижневих рослин за два тижні подальшого культивування майже вдвічі додають у довжину (рис. 1.5).

Павловня швидко росте як у висоту, так і товщину (рис. 1.6), швидше за інші дерева набирає масу (табл. 1.2). За надзвичайної швидкості росту до 3-5 м/рік і 100 т/га біомаси на третій рік стовбур після зрізання неодноразово й швидко регенерується. Діаметр стовбура у старих рослин (тривалість життя до 100 років) сягає 1 метр. Залежно від умов росту дерева сягають у висоту до 25 метрів.



Рис. 1.4. Швидкість росту павловнії:
праворуч – 5-денні живці *in vitro*; ліворуч – 14-денний регенерант *in vitro* після двох тижнів дорощування в теплиці.



Рис. 1.5. Приріст за два тижні за умов постасептичної адаптації.



Рис. 1.6. Приріст деревини павловнії (діаметр комеля на фото 18 см).

Таблиця 1.2 – Ріст павловнії порівняно з іншими ботанічними видами [11]

Вид	Річний приріст, м	Висота трирічного дерева, м	Максимальна висота дорослого дерева, м
Павловнія	3-5	10,5-15,5	15-20
Верба гіbridна	1,5-4	7,5-12	15-25
Тополя чорна	2,5-3,5	9-12	20-25
Тополя дельтоподібна	2,5-3,5	9-12	20-25
Дуб техаський червоний	2-2,5	7,5-9	15-20
Евкаліпт червоний	2-2,5	6-9	10-15
Верба плакучая	1,5-2,5	4,5-9	15-20

Для забезпечення надшвидкого росту, «будівельним матеріалом» для якого є утворена органічна речовина, дерево формує швидко зростаючу із вражаючими розмірами фотосинтезуючу поверхню (рис. 1.7). Якщо в одномісячної рослини листок в діаметрі 7-8 см, то у дорослих екземплярів він може мати ширину від 0,5 м до понад 1 м.



a

b

Рис. 1.7. Розміри листкових пластинок рослин павловнії віком:

a – 1 місяць; в – 1 рік.

1.4. Потреба щодо умов вирощування

Найбільш гострими лімітуючими факторами за вирощування павловнії для умов України є, по-перше, морозо- та зимостійкість, і меншою мірою, забезпечення вологою. Останнє піддається регулюванню на перших етапах, у подальшому завдяки глибокій кореневій системі цей чинник стає менш критичним порівняно з першим роком вирощування.

1.4.1. Температура

Мінімальні температури. Вибираючи вид під певні потреби необхідно враховувати його стійкість до негативних температур (морозостійкість). Морозостійкість – здатність рослин витримувати без пошкоджень негативні температури в зимовий період. Розрізняють морозостійкість абсолютнону, яка визначається шляхом встановлення мінімальних негативних температур, що переноситься деревною рослиною без пошкоджень; і відносну, оцінюючи здатність рослин витримувати морози в умовах конкретного району.

Для визначення абсолютної морозостійкості в країнах колишнього СРСР застосовують таку шкалу (за [12, 13]):

- 1 – високо морозостійкі, що витримують зниження температури до $-35\text{--}50^{\circ}\text{C}$ і нижче, наприклад жимолость камчатська;
- 2 – морозостійкі, переносять температуру до $-25\text{--}35^{\circ}\text{C}$;
- 3 – помірно морозостійкі, витримують температуру $-15\text{--}25^{\circ}\text{C}$ (до таких можна віднести зокрема і павловнію повстисту та ряд ії гібридів);
- 4 – неморозостійкі, витримують температуру до $-10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ протягом тривалого часу (наприклад, *Actinidia chinensis*, яку в Україні можна вирощувати укривним методом);
- 5 – найменш морозостійкі, витримують лише короткочасні зниження температури не нижче -10°C .

Існуючий сучасний поділ на зони [14], розроблений міністерством сільського господарства США, почав широко застосовуватися в світі, перш за все в літературі по садівництву. Виділяється 13 основних зон морозостійкості (табл. 1.3). Із ростом номера зони середнє значення щорічної мінімальної температури зростає (зона 0 – найбільш холодна).

Відомо, що надземна частина павловнії повстистої (*P. tomentosa*) витримує морози до -27°C , елонгата (*P. elongata*) до -16°C , а форчуна (*P. fortunei*) взагалі не витримує температуру нижче 0°C .

Більшість території України знаходиться в межах 5а-6а (рис. 1.8).

Згідно з цими даними, на нашу думку й невеликий досвід виробничників, павловнію (*P. tomentosa* та ії гібриди) можна вирощувати в зоні 5b і тепліших (6а-7b), якщо немає інших стримуючих факторів (наприклад, значний дефіцит вологи або непридатні ґрунти). У нашій країні є дерева віком 25 і більше років в Одесі, Ужгороді та Києві (рис. 1.9).

За показником мінімальних температур ризиковане вирощування в багаторічному циклі в Сумській, Харківській, Луганській областях. Проте і в таких не зовсім сприятливих умовах павловнію можна вирощувати для отримання однорічних пагонів. Наприклад, в суворих фінських умовах павловнія щорічно відростає однорічними пагонами.

Таблиця 1.3 – Зони морозостійкості (за [14, 15])

Зона	від	до
0	a	< -53,9 °C
	b	-53,9 °C
1	a	-51,1 °C
	b	-48,3 °C
2	a	-45,6 °C
	b	-42,8 °C
3	a	-40,0 °C
	b	-37,2 °C
4	a	-34,4 °C
	b	-31,7 °C
5	a	-28,9 °C
	b	-26,1 °C
6	a	-23,3 °C
	b	-20,6 °C
7	a	-17,8 °C
	b	-15,0 °C
8	a	-12,2 °C
	b	-9,4 °C
9	a	-6,7 °C
	b	-3,9 °C
10	a	-1,1 °C
	b	1,7 °C
11	a	4,4 °C
	b	7,2 °C
12	a	10,0 °C
	b	> 12,8 °C

Графічний варіант

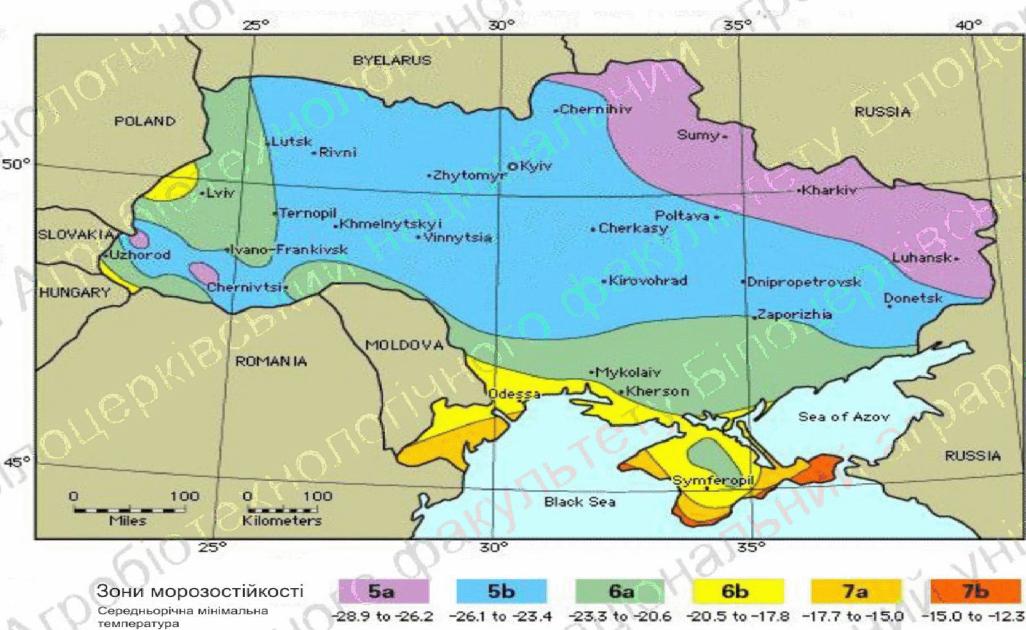
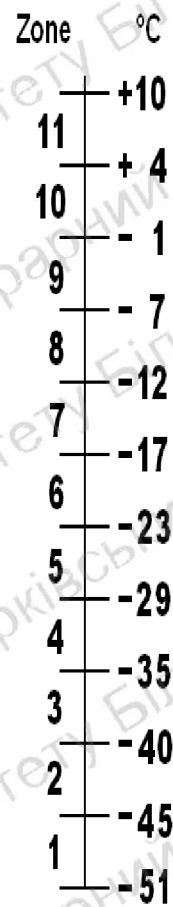


Рис. 1.8. Поділ території України за зонами з мінімальними температурами (за [16]).



Рис. 1.9. Музей-заповідник «Собор святої Софії». Павловнія повстиста.

<http://ua.trip-impressions.com/2016/12/kyiv.html>.

Рослини, висаджені біля стін будинків, щорічно підмерзають на висоті 1 м, але щовесни, зберігаючи високі темпи, відновлюють ріст (рис. 1.10). Такі пагони можна використовувати в декоративному садівництві, біоенергетиці та як корм тваринам.

Коренева система павловнії повстистої більш стійка до морозів, ніж надземна частина. За суворих зим стовбури може вимерзати. Корені не пошкоджуються, більше того з року врік наростають, збільшуючи свою функціональну вбирну здатність. Це забезпечує дуже швидкий ріст пагона в зонах із суворим кліматом.

Так само як коріння, високу зимостійкість має й дозріле насіння.

Слід відмітити, що поділ на зони досить умовний [17]. Потрібно також враховувати, що зони є орієнтовними і мікроклімат окремих областей всередині однієї зони може відхилятися від зазначених базових значень.



Рис. 1.10. Щорічне відростання павловнії у Фінляндії.

<http://www.klorofylli.com/viewtopic.php?t=...light=paulownia>.

Наприклад, в умовах міста клімат наполовину тепліше зони, ніж за містом. На відкритих для холодних вітрів місцях, у долинах і в низинах рослини перезимовують гірше, а в захищених місцях, на південних схилах, поруч великих водойм – краще. Рослини найбільш морозостійкі на початку зими (грудень – початок січня). Із наближенням весни морозостійкість зменшується [18].

Морозостійкість у рослин закладається генетично. Але лише морозостійкості недостатньо для сприятливого подолання зими. У рослини також має бути достатня зимостійкість, яка визначається як комплекс властивостей, що забезпечують стійкість до ряду несприятливих факторів зимового періоду: до ранніх морозів, віtru, сонячних опіків, посухи. Потрібно пам'ятати, що готовність рослин до зими знижують захворювання, які були

перенесені протягом вегетаційного періоду, нестача поживних речовин, невідповідні ґрутові умови. Як висновок, правильна агротехніка вирощування рослин забезпечить підвищення їх зимостійкості [16].

Більш сприятливі умови для зимівлі рослин можна створити, забезпечивши достатній запас вологи в ґрунті у зимовий період, мульчуванням пристовбурових кіл, захистом від вітру, укриттям та іншими агротехнічними прийомами. Додатковим захистом для невисоких рослин може також слугувати сніг [17].

Павловня накопичує значну кількість кавової, хлорогенової кислот в пізньоосінній період, що, ймовірно, забезпечує достатньо пізні терміни виходу рослин із стану спокою і початку вегетації (кінець квітня – травень). Відомо, що трансформи оксікоричних кислот володіють властивостями, що інгібують ростові процеси у рослин [19, 20]. Така біологічна особливість даного ботанічного виду дозволяє часто уникнути пошкоджень рослин пізньовесняними заморозками [21].

Максимальні температури. В екстремально спекотне літо павловнії потрібна вода, і якщо її не вистачає, для рослини з півметровим листям це буде справжнім випробуванням. Листя дерева моментально втратить тургор і зів'яне.

За максимальної температури листки можуть сохнучи по краях. Однак з початком дощів рослина відновиться [22]. За наявності вологи рослини витримують до +40-45 °C [23, 24].

1.4.2. Вологість

Незважаючи на вражаючі темпи росту і гігантизм, павловня володіє певною посухостійкістю. Для цього рослина має ряд анатомічних пристосувань. Зокрема, це повстисте опушення та потужна коренева система: розгалужений стрижневий корінь досягає глибини від 4,5 до 6 м, інколи й більше, якщо дозволяють умови [25]. Однак полив має бути регулярним: 1-2 рази на тиждень, особливо в перші два роки життя деревця. Зволожувати

рослину потрібно рясно, під корінь, але без застою води в ґрунті. Павловня не витримує надмірної вологи. Відразу після посадки залежно від ґрунтових умов необхідно провести полив 2-4 л води. Цього буде достатньо, щоб досягнути добого контакту з кореневою системою та зменшити травматичний і адаптаційний шок.

За малих запасів води в ґрунті рекомендується створити добрий запас калію, але без надлишку цього елементу, оскільки це ускладнить засвоєння інших елементів, наприклад бору.

Потреба у волозі у павловнії зменшиться в міру повного розвитку кореневої системи, здатної добувати вологу з глибоких шарів ґрунту. Якщо випадає більше ніж 600 мм річних опадів, то, зазвичай, цього достатньо для нормального росту. Якщо ж опадів менше, бажано використовувати зрошувальну систему, зокрема краплинне зрошення. Залежно від потреби проводити зрошення один або два рази на тиждень з поливною нормою 10-15 літрів на рослину. Мала подача води, особливо в посуху, призводить до того, що влага залишається тільки у верхніх шарах ґрунту, і коренева система формується лише у верхньому шарі. Такий дефект розвитку кореня впливає на стабільність росту і зумовлює постійну залежність від зрошення. Періодичне значне зрошення із великими часовими інтервалами призводить до надходження великої кількості води яка просочується в ґрунт глибше. У такому випадку стимулюється ріст кореня в глибину.

Створюючи насадження слід врахувати, що ґрутові води не повинні залягати біжче 2 м до поверхні, інакше такі ділянки є непридатними для вирощування культури. На противагу, особливо на піщаних ґрунтах із слабкою водоутримувальною здатністю, рівень ґрутових вод не має бути занадто глибоким. Глибокий стрижневий корінь павловнії має бути забезпеченим достатньою кількістю води на глибині 5 м. На суглинках вода зберігається як резерв у достатній кількості навіть за тривалих посух.

1.4.3. Грунти

Рослина особливо не вимоглива до ґрунту. Добре росте на удобреніх супісках і суглинках за широкого діапазону pH. Допустимі значення водневого показника становлять 5-8,9 од. Оптимальне значення pH – близько 6,5 од. Слід уникати важких ґрунтів, наприклад, з високим вмістом глини. У такому разі в ґрунті за перевозлення створюються анаеробні умови, і павловнія гине [26].

Також важкі ґрунти вважаються холодними, а супіщані теплими. На супіщаних ґрунтах дерева дають менші приrostи, проте їх деревина краще визріває, і вони раніше входять в стан спокою. Глинисті ґрунти акумулюють більше води і містять менше повітря, тому деревина визріває пізніше ніж на супісках.

Необхідною умовою також є наявність товщини ґрутового шару не менше 1,5 м, в тому числі забезпечення розпущеного шару на глибині до 0,5 м. Камені навіть великого розміру не є перешкодою, важливо щоб не було скельного пласти під деревом на високому рівні. Ґрунт не має бути засоленим – ЕС до 5 мСм/см. Щільність ґрунту 1,3 г/см³ [27].

Рослини погано ростуть на ґрунтах засмічених будівельним сміттям (із великим вмістом піску, цементу, вапна та ін.). Водночас, павловнія покращує структуру ґрунту. Щорічне опадання значної кількості органічної маси у вигляді листя збагачує ґрунт. Також дерево очищає ґрунти від важких металів [28] та радіонуклідів [29]. Створюючи значне затінення ґрунту, рослина позитивно впливає на приґрунтовий мікроклімат і його мешканців.

П. РОЗМНОЖЕННЯ

2.1. Потенціал інвазійності виду

Гігантські темпи росту, висока адаптивність павловнії робить її потенційно інвазійною культурою за певних особливо сприятливих умов. Наприклад, інтродукція павловнії до Північної Америки відбулася ще у 1840-х рр. За даними A. Christina W. Longbrake, хоча в штаті Огайо павловнія ще не є інвазійною, але загалом у США вона визнана як бур'ян та інвазійний вид. Під час польових робіт на південному сході штату Огайо були знайдені самосійні екземпляри павловнії у похідних лісах, що є доказом її самовільного розповсюдження [30, с. 19]. Найбільшою мірою самосійкам сприяли вільні екологічні ніші, що утворилися внаслідок суцільних рубок. Сприятливими є також і оселення, які утворюються на межі переходу одного ландшафту в інший [30, с. 29].

Павловнія активна у природному поновленні, що дозволяє їй вижити після дефоліації чи іншого фактора неспокою. Найбільший лімітуючий чинник для цього виду – можливість бути з'їденими травоїдними ссавцями. Хоча дерева потужно нарощують підземну структуру, що дозволяє павловнії заселити навіть регіони із високою щільністю травоїдних.

Спостереження за натуралізованими деревостанами павловнії у гірській системі Аппалачі дозволяє припустити, що цей вид залишиться тут домінантним ще понад 30 років [30, с. 66].

В Україні одним із лімітуючих чинників насіннєвого поширення цього виду є часте зимове обмерзання квіткових бруньок, які формуються у рік перед цвітінням. Проте у Львові на території ботанічного саду НЛТУ України павловнія не обмерзає і періодично цвіте. Звичайно, крім насіннєвого розмноження виду притаманне і вегетативне, а саме коренева поросль.

На відміну від США у нашій країні інакші кліматичні умови, і не лише за мінімальними температурами. На нашу думку, павловнія може себе поводити як інвазійний вид на території України лише у південних регіонах за

умов наявності в достатній кількості тепла і вологи упродовж всього вегетаційного періоду. А такі умови можна створити лише на промислових плантаціях.

До інвазійних відносять ті форми, які можуть неконтрольовано поширюватися. Проте технічний клон, наприклад, *Paulownia Clone inVitro 112®* не дає агресивної порослі і його насіння безплідне, тому належить до неінвазійних [10].

2.2. Звичайні методи розмноження

Існує два способи розмноження павловнії: вегетативне і генеративне [31]. Обидва способи мають як переваги, так і недоліки. Вирощування сіянців дає дуже велику кількість генетично однорідних рослин. Рослини, розмножені вегетативним шляхом, досить однорідні і потенціал материнської рослини використовується максимально. Однак помилки за вибору вихідної материнської рослини можуть бути фатальними. За звичайного вегетативного розмноження без оздоровлення можливе поширення хвороб, особливо вірусних.

2.2.1. Генеративне розмноження

Насіннєве (рис. 2.1) або генеративне розмноження – цей класичний метод на батьківщині павловнії дозволяє отримати численну кількість матеріалу ботанічного виду без повного збереження сортових ознак [32]. Також недоліком є те, що павловнія розпочинає цвісти після четвертого року життя, а повноцінне плодоношення настає ще пізніше. В зонах морозостійкості України (переважна частина території знаходиться в зоні 5b) часто можливе підмерзання генеративних органів, а отже, нерегулярне утворення насіння. Ще одним недоліком є втрата схожості насіння за кілька місяців після дозрівання. У технологіях отримання сіянців ще є «вузькі» місця:

- як більшість рослин, павловня не витримує надлишкового поливу, уражується чорною ніжкою, фузаріозом, при підсушуванні ґрунту рослини можуть зів'януть;
- за низької вологості повітря ніжні рослини можуть бути знищенні кліщем;
- за густої сівби розсада витягується, і як наслідок, це може призводити до значного випадання рослин;
- складнощі пікірування, пов'язані з наявністю трав'янистоого стебла та клубка коренів у субстраті.



Рис. 2.1. Насіння павловнії [33].

Здебільшого, при формуванні дочірньої форми геноми вихідних батьківських форм (жіночої і чоловічої) входять майже в рівних частинах (не враховуючи цитоплазматичну спадковість) і рекомбінуються. Отже, кожна насініна має абсолютно унікальний геном, що може бути корисним в селекції. Водночас, сіянцями не завжди можливо створити однорідні за рядом показників плантації.

Для отримання сіянців рекомендують використовувати насіння віком не старше 2-4 місяців. Сівбу проводять без загортання насіння у субстрат. Достатньо розкласти його на поверхні і збризнути водою. Потім контейнери поміщають на 10-15 днів у теплу вологу камеру. Після сходів поступово знижують вологість. Для захисту від чорної ніжки ефективним є обприскування один раз у п'ять днів розчином препарату Превікур Енерджі 840 SL в.р.к.

Якщо використовувати кислі субстрати на основі торфу, можливі проблеми ураження фузаріозом, і як наслідок, випадання рослин. Першими уражуються дрібні корені, потім гинуть більші корені. Внаслідок цього маленькі сіянці в'януть. Якщо уражені рослини витягнуті із субстрату, то

можна побачити, що коренева система майже відсутня, або наявні її залишки переважно жовтого кольору.

2.2.2. Вегетативне розмноження

Переваги. Враховуючи ряд фактів, а саме: дозрівання насіння павловнії в Україні нестабільне; за генеративного розмноження не зберігаються ознаки вихідної форми; гібридні форми не утворюють насіння, можна зробити висновок, що перспективним залишається лише вегетативне розмноження павловнії. За такого розмноження всі дочірні рослини ідентичні материнській рослині. Їх називають «клонами». Багато видів рослин розмножуються саме так, наприклад, часник, тюльпан, картопля. Отже, часникове або картопляне поле являє собою сукупність тисяч рослин з одним геномом. Щодо павловнії рослини матимуть однакові темпи росту, властивості деревини та зимостійкість [34].

Зелене живцювання. За звичайного вегетативного розмноження зеленим живцюванням встановлено, що залежно від походження із материнського пагона, на 45 день в умовах вологої камери приживалося 37-56 % зелених живців, які були отримані в результаті технологічного пасинкування пагонів у полі (рис. 2.2).



Двовузловий живець



Корінь двомісячного саджанця

Рис. 2.2. Живець та саджанець за зеленою живцювання павловнії.

У досліді найкраще прижилися двовузлові живці (5-7 см). Важливим для подальшого культивування є збереження їх тургору до висадки, оскільки зів'ялі живці не приживалися.

Більш поширеним є розмноження кореневими живцями. Цей спосіб комерціалізований і широко застосовується, особливо в продажі посадкового матеріалу через пошту та інтернет (рис. 2.3).

Перевагами цього способу є, по-перше, вегетативне розмноження, по-друге, компактність розміщення посадкового матеріалу під час пакування, зберігання та транспортування. Водночас недоліками є невеликі коефіцієнти розмноження порівняно із насіннєвим методом і культурою тканин, а також тривалий час для виродження маточних рослин (3-4 роки).

Також павловнію можливо розмножувати кореневою порослю/відсадками. За нашими спостереженнями, поросьль може формуватися на відстані більше 10 м від материнської рослини. Однак внаслідок низького коефіцієнта розмноження цей метод є непривабливим з комерційного погляду.



Рис. 2.3. Розмноження павловнії кореневими живцями [35].

ІІІ. ОТРИМАННЯ ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

3.1. Переваги мікроклонування над звичайними способами роздмноження і його етапи

Останнім часом все більшого поширення набуває біотехнологічний метод розмноження рослин з використанням культури тканин, в т.ч. і павловнії [36, 37]. Мікроклональне розмноження (далі МКР) *in vitro* деревних видів рослин достатньо складне, але за відповідного рівня кваліфікації персоналу та налагодження технології – це швидкий метод виробництва у великих об'ємах якісного однорідного посадкового матеріалу [38]. У 1998 році вчений Бергман [39], порівнюючи розвиток посадкового матеріалу роду Павловнія у тепличних умовах, встановив, що рослини, отримані мікроклональним розмноженням, розвиваються краще ніж сіянці. Останні розвивалися повільніше. Також серед сіянців віком до трьох років виявили значну кількість випадінь.

Посадковий матеріал отриманий МКР має низку інших переваг:

- вільний від вірусів та інших патогенів;
- однорідний;
- після *in vitro* за рахунок ювенілізації саджанці в перший рік мають швидші темпи росту [38].

В цілому МКР будь-якої культури складається із чотирьох етапів:

1. Введення в асептичну культуру (деконтамінація і первинне культивування).
2. Мультиплікація (намноження кількості рослин *in vitro*, найчастіше живцюванням).
3. Індукція ризогенезу.
4. Постасептична адаптація.

Бергман з співавторами у своїх дослідженнях показали, що варіабельність клонів, навіть в межах одного генотипу, досить висока. Це зумовлює потребу у коригуванні технології, і в першу чергу, живильного середовища, для оптимізації процесу МКР [39]. Однак є й загальні закономірності, на яких ми намагалися детальніше зупинитися у цих практичних рекомендаціях.

3.2. Живильні середовища для культивування павловнії *in vitro*

Залежно від етапу мікроклонального розмноження павловнії нами застосовується один з варіантів штучного живильного середовища (табл. 3.1).

Змінюються по етапах такі складові:

- макросолі;
- нітрат кальцію;
- фітогормони.

Середовище готують із попередньо підготовлених маточних розчинів.

Маточні розчини макросолей, кальцій нітрату, Fe-хелату (табл. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) містять збільшений уміст необхідних компонентів в 40 разів. Ці маточні розчини в кількостях по 25 мл додають до 1 л середовища.

Уміст мікросолей (табл. 3.6) у маточному розчині збільшено в тисячу разів, тому до 1 л середовища додають 1 мл вихідного розчину.

Гормони, вітаміни, гліцин готують кожен окремо, розчиняючи в розрахунку 1 мг компонента на 1 мл дистилляту. Наприклад, 100 мг вітаміну С в 100 мл дистилляту. Для БАПу і кінетину як розчинник використовується 2-3 мл 1 М розчину КОН на 100 мг регулятора росту. Потім додають дистиллят та 2-3 мл етилового спирту. Спирт не дає розчину випадати в осад. ІМК розчиняють в етанолі, а отриманий розчин стабілізують 1-3 мл 1 М розчину КОН на 100 мг.

Таблиця 3.1 – Компоненти штучних живильних середовищ

Компонент	Кількість, мг/л			Компонент	Кількість, мг/л		
	B*	M*	P*		B*	M*	P*
Макросолі							
NH ₄ NO ₃	1250	400		KH ₂ PO ₄	970	270	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	770	360		KNO ₃	1100	1800	
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	440	834					
Мікросолі							
H ₃ BO ₃	6,2			CuSO ₄ ·H ₂ O	0,025		
MnSO ₄ ·H ₂ O	22,3			ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6		
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,025			Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,25		
KJ	0,83						
Фе-хелат							
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27,8			Na ₂ ЕДТА·2H ₂ O	37,3		
Вітаміни							
Вітамін В ₁	1,6			Вітамін В ₆	1,0		
Вітамін С	1,6			Вітамін РР	1,0		
Фітогормони							
БАП	1,5	-	-	ІМК	0,5	0,3	0,8
Кінетин	-	0,8	0,3				
Інші органічні речовини							
Мезоінозит	100			Гліцин	1,0		
Сахароза	30000			Агар	7000		

*Примітка. Скороченням В, М, Р відповідають етапи введення в асептичні умови, мультиплікація, ризогенез.

Таблиця 3.2 – Макросолі для введення і мультиплікації

№ п/п	Хімічна формула компонента	Кількість на 1 л маточного розчину, г
1	NH_4NO_3	50,000
2	KNO_3	74,000
3	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	30,800
4	KH_2PO_4	38,800

Таблиця 3.3 – Макросолі для ризогенезу

№ п/п	Хімічна формула компонента	Кількість на 1 л маточного розчину, г
1	NH_4NO_3	16,00
2	KH_2PO_4	10,8
3	KNO_3	72,0
4а	MgSO_4 безводний або $x 2,047$	7,12
4б	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	14,39

*Примітка: Молярна маса MgSO_4 безводний $\approx 120,37$. Молярна маса $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \approx 246,37$; співвідношення цих молярних мас становить 2,047.

Приклад приготування 4 л живильного середовища для розмноження хости [38]:

1. Підготувати посуд, у який буде розлито приготовлене середовище (пробірки, банки або контейнери).
2. Налити в колбу (за її відсутності в емальовану каструллю) 3,0 л дистилляту.
3. У цю ж колбу (каструллю) помістити наважки 28 г агару та 120 г цукру.

4. Колбу (каструлю) із сумішшю дистиляту, агару та цукру поставити на електроплиту і за малого нагрівання, не доводячи до кипіння, розплавити агар. Ознаками того, що агар ще не розплавився, є наявність крупинок агару на опущеній в розчин скляній паличці (пробірці). Якщо агар “переплавився” – на поверхні розчину буде утворюватися піна. Цього не слід допускати, оскільки таке середовище може не загуснути, тобто не утвориться однорідна гелеподібна маса.

Таблиця 3.4 – Маточні розчини нітрату кальцію* залежно від етапу МКР

№ п/п	Етап МКР	Хімічна формула компонента	Кількість на 1 л маточного розчину, г
1	Введення та мультиплікація	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	44,000
2	Ризогенез		33,352

*Примітка: Кальцій готується окремо від макросолей, тому що в маточних розчинах разом з ними випадає в осад, колба № 2.

Таблиця 3.5 – Маточний розчин Fe-хелату

№ п/п	Хімічна формула компонента	Кількість на 1 л маточного розчину, г
1	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	0,556
2	$\text{Na}_2\text{EDTA} \times 2\text{H}_2\text{O}$	0,756

*Примітка: Fe-хелат необхідно розчиняти у колбі об'ємом 1 л, колба № 3.

5. Виставити маточні розчини на столі, згідно з таблицею 3.7.
6. Перевірити наявність усіх маточних розчинів.
7. За потреби приготувати відсутні маточні розчини.
8. У літрову ємність (колбу) налити 250-300 мл дистиляту.
9. Згідно з таблицею 3.7 додати компоненти в цю ємність.
10. Об'єм ємності (колби) довести дистилятом до 1 л.

11. Довести рН до необхідного значення.
12. Після розчинення в каструлі агару й цукру додавати в неї суміш з літрової ємності.
13. pH довести до 5,6-5,8.
14. Отримане живильне середовище розлити в банки та проавтоклавувати (45 хв за тиску 1,21 атм).

Таблиця 3.6 – Маточний розчин мікросолей

№ п/п	Хімічна формула компонента	Кількість на 1 л маточного розчину, г
1	KJ	0,830
2	H ₃ BO ₃	6,200
3	MnSO ₄ xH ₂ O	22,300
4	ZnSO ₄ x7H ₂ O	8,600
5	Na ₂ MoO ₄ x2H ₂ O	0,250
6	CuSO ₄ xH ₂ O	0,025

Таблиця 3.7 – Об’єми маточних розчинів для приготування середовищ (варіант для розмноження)

№ п/п	Інгредієнт середовища	Кількість (мл) у розрахунку на			Розведення в маточному розчині
		1 л	2 л	4 л	
1	Макросолі	25	50	100	1:40
2	Мікросолі	1	2	4	1:1000
3	Ca(NO ₃) ₂ x4H ₂ O	25	50	100	1:40
4	Fe-хелат	25	50	100	1:20
5	Вітамін В ₁ (тіамін)	1,6	3,2	6,4	1:1*
6	Вітамін В ₆	1,0	2,0	4,0	1:1
7	Вітамін С (аскорбінова	3,0	6,0	12,0	1:1

	кислота)				
8	Нікотинова кислота	1,0	2,0	4,0	1:1
9	Гліцин	0,5	1,0	2,0	1:1
10	Інозитол	10	20	40	1:10
11	Аденін	5	10	40	1:1
12	Кінетин	0,8	1,6	3,2	1:1
13	Індолілмасляна кислота	0,3	0,6	1,2	1:1

*Примітка: 1 мг/мл.

15. Приготовлене середовище за кімнатної температури впродовж години залишити загусати. Нормальною вважається консистенція, за якої вміст колби (пробірки чи іншої культуральної ємності) із проавтоклавованим і загуслім середовищем не розтікається за умови нахилу її на бік. У випадку занадто загуслого середовища під час посадки живців відчувається його пружність, що також є небажаним. Живці мають входити в середовище без зусиль.

3.3. Введення в асептичну культуру

Для отримання стерильних рослин нами використовується як основний антисептик препарат Бланідас 300 (0,7 г на 100 мл води) та у випадку ендогенного контамінування як допоміжний – препарат РРМ (1,5-2,5 мл/л живильного середовища) [38]. Оптимальний період відбору експлантів – грудень–січень. З цією метою зі здорових, відібраних за господарськими ознаками рослин зрізають однорічні гілки і ставлять їх у воду в теплому місці. Воду міняють раз у три дні. Ці гілки знаходяться у стані вимушеної (не глибокого) спокою, тому через два-три тижні на них пробуджуються бруньки. Якщо необхідно ізолювати експланти у серпні–жовтні, стеблові живці обробляють гібереловою кислотою (ГК_3 або сумішшю $\text{ГК}_4+\text{ГК}_7$). Через 7-10 днів бруньки пробуджуються.



Рис. 3.1. Живці материнських рослин після обробки гібереліном.

Із бруньок ізолюють криючі луски і опускають в розчин антисептика на 20 хв. Потім бруньки двічі сполоскують у стерильній воді. В ламінарному боксі видалюють криючі луски, в яких досить часто міститься ендогенна мікрофлора. Потім, залежно від потреб, переносять на живильне середовище бруньку або меристему.

Якщо в середовище інтенсивно виділяються фенолоподібні речовини, то у складі середовища ауксин ІМК (0,5 мг/л) замінюють на суміш індолімасляної і нафтилоцтової кислот (ІМК 0,4 мг/л + НОК 0,1 мг/л). Протягом перших трьох субкультивувань вміст БАП зменшують до 0,75-1,0 мг/л.

3.4. Мультиплікація

Для павловнії середній інтервал часу між субкультивуваннями становить 15-30 днів (рис. 3.2). Після 15-20 днів культивування пагони регенерантів особливо не змінюються в розмірах.



Рис. 3.2. Стан регенерантів павловнії *in vitro* по днях.

Загальновідомо, що водневий показник живильного середовища впливає на засвоєння елементів живлення (рис. 3.3) та ріст і розвиток регенерантів (рис. 3.4). Оптимальним є pH 5,5-5,8 од. При pH живильного середовища 5,3 од., і особливо 5,0 од. у регенерантів наявні типові ознаки нестачі фосфору та калію внаслідок ускладнення їх засвоєння. Регенеранти з темно-зеленими листками відстають в рості.

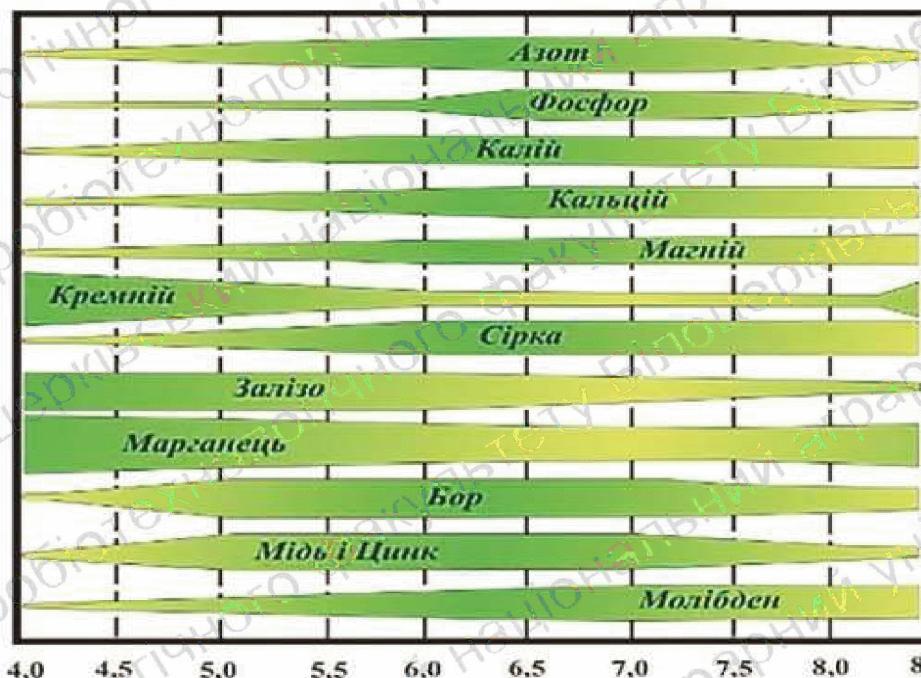


Рис. 3.3. Вплив pH на засвоєння елементів живлення (за [40]).

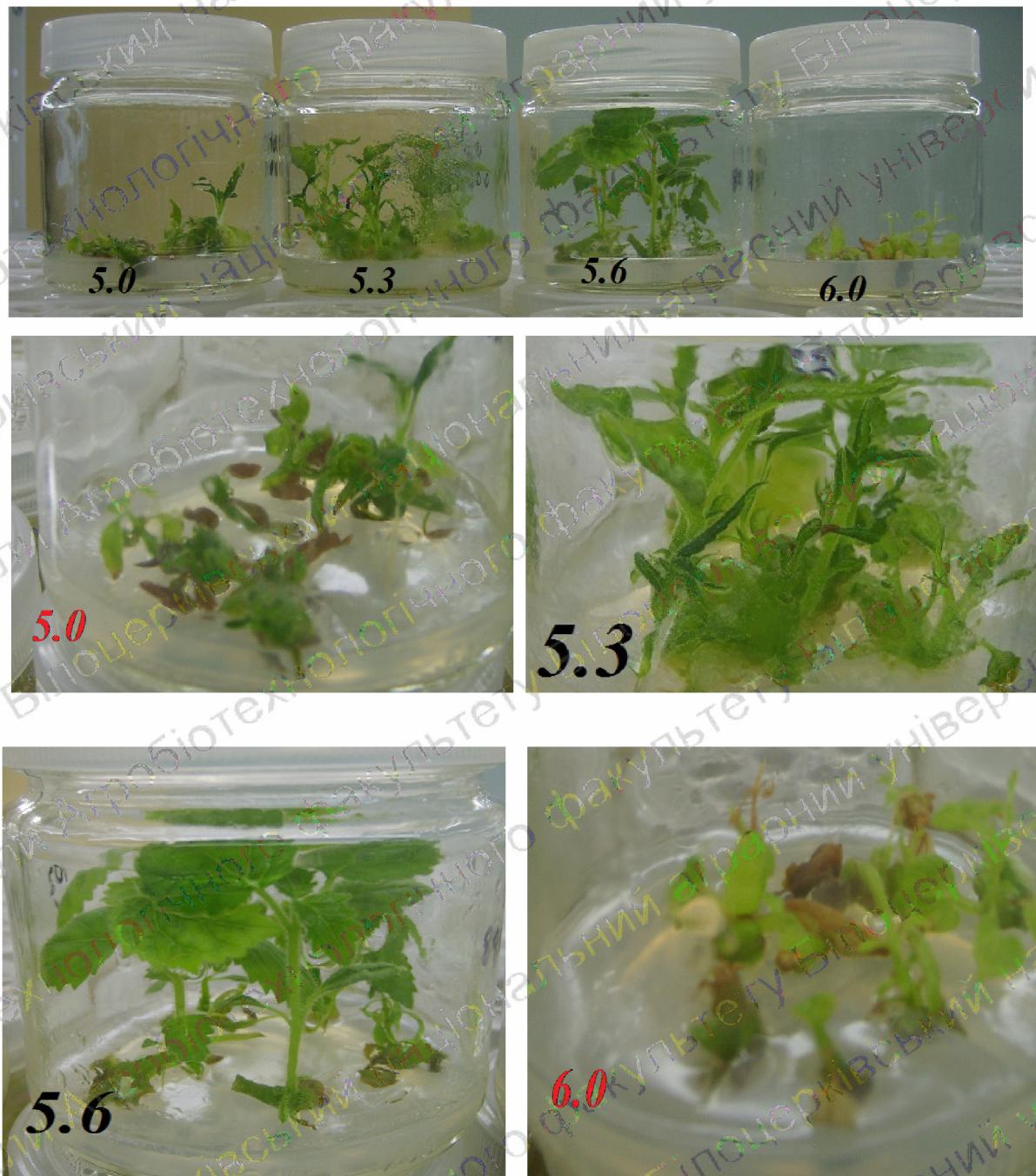


Рис. 3.4. Вплив рН на розвиток регенерантів павловнії.

Для швидкого накопичення значної кількості рослин прямим морфогенезом (тобто із бруньок, а не з калюсних клітин) використовують

один із шляхів живцювання (рис. 3.5): 1) поділом конгломерату мікропагонів; 2) одновузловими живцями.

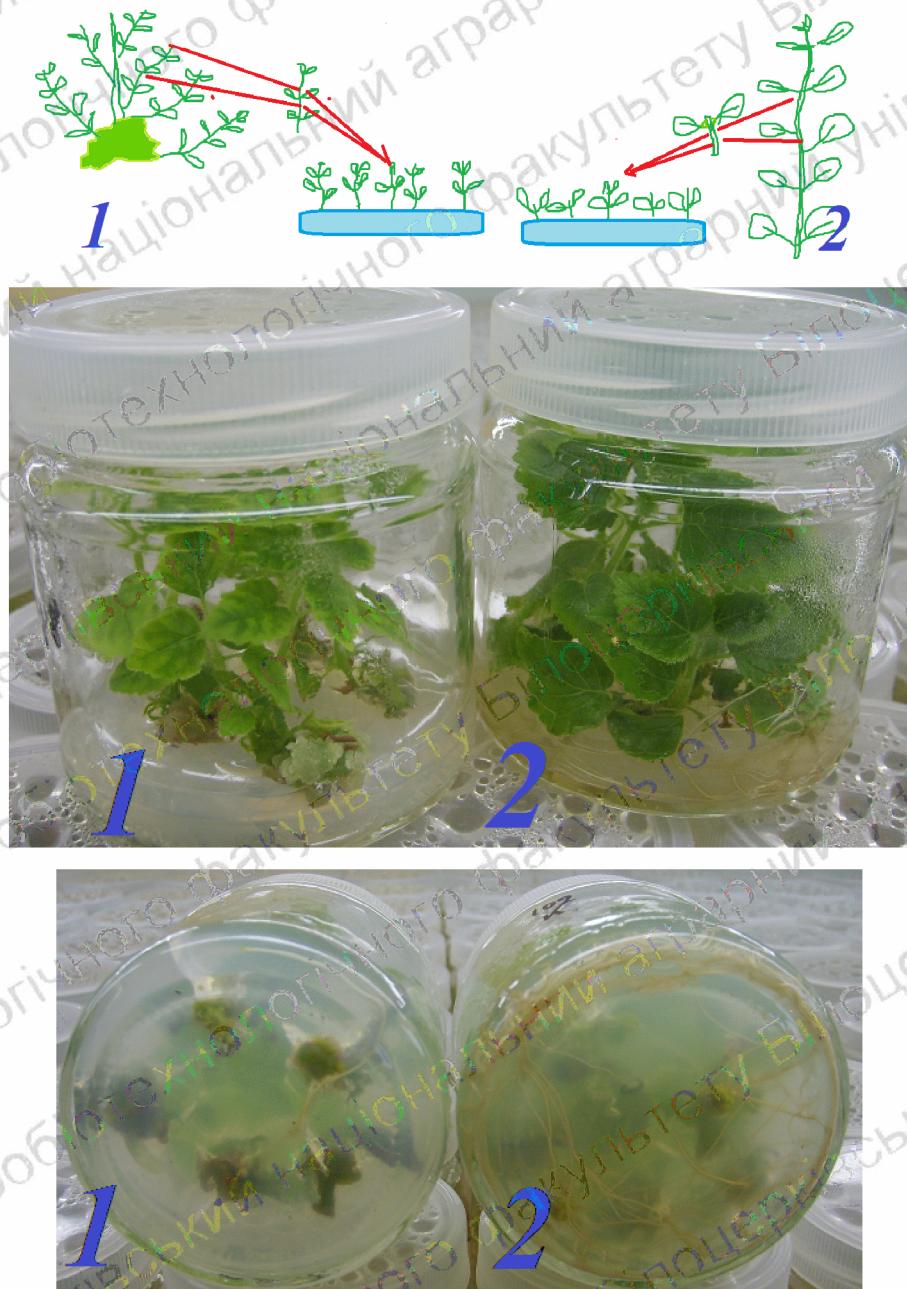


Рис. 3.5. Розвиток регенерантів павловнії за різних шляхів живцювання:

1 – поділом конгломерату пагонів; 2 – одновузловими живцями.

Перший спосіб живцювання досягається застосуванням цитокініну БАП. Однак має два недоліки: 1) за утворення конгломерату відбувається

часткове калюсоутворення, і таким чином, виникає потенційна можливість прояву мутагенезу (рис. 3.6); 2) наявність БАП в живильному середовищі перешкоджає нормальному коренеутворенню. Міцні пагони, що придатні для отримання одновузлових живців отримують за невеликих концентрацій іншого цитокініну – кінетину на фоні ауксину ІМК. Передозування цитокінінами (незалежно БАП чи кінетин) є фіtotоксичним і призводить до появи регенерантів з гіпергідратованими тканинами (вітрифікованими). Фіtotоксичний ефект цитокінінів може накопичуватися з покоління в покоління. Тому після 3-4 пасажування кількість цитокініну зменшують. Для зняття фіtotоксичного впливу цитокінів у випадку масової появи вітрифікованих регенерантів роблять проміжне живцювання із додаванням гіберелової кислоти: ГК₃ або ГК₄+ГК₇ (рис. 3.7).



Конгломерат пагонів із калюсним утворенням у базальній частині регенерантів

Регенеранти із гіпергідратованими тканинами

Рис. 3.6. Прояв надлишку БАП за культивування павловнії *in vitro*.



Рис. 3.7. Відновлення рослини на середовищі із ГК₃ після фітотоксичного впливу надлишку БАП.

3.5. Ризогенез та постасептична адаптація

У павловнії *in vitro* корінь дуже ламкий. Тому найчастіше за масового розмноження рослини висаджують, обламуючи коріння. Також враховують надзвичайну ламкість стебла регенерантів у зоні кореневої шийки та опушність, що потребує обережного поливу на перших етапах росту в умовах закритого ґрунту. Ризикованим є полив у перші 15 днів туманоутворювальними установками. Це пов'язано із повстистим листям, на якому наявне інтенсивне опушність із солодкими виділеннями. За умов туману на таких листках можуть поселятися мікроорганізми як сaproфітні, так і патогенні.

Як субстрат найчастіше використовують торфосубстрати (рис. 3.8), кокосовий ґрунт або перліт. Вирощування на субстратах з домішками

органічних речовин, особливо за недотримання технології (контроль грибів, кислотності) ризиковане через втрату розсади внаслідок ураження комплексом збудників, які зумовлюють фузаріозне в'янення та чорну ніжку (рис. 3.9). Стимувати поширення грибної інфекції частково можна зниженням вологості субстрату та обробкою кожні 5 днів препаратом Превікур Енерджі 840 SL в.р.к. 2-3 мл/л води.



Рис. 3.8. Висадка регенерантів павловнії на торф'яний субстрат.

Застосування як субстрату агроперліту (рис. 3.10) дозволяє уникнути зазначених вище проблем. Агроперліт – це крупна фракція спущеної перліту (2,5-5 мм), а перліт – це вулканічне скло (пісок), до складу якого входять хімічні елементи: SiO_2 – 70-75 %, Al_2O_3 – 12-14 %, Na_2O – 3-5 %, K_2O – 3-5 %, Fe_2O_3 – близько 1 %, а також CaO і MgO у невеликих кількостях. Тобто, за хімічним складом – це пісок. Єдиною відмінністю перлітової породи від піску є вміст у ньому 2-5 % зв'язаної води, яка за нагрівання до високих температур розпирає основну породу, внаслідок чого утворюється «спущений перліт», в структурі якого є багато вільного місця для повітря і води. Завдяки цим властивостям, а також хімічному складу, перліт, як і будь-яке скло, інертний,

хімічно та біологічно стійкий. Завдяки своїй структурі він може вбирати до 400 % води від своєї маси і добре її утримувати. При цьому воду він з легкістю віддає назад [41].



Рис. 3.9. Загибель експланта на торфяному субстраті внаслідок ураження комплексом збудників.

Оскільки у перліті майже немає елементів живлення використовують спрощений варіант живильного середовища (див. варіант для розмноження). Для цього беруть лише мінеральну частину і додають нітрат срібла (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – **Об’єми маточних розчинів для приготування поживного розчину у розрахунку на 1 л**

№ п/п	Інгредієнт середовища	Об’єм, мл	Розведення в маточному розчині
1	Макросолі	25	1:40
2	Мікросолі	1	1:1000
3	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	25	1:40
4	Fe-хелат	30	1:20
5	AgNO ₃	3-5	1:1

За використання цього субстрату уникають надмірних поливів, особливо поверхнево (не підтопленням). Це пов'язано із загрозою появи ціанобактерій (синьо-зелені водорості). Самі синьо-зелені водорості не є небезпечними для рослин, але продукти їх гниття пригнічують ріст розсади.

За постасептичної адаптації павловнії так само, як і в природних умовах, властиві швидкі темпи росту як пагона, так і кореневої системи (рис. 3.11). Якщо на п'ятий день у базальній частині відмічається утворення напливу, то на десятий день вже є кілька коренів. За два тижні регенеранти придатні для пересадки в більші ємності, або у відкритий ґрунт за умови крапельного поливу та мульчування.

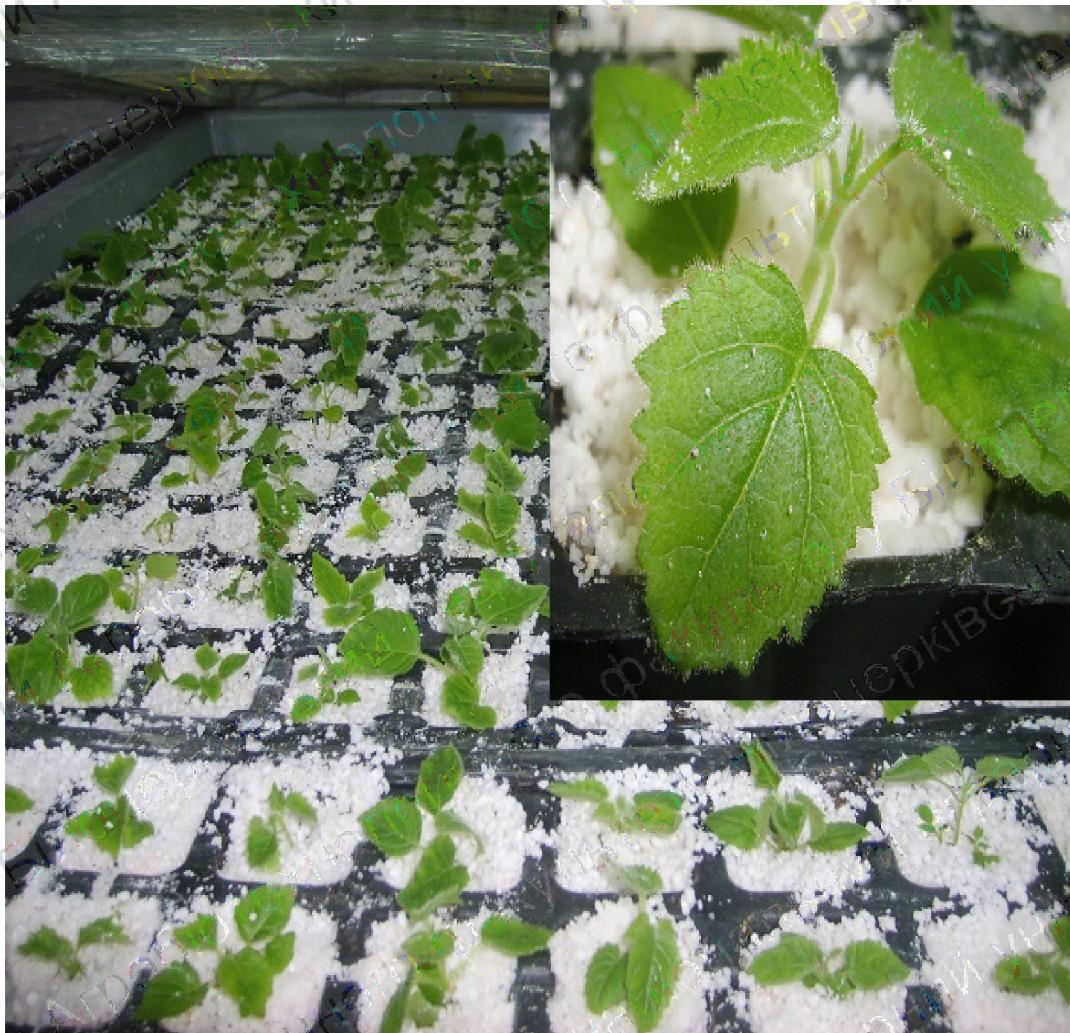


Рис. 3.10. Висаджування павловнії *in vitro* на перліт.

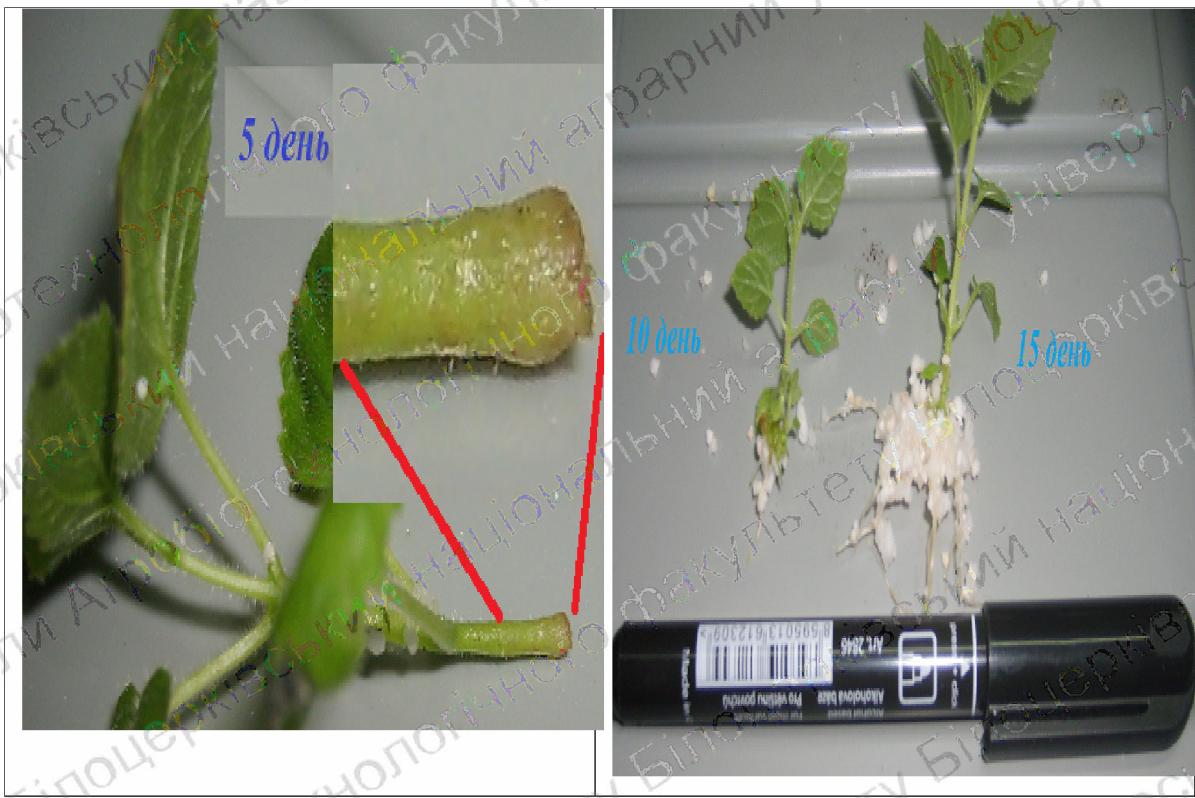


Рис. 3.11. Ризогенез *ex vitro* павловнії (перше постасептичне живцювання).

Ювенілізація рослин павловнії *in vitro* передається на кілька поколінь за постасептичного живцювання. Після висадки регенерантів, вироджених «на агарі», їх можна ще 2-3 рази переживцовувати (рис. 3.12). Після 4-5 живцювань втрачається ювенільність, а отже, і регенераційні властивості, в т.ч. утворення адвентивних коренів.

За другого-третього живцювання саджанцям властиві перші порівняно великі листки (рис. 3.13). Такі регенеранти мають кращі адаптаційні властивості і меншу собівартість.



Рис. 3.12. Укорінення живців павловнії на 6 день за другого постасептичного живцювання.



Рис. 3.13. Саджанці, отримані за другого постасептичного живцювання в Р9 через 15 днів після живцювання.

3.6. Фотоавтотрофний метод МКР

Мікроклональне розмноження рослин дедалі більше знаходить комерційне застосування у промисловому вирошуванні як декоративних, так і сільськогосподарських культур. Водночас ці методи через міксотрофне із дуже високою часткою гетеротрофного живлення рослин *in vitro* мають ряд недоліків, що впливають на технологічність такого розмноження:

1. Високі затрати на дотримання асептики та органічні компоненти середовищ, в т.ч. гормони, агар, сахарозу.
2. Фізіологічні проблеми в рослинних об'єктів, пов'язані зі змінами при переходах *in situ* – *in vitro* – *ex vitro* – *in situ*. Зокрема, через проблеми із постасептичною адаптацією регенерантів *in vitro* втрати рослин можуть становити 70 % і більше.
3. Тривалий час на утворення повноцінної системи та фотоасимілюючих органів.

Тому поряд із гетеротрофними методами МКР у останні десятиліття все ширше застосовують фотоавтотрофний метод МКР (далі ФАМКР). З одного боку – це удосконалене зелене живцювання, а з іншого – застосовуються нові підходи, зокрема інтенсифікація фотосинтезу *in vitro* [38, 42].

Kozai із колегами успішно застосовували ФАМКР для різних культур, в т.ч. павловнії, використовуючи великий піддон для культивування (об'єм 20 л) з розробленою системою примусової вентиляції [42-45]. Наприклад, піддон довжиною 610 мм, ширину 310 мм і висотою 105 мм (рис. 3.14, 3.15).

Це особливий вид розмноження рослин з кращими адаптаційними властивостями. Проводять розмноження у спеціальних контейнерах із інтенсивним освітленням (до 11,0 kLux) та збагаченням повітря вуглекислим газом. У нас також є досвід застосування такого методу розмноження (рис. 3.16). За цього методу використовують перлітові, вермикулітові та кокосові субстрати. Як поживні розчини використовують мінеральні основи середовищ

за Мурасіге і Скугом, Хогландом, комерційні розчини добрив фірми «Гілея».

Для захисту від патогенів використовують фунгіциди: Превікур Енерджі 840 SL, Світч, Фундазол [38].



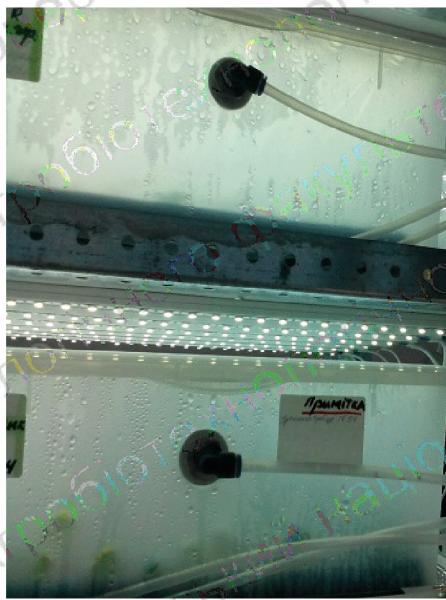
Рис. 3.14. Контейнер для фотоавтотрофного мікроклонального розмноження [за 44].



Рис. 3.15. Блок контейнерів для фотоавтотрофного культивування [за 46].



Контейнер – вид зсередини



Контейнери із газопроводами



Система контролю подачі СО₂

Рис. 3.16. Система подачі вуглекислого газу в контейнери із рослинами за
фотоавтотрофного МКР.

IV. ОСОБЛИВОСТІ АГРОТЕХНІКИ

4.1. Павловнісві плантації

Павловнію, як і інші енергетичні культури (енергетичні види верб, тополі), часто вирощують як швидкорослі таї (плантації) на сільськогосподарських угіддях, тобто на плантаціях з коротким терміном вирощування. Швидкорослі плантації – це не лісонасадження. Таким чином, законодавчо ці площи належать до сільгоспугідь, а використовувана площа не підпадає під визначення законодавства лісу. В Євросоюзі в останні роки набуло широкого поширення розведення енергетичних культур саме на таких майданчиках [47]. Популярність таких плантацій дерев зі швидкими темпами зростання з кожним роком збільшується, оскільки такі рослини є гарною альтернативою інтенсивному сільському господарству як з екологічного, так і економічного погляду. А щорічна динаміка зростання світового попиту і ринку збути на деревину забезпечує високу рентабельність для виробника [47].

Насадження з рослин, які за мінімальний термін (в межах 5-6 років) дають можливість отримати великий обсяг деревної продукції високої якості, називають «інтенсивним лісом». Це досить новий вид бізнесу для України, що вже зарекомендував себе у світовій практиці як один з найприбутковіших і надійних шляхів інвестицій. Зазвичай, вкладені кошти окуповуються вже на п'ятий рік від початку проекту [47].

Павловня, особливо нові гібриди, росте набагато швидше відомих енергетичних культур (верба, тополя, евкаліпт). Також павловня дає нові пагони після вирубування, що не потребує створення нових насаджень (рис. 4.1).

Створення таких плантацій дозволяє відновити стан ґрунту через зменшення кількості механічних обробітків, а отже й мінералізацію гумусу.

Щорічне надходження органічної речовини в ґрунт (опале листя, корені) збагачує його, активізує та збільшує чисельність ґрутових мікроорганізмів.

Адміністративне та юридичне визначення таких плантацій як у світі, так і в Україні потребує удосконалення.

Наприклад, в Німеччині у більшості земель для створення подібних насаджень не потрібно спеціальних дозволів. У більшості штатів США павловнієві плантації не є юридично визначеними, тому що вид не занесений в реєстр місцевих видів рослин [30]. В Україні павловнія (*Paulownia Sieb. et Zucc*) в реєстрі представлена клоном «Ін Вітро 112» (заявник – 08980 Sant Feliude Llobregat, Barcelona).

Але все ж таки слід мати чітке юридичне тлумачення лісової плантації, або плантації з коротким терміном вегетації.

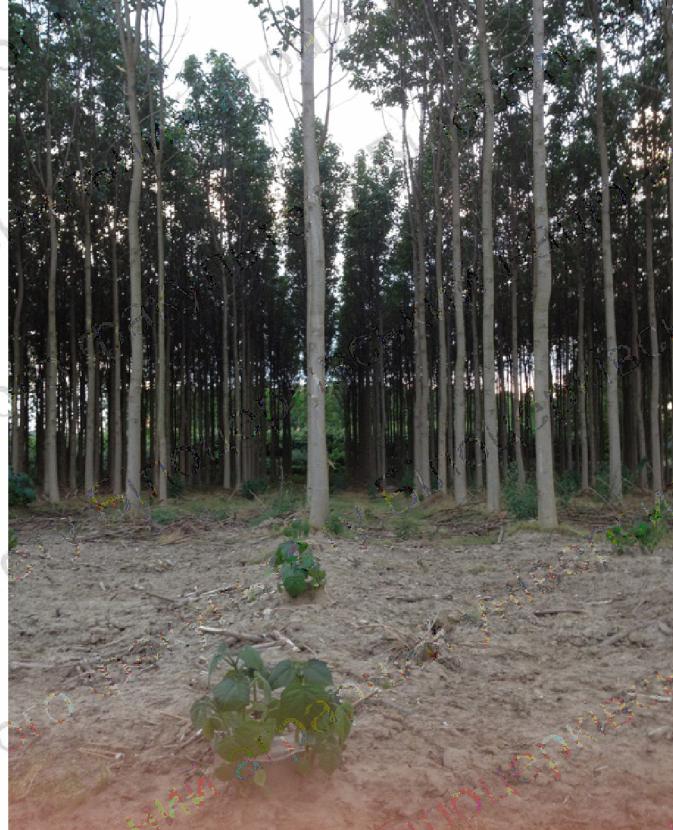


Рис. 4.1. Поновлення плантації павловнії через відростання порослі (за <http://forever-avon.ru/pavlovnija-derevo-foto.html>).

4.2. Найбільш поширені у виробництві клони павловнії

Вирощують павловнію повстисту та її гібриди.

Павловнія повстиста найбільш поширена як декоративна в садах Європи, Північної Америки. Добре росте в районах з вологим теплим кліматом. Висота дерева 10-15 м. Ширина крони 8-10 м. Морозостійкість:

теплолюбна рослина, витримує лише короткосезонне зниження температури до -20°C .

Для закладання плантацій посадковий матеріал має бути вирівняним, тому використовують ряд гібридів і клонів, розмножених вегетативно. Це, зокрема, поширеній клон «*In Vitro* 112®», гібриди Shan Tong та 9501.

Paulownia Clone In Vitro 112® – кліматична зона № 6 ($-23,5^{\circ}\text{C}$ до -18°C). Це штучно створена і клонова рослина, що може виживати в екстремальних умовах. Клоновані рослини не тільки ростуть швидше звичайних видів, також вони стійкіші до шкідників та екстремальних температур (здатні витримувати до -25°C взимку та $+45^{\circ}\text{C}$ влітку). Клон занесено до реєстру в Інституті Видів рослин (Plant Variety Office, офіційний орган ЄС). Також занесено до Державного реєстру сортів рослин для поширення в Україні на 2018 рік [48, с. 424]. Рослина має міжнародно визнаний європейський паспорт, сертифікат якості та комерційну ліцензію.

На думку фахівців факультету лісового господарства та генетики Університету Кастилії-Ла-Манчі в Іспанії клон Oxytree – це кращий клон павловнії, який дає найінтенсивніший приріст. Створив цей клон Джозеф Марія серією селекційних досліджень протягом 17 років із 1986 року [49].

В умовах України рослина виростає до 20 метрів і 30-45 см в діаметрі. З одного гектара можна отримати 400 м³ кругляка. На 1 га висаджують 625 саджанців. Рослина не вибаглива. Підходить для багатьох ґрунтів. В перші п'ять місяців виростає до трьох метрів. Через п'ять років дерево готове до зрізу і після цього відростає заново до таких же розмірів за наступні 5 років. Гарантовано отримують 4 регенерації. Також можна використовувати як біопаливо на 3 рік, з 1 га отримують до 50 т біомаси [50, 51].

Гібрид стерильний і не може бути відтворений насінням. Розмножується вегетативним шляхом у лабораторних умовах [51].

Павловнія ShanTong – зона вирощування № 6 ($-23,5^{\circ}\text{C}$ до -18°C). Гібрид був отриманий у 1970-1980 рр. при селекції на швидкість росту і пристосованості. ShanTong № 3 та ShanTong № 4 – нове покоління штучно

схрещених *P. tomentosa* і *P. fortunei*. Порівняно зі старішими гібридами (наприклад, № 1 Yuza) має вищу посухостійкість та стійкість до комах-шкідників. Гібриді удачлива вузька крона, що дозволяє розмістити більше дерев на одиниці площі. Рекомендована схема для ShanTong (4x4 м або 4x3 м) економить до 40 % площі. За щільнішої посадки ефективний для отримання біомаси [52].

Гібрид 9501. Кліматична зона № 7 ($-17,5^{\circ}\text{C}$ до $-12,5^{\circ}\text{C}$). Отриманий за схрещування *P. tomentosa* і *P. fortunei*. За свою характеристикою подібний до ShanTong. Розмножується вегетативно і насінням [52].

4.3. Підбір, посадка саджанців

Розсада павловнії *in vitro* (рис. 4.2) перед посадкою на плантацію має пройти постасептичну адаптацію протягом двох-трьох тижнів.



Рис. 4.2. Розсада павловнії *in vitro* після адаптації перед висадкою у відкритий ґрунт.

Це потрібно для того, щоб рослина адаптувалася після факторостатичних умов (волога, мінімальний перепад температур, освітленість) до їх коливань. Чим рослини більші за розмірами, віком і з більш закритою кореневою системою, тим краще вони приживуться у відкритому ґрунті.

У полі їх необхідно вберегти перший рік від худоби (для тварин листки павловнії є смачними), пошкоджень птахами, зайцями, вітром [34]. Як альтернатива, можна висаджувати саджанці з розсадника висотою 0,5 м, які вже перезимували.

Розсаду висаджують залежно від регіону з кінця квітня до початку серпня. Саджанці із закритою кореневою системою можна висаджувати майже цілорічно за умови, що ґрунт мерзлий. Бажано, щоб було достатньо часу у вегетаційному періоді для укорінення на новому місці. Розсада та саджанці, які відновили ріст, дуже чутливі до заморозків. Тому такий посадковий матеріал висаджують за гарантії виключення пізніх весняних заморозків.

Найоптимальніші терміни висадки здерев'янілих саджанців – восени після опадання листя. У посадкову яму кладуть 8-10 кг перегною та 100-150 г комплексного добрива (наприклад, N:P:K- 15:15:15).

Після посадки перші 3-5 тижнів молоді рослини павловнії набирають незначну надземну масу. Це специфічна особливість павловнії. За цей час більшість пластичних речовин витрачається на ріст кореня. Саме завдяки розвиненій кореневій системі і потім масивним листковим пластинкам павловнія так швидко росте.

4.4. Схеми посадки на різних плантаціях

Під час планування посадки плантації враховують необхідність руху необхідної техніки: трактори, косарки, мульчіватори і т.п. Також схема посадки залежить від призначення плантації. Найбільш поширені два типи: 1 – для отримання біомаси; 2 – отримання цінної деревини.

1. Висаджування великої кількості саджанців для створення плантації з метою вирощування павловнії на біомасу передбачає максимально загущені схеми на скільки дозволяє техніка. За схем 2×2 м або $1,5 \times 3$ м необхідно до 2500 саджанців. За ще більш загущених схем ($2 \times 0,5$ м або 1×1 м) на 1 га припадає близько 10 000 шт. саджанців [53]. У дуже загущених місцях з високою сонячною радіацією посадка 2×2 м теоретично можлива, але вузька відстань між рядами створює проблеми для механізованих робіт, оскільки більшість сільськогосподарських машин не поміщається у міжрядді. Відстань $1,5 \times 3$ м відповідає 2222 рослинам на 1 га, схемі 2×2 м відповідає 2500 шт./га [24].

Для таких плантацій система посадкових лунок, як і застосування мульчуючих плівок є високовартісними, тому шукають інші варіанти догляду в перші роки. На третій-четвертий рік біомасу збирають.

2. Плантації ділової деревини. Перед закладанням таких насаджень враховують можливість високого приросту дерев у висоту та зниження затрат на закладання. На ерозійно небезпечних ділянках розробляють схему догляду без активного обробітку ґрунту, в т.ч. садіння проводять буром. Ряди доцільно вистилати мульчуючою плівкою у поєднанні з краплинним зрошенням.

Якщо для отримання біомаси на плантації кількість дерев висаджених до збирання дорівнює кількості дерев після збирання, то у випадку отримання цінної деревини – зібрано буде менше. Необхідно, щоб дерева весь час росли прямо вгору без гілкування. Окрім рівних стовбурів отримують так звані Z-дерева, в яких рівномірно ростуть річні кільця (рис. 4.3). Ці рівні широкі кільця є ознакою якості деревини.



Рис. 4.3. Рівномірний розподіл річних кілець на деревині павловнії за правильного вирощування (за <http://csaszarfa.org/kinai-csaszarfa-hatranya/>).

4.5. Умови вирощування

Грунт. Грунтовий шар має бути не менше 1,5 м. Камені (навіть великих розмірів) не є перешкодою, достатньо, щоб не було кам'яного плато під самою рослиною.

Тип ґрунту залежить від вмісту в ньому піску, мулу та глини. Ґрунти із переважаючим вмістом піску швидко нагріваються, аеровані, однак містять мало вологи і поживних речовин. Водночас, бідні ґрунти можуть бути покращені завдяки використанню різних агротехнічних методів.

Глинисті ґрунти містять мало повітря. Вода у них зв'язана ґрунтовими агрегатами і малодоступна кореням. За наявності інтенсивних опадів на таких

грунтах спостерігається підтоплення, застій води і витіснення повітря. На важких глинах дерево уражується інфекціями і гине [34], тому важко суглинкові ґрунти не придатні для павловнії. Найбільш придатні для вирощування павловнії суглинкові ґрунти.

Павловнія утворює довгу кореневу систему, яка потребує достатньо глибокого обробітку ґрунту для подальшого розвитку дерева. У випадку неглибокого обробітку ґрунту (менше ніж 1,5 м) пригнічується ріст рослин внаслідок обмеження простору кореневого росту. Таким чином, зростає небезпека падіння і викорчовування дерев у випадку шторму чи сильної зливи [24, 54].

Кислотність. Гарна пристосованість павловнієвих дозволяє швидко і продуктивно рости у широкому діапазоні кислотності ґрунту, від pH нижче 4,5 од. до близько 7,5 од. [24]. Павловнія надає перевагу вапняковим ґрунтам, оптимальний ріст відбувається за нейтрального діапазону pH 6-7 од. Слід відмітити, такі оптимальні значення pH ґрунту для павловнії лише теоретичні [55, 56, 57].

Волога. Павловнія не витримує близького залягання підґрунтових вод. Завдяки глибокому заляганню кореневої системи рослина з другого року життя забезпечує себе водою із ґрунтових запасів. У регіонах, де кількість опадів менше 800 мм у рік, потрібен полив, особливо у перший рік життя.

Добрива. Павловнієві – родина рослин, які мають високе споживання елементів живлення, як і інші листопадні дерева. Великі листки павловнії зв'язують велику кількість азоту і калію. Забезпечення збалансованої системи живлення підтримує ріст і розвиток молодих пагонів та забезпечує фундамент для здорових потужних дерев протягом усього життєвого циклу. За результатами агрохімічної діагностики вирішальними є правильний підбір доз і строків внесення добрив. Інтенсивне використання нітрогену в кінці вегетації може негативно вплинути на лігніфікацію і, як наслідок, зимостійкість павловнії. Калій, на противагу нітрогену, покращує зимостійкість дерев. Також протягом всього літнього періоду калій підвищує ефективність

використання води і навіть у засушливі періоди сприяє безпечному росту [24, 58].

Висадка на схилах та ділянках із сильними вітрами. Павловня надзвичайно ефективно використовує сонячну радіацію та є теплолюбною, жаростійкою (до +45 °C) рослиною, тому південні схили є оптимальними для закладання плантацій. Кількість концентрації сонячної радіації прямо пропорційна мірі нахилу до сонця. За цим слідує швидке потепління навесні, а отже, подовження вегетаційного періоду. Це сприяє посиленню росту дерев протягом року.

У зв'язку з наявністю надзвичайно великого, ніжного, розлогого листя дерево дуже чутливе до вітрів, особливо у перші роки життя. У міру старіння розмір листкових пластинок зменшується, і таким чином, зменшується чутливість до вітрів. Якщо прогнозують регулярні сильні вітри, то необхідно перші три роки застосовувати захисні заходи для молодих дерев.

4.6. Шкідники, хвороби

Для України павловня культура нова, для якої не виявлено масового заселення конкретними шкідниками та збудниками хвороб. Внаслідок цього спеціальні профілактичні загальнотехнологічні заходи застосовують рідко. Проте зустрічаються поліфаги: попелиця, щитівка, слімаки, збудники чорної ніжки і фузаріозу розсади, рідше – капустяна совка та блокрилка [59].

Чорна ніжка – захворювання, яке найчастіше з'являється у молодих саджанців. Коренева шийка чорніє і загниває, що, в свою чергу, призводить до загибелі рослин. Джерелом хвороби є гриби, які існують на поверхні ґрунту і харчуються мертвими тканинами рослин. Причина появи цього гриба: надмірний полив, загущений посів, погане повітря (у разі тепличних умов), різкі перепади температури [60]. Нами з метою попередження захворювання розсади на чорну ніжку, фузаріоз рослин, живці вирощуються на

стерильному перліті з додаванням розчину елементів мінерального живлення та 3,0-5,0 мг/л розчину AgNO_3 .

У суху жарку погоду павловнія може уражатися попелицями. Зрідка павловнію повистисту пошкоджує квітковий п'ядун і трач (пильщик). Відомо, що деревина павловнії накопичує танін, який робить її стійкою до поїдання термітами і пильщиками [61]. У захисті від попелиці, совки, щитівки та багатьох інших комах ефективними є звичайні системні інсектициди. Рекомендують обприскувати ними павловнію після зими, щоб позбавитися від яєць та інших шкідників [62].

Повторне профілактичне обприскування проводять влітку інсектицидами Актара, Актеллік, Енжіо, Матч. Для захисту рослин від хвороб і грибних інфекцій рослини обробляють фунгіцидами (Скор, Світч, Квадрис, Ордан, РадомілГолд, Хорус, Максим тощо) [63].

Після досягнення саджанцями висоти 1 м і здерев'яніння стебла особливих пошкоджень патогенами на павловнії не відмічається.

Для захисту новостворених насаджень рослин від домашніх тварин і диких шкідників, або інших механічних пошкоджень використовуйте огорожі.

4.7. Догляд, технічний зріз та щорічне обламування

Бур'яни. У перший рік саджанці (особливо у вигляді розсади) неспроможні конкурувати із бур'янами за світло, вологу й елементи живлення. Для контролювання злаків ефективними є гербіциди, а дводольні необхідно видаляти вручну та механічно підгортуючи саджанці. Ефективне й застосування мульчувальної плівки.

Технічний зріз (термін за [58]). Павловнія в рік посадки більшу частину своїх ресурсів витрачає переважно на розвиток кореневої системи, тому рекомендується зрізати пагони навесні наступного року (орієнтовно в середині квітня, після того, як пройдуть всі приморозки). У перший рік

рослина буде формувати тільки коріння. З початком нового вегетаційного сезону від кореневої системи павловнії виростають нові пагони, які набагато товстіші і вищі, ніж торішні. Завдяки більшому діаметру стовбура підвищується можливість перенесення достатньої кількості води і поживних речовин.

Після технічного зрізу та щорічного обмерзання верхівки із крайніх бутонів або з бутонів нижче на кожному стовбці зазвичай проростають по дві порослі. Їх обидві залишають підрости до 10 см і слабшу обламують. Цією дією формують майбутній стовбур дерева. Процедура дуже важлива, особливо за вирощування павловнії на деревину. Якщо залишити усі пагони, то павловнія сформує кущ, а не дерево.

Павловнія стійка, навіть до дуже сильного обрізання, однак надмірне обламування може прискорити старіння. Зокрема, нами за інтенсивного обрізування розсади павловнії вдалося досягнути закладання генеративних органів у 1,5-місячних рослин (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Закладання квіткових бруньок у півторамісячного саджанця павловнії.

Обламування. Лише послідовне розміщення сучків забезпечує високий вихід пиломатеріалів і, відповідно, їх вартості. Гілки, що вросли, збільшують дефекти, брак призводить до зниження вартості. Для попередження цього застосовують обламування зайвих маленьких трав'янистих гілочок (рис. 4.5.) ще на зеленому основному пагоні. Okрім забезпечення кращої якості деревини видалення їх в цей час потребує менших затрат.



Рис. 4.5. **Обламування трав'янистих пагонів** [60].

Необхідно уважно виконувати операцію, не обламуючи ще зелене листя, оскільки можуть залишитися ранки на стовбури. За необхідності цей процес можна повторити до п'яти разів. Правильне дотримання цих кількох важливих кроків забезпечить одержання високих і струнких дерев.

4.8. Приклади вирощування павловнії в Україні

У нашій державі також працюють над створенням павловнієвих плантацій та селекцією власних клонів цієї культури. Зокрема, науковці Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника створили декілька власних клонів, які зараз проходять випробування [64].

Павловнія вирощується у різних регіонах України.

Південь. У Доманівському районі Миколаївської області фермери представили виробникам насадження дерева-фенікса під назвою *Paulownia Clon inVitro 112*. Захід відбувся 15 серпня 2018 р. на території фермерського господарства «Орфей» на День Поля «Приклади вирощування сільгосп-

енергокультур у південних регіонах». На презентації аграрії отримали можливість дізнатися секрети вирощування павловнії, інформацію щодо перспектив розвитку та оглянули демонстраційні ділянки насаджень [58].

Центр. Дорогою по трасі Одеса–Київ у селищі Дослідницьке Київської області на демонстраційних ділянках Українського науково-дослідного інституту прогнозування та випробування техніки та технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» можна побачити успішний ріст дворічних рослин павловнії [65].

Захід. У Борщеві, що на Тернопільщині одні з перших в Україні спробували вирощувати дерево, з яких добувають біоетанол. «Енергетична ферма» в Борщеві – це українсько-норвезький проект «Створення центру для біоенергетики та управління місцевими енергоресурсами», мета якого – вирощування спеціалізованих енергетичних культур, збільшення виробництва та безпосереднього використання біоенергії, розробка і впровадження в життя плану раціональної інфраструктури для енергетичної безпеки [66].

У ТОВ "Колосія" Ужгородського району успішно зростають насадження павловнії (рис. 4.6) [67].



Рис. 4.6. Півторарічна павловнія в с. Концово Ужгородського району [67].

V. ВИКОРИСТАННЯ ПАВЛОВНІЇ

Вирощування павловнії в аграрній галузі є прибутковим та інвестиційно привабливим. Крім того, значна перевага роботи з павловнією – це інноваційність бізнес-ідеї для реалії України при значному її поширенні в Європі та Азії.

5.1. Біомаса

Тверде паливо. Оскільки питання переходу на екологічні та відновлювані види палива в Європі стоїть надзвичайно гостро, то там збільшується частка використання деревини як палива. Брикети, пелети з деревини виробляються в Україні й експортуються в ЄС без проблем, без обмежень та қвот. Як зазначив президент Національної академії аграрних наук України Ярослав Гадзalo [68] сьогодні у структурі відновлюваної енергетики біопаливо займає 81 %, проте зростання відбувається переважно за рахунок твердого біопалива, що виробляють із відходів сільського та лісового господарств.

Перспектива заміни газу енергетичними культурами вже давно зацікавила аграріїв. Останнім часом із пошуком альтернативних джерел енергії павловнія отримує велику популярність у біоенергетиці, оскільки темпи її росту дійсно вражають – за 5 років можна отримати зріле дерево. Ріст біомаси павловнієвої плантації на 30 % вищий порівняно з тополевою чи вербовою плантаціями [24]. Один із самих простих напрямів використання – це отримання різних видів палива. Здебільшого, використовують гілки та інші відходи. Рідше – це спеціальні плантації культури.

З рослини одержують пелети, які використовують для пелетних котлів у побуті та промислових цілях. Обсяги використання їх щорічно зростають.

Виробництво біомаси може використовуватися не лише як джерело поновлення енергії, але й як основа для виробництва деревних матеріалів.

Целюлоза. Суттєвим напрямом плантаційного вирошування павловнії є отримання біомаси для целюлози. Цей природний полімер використовується для паперової, текстильної та хімічної промисловості. Біомаса павловнії окрім швидкого накопичення має високі папероутворювальні властивості [54].

Рідке паливо. Однією з найгостріших проблем галузі є недостатньо дієва державна політика щодо стимулування виробництва та використання біогазу та біоетанолу. Чинний зелений тариф дає змогу частково підвищити привабливість виробництва електроенергії з біогазу та біомаси. Водночас, нормативно-правова база для розвитку біоетанолу остаточно не розроблена [69].

Павловнію використовують як альтернативне джерело енергії, оскільки як біоенергетичне дерево воно має надзвичайно високу енергетичну цінність, наприклад, у Paulownia Clone in Vitro 112® – 4211,06 ккал/кг. Тобто, 2 кг павловнії приблизно дорівнюють 1 л дизельного пального [58].

Біомаса з павловнії – придатна сировина для виробництва біоетанолу. Okрім численних галузей, де він використовується традиційно на сьогодні, ряд науковців вбачає в ньому паливо майбутнього, головними перевагами якого є легке виробництво і застосування без ризиків для навколошнього середовища. Існує два способи виробництва біоетанолу: 1) за допомогою культивування мікроорганізмів, які використовують целюлозу як джерело енергії та продукують внаслідок обмінних процесів етанол; 2) оснований на дії певних ензимів, які розкладають целюлозу до етанолу. Слід також відмітити, що хоч другий метод менш затратний і застосовується більше, обидва методи мають перспективу у майбутньому і свої переваги.

5.2. Використання деревини

Сучасні технології плантаційного вирошування павловнії для виробництва ділової деревини дозволяють за 5-річний період із 1 га отримати від 400 м³ якісної деревини [54]. Древина павловнії – цінна сировина для

меблевої галузі, тому що вона легша за інші породи дерев. Питома вага 1 м³ деревини павловнії становить – 250-310 кг, дуба – 580 кг, липи – 470 кг.

Дошки з павловнії завжди прямі, без сучків (рис. 5.1), не дають значної усушки. Деревина має світлий колір, від ніжного медово-жовтого до сірого відтінків, поверхня з шовковистим блиском.

Мінімальна кількість смоли забезпечує високі вогнетривкі властивості, тому павловнія придатна як покрівельний матеріал завдяки своїм високим теплоізоляційним якостям. У будівництві можна використовувати як фанеру, як внутрішній і зовнішній ізоляційний матеріал. Завдяки високій стабільноті деревини у сполученні з легкістю павловнію вважають "алюмінієм" серед інших видів [24].

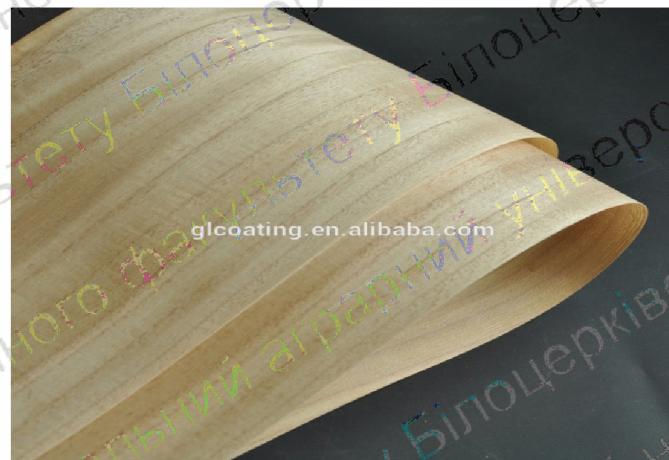


Рис. 5.1. Дошки та шпон з павловнії (фото із сайту alibaba.com).

Дерево легке в переробці, піддається фарбуванню, лакуванню і склеюванню. Має достатньо високу водостійкість. Деревина залежно від способу обробки може бути висушена як на повітрі, так і в сушильних камерах до кінцевого вмісту вологи 10-12 %.

Ще одна особливість павловнієвого дерева – це його незначна вологоутримувальна здатність. Висушене дерево повторно не поглинає вологу. На відміну від інших лісових культур деревина павловнії є надзвичайно стабільною. Типові для робочої деревини ключові процеси –

набухання і усадка не властиві для деревини павловнії. У зв'язку з тим, що деревина павловнії не поглинає вологу, вона не поглинає ніяких запахів, тому може використовуватися як пакувальний матеріал для харчової промисловості і виробництва напоїв [24].

Окрім виробництва меблів і фанери, рослина користується підвищеним попитом в авіа- і суднобудуванні, при виготовленні сувенірів, іграшок, спортивного інвентарю для серфінгу, бігових лиж. Високі звукові властивості павловнієвої деревини дозволяють використовувати її для виготовлення музичних інструментів.

Деревина павловнії крім таніну (високоантикорозійної речовини) містить інші речовини (paulownin, сезамін і т.д.), які відштовхують комах, роблячи її стійкою до жуків-пильщиків і термітів. Дерева, що містять більше 0,5 % SiO_2 , майже не пошкоджуються комахами. Також високий вміст кремнезу пригнічує ріст патогенних мікроорганізмів, що є ще однією цінною властивістю павловнієвої деревини [70].

5.3. Використання листя, квітів і насіння павловнії

Аромат квіток павловнії визначають як ванільний, пудровий і злегка мигдалевий. Встановлено, що це пов'язано з наявністю в ароматі геліотропіну – речовини відомої в парфумерії та присутнього в інших ароматах (наприклад, тайянської ванілі) [71, 72].

У кулінарії квіти павловнії використовують як екзотичні ріжки, їх додають у десерти для надання страві "смачного" аромату, вишуканості й неповторності [71].

Павловнія є добрим медоносом. З плантації в 1 га можна отримати до 700 кг меду [73]. Мед з павловнії дуже світлий та ароматний, найвищої якості, володіє лікувальними властивостями. Павловнієвий мед допомагає у лікуванні бронхіту та інших захворювань легень і дихальних шляхів, покращує функцію жовчного міхура, печінки і системи травлення в цілому [74, 75].

Насіння є сировиною для виробництва технічного масла. А в давнину його використовували для безпечної транспортування дорогоцінних фарфорових виробів [71].

Листя павловнії унікальне за своїм хімічним складом – містить до 20 % протеїнів (білків), за смаковими характеристиками нагадує зелень люцерни, конюшини, тому є цінним кормом у тваринництві. Завдяки високому вмісту нітрогену листя можна використовувати як добриво.

У складі косметичних кремів і сироваток витяжки з листя і квітів павловнії забезпечують сильну антиоксидантну, відбілювальну і омолоджувальну дію [72].

5.4. Декоративні та фіторемідіаційні властивості

Широко застосовують павловнію для озеленення міських пейзажів, у садово-паркових насадженнях, для створення зон відпочинку (рис. 5.2, 5.3). Її велике, опущені з обох сторін листя створює чудовий затінок і дарує прохолоду в літні спекотні дні [76].

До того ж, завдяки значній площі листкових пластинок, павловнія успішно очищає повітря навіть у найбільш забруднених і загазованих районах, а її коренева система очищає ґрунт від солей важких металів [77, 78].

Раніше в містах часто висаджували тополі, тому що ці дерева швидко зростають та характеризуються високим поглинанням пилу (майже 30 % за рік), а також активним поглинанням вуглекислого газу. Але кожного року для багатьох мешканців міст тополиний пух стає випробуванням, адже зумовлює алергію. Можливо, є сенс замінити тополі такими деревами як павловнія. Це дерево вже давно є обов'язковим для парків і садів не тільки в Азії, але й США і Європі. За рахунок свого листя (75 см у діаметрі), павловнія має величезну площину фотосинтезуючої поверхні, яка в змозі переробити велику кількість вуглекислого газу та виробити відповідну кількість кисню.



Рис. 5.2. Цвітіння декоративного насадження павловнії
за <http://mignews.com.ua/regiony/uzhgorod/5587997.html> [78].



Рис. 5.3. Дерева павловнії у парковій зоні міста
за <https://agrostory.com/info-centre/fans/pavlovnija-derevo-budushchego/> [71].

Зелена листяна маса цих дерев надає густу щільну тінь в місцях відпочинку та поглинає пилу більше, ніж тополева [77].

У Швеції павловнію використовують для очищення стічних вод і переробки рідин зі звалищ. Відходи розливають навколо дерев, які, в свою чергу, розщеплюють і утилізують їх. Потім деревину використовують як сировину для целюлозно-паперової промисловості або виробництва біопалива [58].

Насадження цієї культури здатні запобігати ерозійним явищам у родючих ґрутових горизонтах, відновлювати в найкоротші терміни ділянки землі, постраждалі від пожеж, зсувів, селевих потоків та інших природних руйнувань [72].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шишков Ю. В. Вызовы новой исторической эпохи. Век глобализации. 2012. № 1 (9). С. 3–9.
2. Чуб В. В. Рост и развитие растений. 2003. URL: <http://herba.msu.ru/russian/departments/physiology/spezkursi/chub/7-6-2.html>.
3. Волощук М. Проблеми екологічного стану ґрунтів Українських Карпат. Гірська школа Українських Карпат. 2013. № 10. С. 28–29.
4. Ядчишин О. В., Ковальчук О. З. Незаконні рубки лісу у Львівських Карпатах; зб. матеріалів 2-го Міжнар. студ. конгр. (Львів, 23-24 квітня 2015 р.). Львів. 2015. С. 36–38.
5. Павловния. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Павловния>.
6. Павловнія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Павловнія>.
7. Павловнія. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Paulownia#cite_ref-1.
8. Flora Japonica sive Plantae quas in imperio Japanico coll., descriptsit, ex parte in ipsis locis pingendas cur. : [Lugduni Batavorum apud auctorem 1835-1870] / Ph. Fr. de Siebold. Sectio prima, continens plantas ornatui vel sui inservientes Digessit J. G. Zuccarini. URL: <http://bibliotheques.mnhn.fr/medias/doc/exploitation/HORIZON/88904/flora-japonica-sive-plantae-quas-in-imperio-japonico-collegit-descriptsit-sectio-prima-continens-plan>.
9. Опис та характеристика рослини Павловнія. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/pavlovniya>.
10. О нас. Компания «Павловния Групп Украина» URL: <http://paulowniagroup.com.ua/>.
11. Общая информация о павловнии. URL: <http://denovaagro.com/nasha-produktsiya/dekorativnye-rasteniya/pavlovniya-paulownia/obshhaya-informatsiya-o-pavlovnii>.
12. Сапелин А. Зонирование: на картах и на деле. Вестник садовода. 2011. № 1-3. URL: <http://vestnik-sadovoda.ru/index.php/jurnal>.

13. Морозостійкість (ботаніка). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Морозостійкість_\(ботаніка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Морозостійкість_(ботаніка)).
14. Henry M. Cathey USDA plant hardness zone map by United States Agricultural Research Service. Publication. Vol. No. 1475. Issued January 1990. 22 p. URL: https://archive.org/details/usdalanthardine_1475unit/page/n3.
15. Морозостойкость растений: подробная таблица. URL: <https://smak.ua/events/tables/77474-morozostojkost-rastenij-podrobnaia-tablica>.
16. Зони морозостійкості рослин в Україні URL: https://zhivoplit.com.ua/uk/blog/5_zoni-morozostijkosti-roslin-v-ukrayini.html.
17. Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America. Uew-Jork, 1949. 989 p. URL: <http://krishikosh.egranth.ac.in/bitstream/1/2057475/1/ANAND-71.pdf>.
18. Власенко М.Ю., Вельямінова-Зернова Л. Д., Мацкевич В. В. Фізіологія рослин з основами біотехнології. Біла Церква, 2006. 504 с.
19. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974. 216 с.
20. Ненько Н.И. Физиологические методы в адаптивной селекции плодовых культур. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. С.189–199.
21. Тышченко Е. Л., Якуба Ю. Ф. Хозяйственно-биологический потенциал Павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*) на Юге России. URL: <http://vniisubtrop-ru.1gb.ru/internet-conference/725-khozyajstvenno-biologicheskij-potentsial-pavlovnii-vojlochnoj-paulownia-tomentosa-thunb-stend-na-yuge-rossii.html>.
22. Вирощування павловнії повстяної – рідкість в саду. URL: <https://gorsad.com.ua/dachni-porady/vyraschivanie-pavlovnii-vojlochnoy-redkost-v-sadu/>.

23. Железняк И. Павловния как альтернативный источник энергии. URL: <http://atmwood.com.ua/2017/06/21/pavlovniya-kak-alternativnyj-istochnik-energii/>.
24. Требования Павловни к местоположению. URL: <https://www.cathaia.com/ru/paulownia/establishing-of-plantations/location/49-location>.
25. Павловнія – квітуче дерево дракона. Поради з вирощування та догляду. URL: <http://sadoviukr.ru/rizne/dendrologija/44004-krasivocvetushhie-dereva-drakona.html>.
26. Павловния: выращивание из семян и последующий уход. URL: <https://agronomu.com/bok/5125-pavlovniya-vyraschivanie-iz-semyan-i-posleduyuschiy-uhod1.html#h-id-5>.
27. Выращиваем павловнию. URL: http://denovaagro.com/wp-content/uploads/2016/08/Grown_Paulownia_Ru.pdf.
28. Тыщенко Е. Л., Якуба Ю. Ф. Павловния войлочная как биоиндикатор степени загрязненности почв. Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2014. № 29 (05). URL: <http://journalkubansad.ru/get/463/>.
29. В зоне отчуждения для эксперимента высадили деревья павловнии, поглощающие радионуклиды. URL: https://humanrights.org.ua/ru/material_u_zoni_vidchuzhennja_dlja_eksperimentu_visadili_dereva_pavlovniji_shho_poglinajut_radionuklidi.
30. A. Christina W. Longbrace Ph.D. Environmental and Plant Biology Ecology and invasive potential of Paulownia tomentosa (Scrophulariaceae) in a hardwood forest landscape. August 2001. 174 pp. URL: https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=ohiou992358342&disposition=inline.
31. Олаф Хенке. Размножение павловнии семенами или вегетативно. Гётtingен 4 марта 2015. URL: <https://www.cathaia.com/ru/paulownia/plants/in-vitro/8-in-vitro-versus-seeds>.

32. Методы выращивания павловния из семян. URL: <https://leo-dikiy.livejournal.com/159220.html>.
33. Чи може китайська павловнія зберегти людське життя? URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/8979>.
34. Общая информация о павловнии. URL: <http://denovaagro.com/nasha-produktsiya/dekorativnye-rasteniya/pavlovniya-paulownia/obshhaya-informatsiya-o-pavlovnii/>.
35. Rápido Crecimiento pureza superior Paulownia tomentosa raíces corte. URL: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/fast-growing-top-purity-paulownia-tomentosa-roots-cutting-60277162450.html>.
36. Мацкевич О.В., Лісовий М.М. Особливості розмноження гібриду павловнії (*Paulownia*) *invitro*. Біотехнологія: звершення та надії: збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої до 120-річчя НУБІП України (14-16 листопада 2017 року, м. Київ). Компринт. С. 218–219.
37. Лісовий М.М., Григорюк Б.П., Мацкевич О.В. Біотехнологічні, фізіологічні та екологічні особливості розмноження гібриду павловнії (*Paulownia*) в культурі *in vitro*: матеріали всеукраїнської наукової конференції «Інноваційні агротехнології» 28 березня. Умань, 2018. С. 16–17.
38. Подгаєцький А.А., Мацкевич В. В., Подгаєцький А. Ан. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.
39. Ben A. Bergmann and Heung-Kyu Moon. *In vitro* adventitious shoot production in *Paulownia*. Plant Cell Reports. 1997. Vol. 16. p. 315–319.
40. Олійник В. Агрохімічний аналіз ґрунту та рослин як фундамент побудови ефективної системи живлення. URL: <https://agro-online.com.ua/uk/public/blog/15601/details/>.
41. Агроперліт. URL: <http://www.perlit.in.ua/applications/agroperlit>.

42. Xiao Y., Niu G., Kozai T. Development and application of photoautotrophic micropropagation plant system. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 2011. Vol. 105. P. 149–158.
43. Kozai T. *Micropropagation under photoautotrophic condition. Micropropagation technology and application.* Amsterdam, 1991. P. 447–469.
44. Kozai T., Afreen F., Zobayed S.M.A. *Photoautotrophic (sugar-free medium) Micropropagation as a New Micropropagation and Transplant Production System.* 2005. 316 p.
45. Kozai, T., Nguyen, Q.T. and Xiao, Y. (2006). A commercialized photoautotrophic micropropagation system using large vessels with forced ventilation: plant growth and economic benefits. *Acta Hortic.* Vol. 725. P. 279–292, DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.725.35.
46. Công nghệ vi nhân giống quang tự dưỡng để nâng cao chất lượng cây giống cây mô. URL: <https://sinhhocvietnam.com/cong-nghe-vi-nhan-giong-quang-tu-duong-de-nang-cao-chat-luong-cay-giong-cay-mo/>.
47. Павлонія. Який прибуток ховають в собі ці високі дерева? URL: <https://agro-online.com.ua/ru/public/blog/46547/details/>.
48. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік. Київ: Міністерство аграрної політики та продовольства України, 2018. С. 424. URL: <http://sops.gov.ua/uploads/page/5c1cecb17a37e.pdf>.
49. Paulownia Group Ukraine - новий член «АБС». URL: <https://bio.ukrbio.com/ua/news/17017/>.
50. Павловнія *Clone In Vitro 112* – самый эффективный способ использования земли, Кировоградская обл. URL: <http://agro-ukraine.com/ru/trade/m-634322/pavlovnija-clone-in-vitro-112-samyj-ehffektivnyj-sposob-ispolzovaniya-zemli/>.

51. Павловнія – тренд у деревопереробній промисловості та біоенергетиці
URL: <https://zpu.kr.ua/ekonomika/2147-pavlovniiia-trend-u-derevopererobnii-promyslovosti-ta-bioenerhetytsi>.
52. Original hybrid seed paulownia 9501 shan tong certificated. URL:
<https://www.chinapaulownia.com/ru/products/Original-hybrid-seed-paulownia-9501-shan-tong-certificated.html>.
53. Павловния. Схема возделывания. URL: <https://www.cathaia.com/ru/paulownia/establishing-of-plantations/planting-scheme/46-planting-scheme>.
54. О павловни. Применение и свойства. URL: <https://paulownia.pro/ru/paulownia/>.
55. Павловния войлочная – экодерево XXI века. URL: <https://procvetok.com/ru/articles/pavlovnaya-vojlochnaya-ekoderevo-xxi-veka/>.
56. Семейство норичниковых. Род Павловния. URL: <http://dendrology.ru/books/item/f00/s00/z0000040/st026.shtml>.
57. Одынец А.П. Дендрология для садовника. Москва: Высшая школа, 1982.
159 с.
58. Математика агробізнесу: вирощування павловнії. URL:
<https://kurkul.com/blog/563-matematika-agrobiznesu-viroschuvannya-pavlovniiyi>.
59. Павловнія: вирощування, розмноження, посадка і догляд. URL:
<https://parnyk.com/pavlovnija-viroshhuvannja-rozmnozhennja-posadka-i/>.
60. Уход за павловней. URL: <http://paulownia.md/uhod-za-pavlovniey>.
61. Адамове дерево (Павловнія): особливості вирощування та догляду URL:
<http://dachadecor.com.ua/kustarniki/adamovo-derevo-pavlovnija-osobennosti-viraschivaniya-i-uchoda.htm>.
62. Павловния: выращивание из семян и последующий уход. URL:
<https://agronomu.com/bok/5125-pavlovnija-vyraschivanie-iz-semyan-i-posleduyuschiy-uhod1.html#h-id-11>.

63. Павловния войлочная. URL: <http://proxima.net.ua/pavlovnija-vojlochnaja-adamovo-derevo-paulownia-tomentosa.html>.
64. Українські науковці працюють над виведенням дерева із найвищим у світі потенціалом росту. URL: <https://ecotown.com.ua/news/Ukrayinski-naukovtsi-pratsyuyut-nad-vyvedennym-dereva-iz-nayvyshchym-u-sviti-potentsialom-rostu/>.
65. Павловня ("алюмінієве" дерево) – новий напрямок в агробізнесі. URL: <http://www.ndipvt.com.ua/news/>.
66. На Тернопільщині вирощують незвичну біоенергетичну культуру. URL: <https://superagronom.com/news/4850-na-ternopilschini-viroschuyut-nezvichnu-bioenergetichnu-kulturu>.
67. Реалізація саджанців Павловнії. URL: <https://pavlovnaya.invitroplant.com.ua/>.
68. Обсяги виробництва біопалива в Україні щороку збільшуються на 45%. URL: <https://agroreview.com/news/obsyahy-vyrobnyctva-biopalyva-v-ukrayini-shchoroku-zbilshuyutsya-na-45>.
69. Плахтій Т.Ф., Драчук В.Ю. Законодавче регулювання податкового стимулювання вирощування біоенергетичних культур, виробництва і використання біопалива. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вип. 19. С. 235–239. URL: <http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/235.pdf>.
70. Свойства древесины павловний. URL: <https://paulownia-russia.ru/drevesina.html>.
71. Павловния – дерево будущего. URL: <https://agrostory.com/info-centre/fans/pavlovnaya-derevo-budushchego/>.
72. Павловния: выращивание из семян и последующий уход. URL: <http://agronomwiki.ru/pavlovnaya-vyrashhivanie-iz-semyan-i-posleduyushhij-uxod.html>.
73. Павловня. Головний фермерський портал все про бізнес в сільському господарстві. URL: <https://parnyk.com/pavlovnija-golovnij-fermerskij-portal-vse-pro/>.

74. Paulownia as a Medicinal Tree: Traditional Uses and Current Advances / Ting He et all. European Journal of Medicinal Plants. 2016. Vol. 14(1). P. 1-15.
75. Качества павловнии. URL: <http://ecology.md/page/kachestva-pavlovnnii>.
76. В Ужгороде вслед за сакурами зацвели павловнии. URL: <http://mignews.com.ua/regiony/uzhgorod/5587997.html>.
77. Чи може китайська павловнія зберегти людське здоров'я. URL: <http://agro-ug.com.ua/archives/8979>.
78. У країні запустили проект з поширення енергетичної рослини із найшвидшим у світі зростанням – павловнії. URL: <https://allkharkov.ua/news/biz/v-ukraine-zapustili-proekt-z-poshirennia-energetichno-roslini-iz-naishvidshim-y-svt-zrostanniam-pav.html>.

Павловня:

науково-практичний посібник

Мацкевич Оксана Вячеславівна
Філіпова Лариса Миколаївна
Мацкевич Вячеслав Вікторович
Андрєвський Віктор Васильович

Редактор – Грушко О. О.
Комп'ютерне верстання: **Філіпова Л. М., Мацкевич В. В.**

Білоцерківський національний аграрний університет
РВІКВ, Сектор оперативної поліграфії БНАУ,
площа Соборна, 8/1, м. Біла Церква.

Здано до складання 29.03.2019. Підписано до друку 22.04. 2019.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний №1. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 4,65. Тираж 300. Зам.

