

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА САДОВО-ПАРКОВОГО ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОС «МАГІСТР»**

**на тему: «ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ *POPULUS* ×
CANADENSIS В УМОВАХ НАВЧАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ
ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНУ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗЛС
2301м спеціальності 205 «Лісове
господарство»

Бурмака Ярослав Анатолійович

Керівник: доцент Токмань В. С.

Рецензент:

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ.

Бурмака Я. А. Тема кваліфікаційної роботи: «Вирощування садивного матеріалу *Populus × canadensis* в умовах навчальної лабораторії «Ландшафтного дизайну». Освітній ступінь - «Магістр». Спеціальність - 205 «Лісове господарство». Сумський національний аграрний університет. Суми. 2024 рік. Актуальність теми зумовлена необхідністю використання інноваційних заходів в енергетичній галузі України, що обумовлює доцільність запровадження лісоплантаційного вирощування, яке створюються з метою отримання біомаси для виробництва альтернативного палива. Мета роботи – розробити агротехнічні заходи щодо вирощування однорічного садивного матеріалу *P. x canadensis* для створення енергетичних та захисних насаджень в умовах Лісостепу України. Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: – узагальнити досвід створення енергетичних плантацій *Populus* на основі літературних джерел та виробничого досвіду; – оцінити умови північно-східного Лісостепу стосовно їх придатності для вирощування енергетичних *Populus* насаджень; - розглянути вплив товщини живців досліджуваного культивару на біометричні показники садивного матеріалу. Використано живці різної товщини (7,0; 9,0 та 14 мм). При проведенні дослідження використовувалися наступні методи: порівняння, спостереження, аналіз, вимірювання, опис, фотофіксація. У роботі відображено ботанічні та екологічні особливості різних видів *Populus*, наведена характеристика їх росту та розвитку у різних ґрунтово-кліматичних умовах, а також відображено приклади їх використання в енергетичних цілях. Окрім цього, відображено особливості росту та розвитку *Populus × canadensis*. У процесі дослідження було виявлено вплив товщини живцевого матеріалу на біометричні показники однорічного садивного матеріалу: висоту рослин, масу кореневої системи і надземної частини, площу листя. Це дало можливість виявити найбільш оптимальну товщину мікропагона в умовах північно-східного Лісостепу. На підставі здійсненого дослідження запропоновано захід щодо вирощування

садивного матеріалу для створення енергетичних насаджень. Кінцевим результатом кваліфікаційної роботи є: обґрунтовані висновки та пропозиції виробництву. *Populus × canadensis*, як одна з швидкорослих лісових порід вирощується для виробництва деревини, але в останні роки його використовують для лісоплантаційного вирощування. Кліматичні умови північно-східної частини України є сприятливими для виробництва кореневласного садивного матеріалу *Populus × canadensis*. Згадуваний таксон належить до легкокорінюваних порід. Результати пошукової роботи доводять, що на біометричні показники посадкового матеріалу експериментального виду впливає товщина мікропагона: - висота садивного матеріалу сформована мікропагонами товщиною 14 мм становила 57,5 см, що на 33,4 та 63 % більше в порівнянні з дослідними варіантами; - площа листя на рослинах дослідних варіантів знаходилося в межах 340,8-523,6 см², що на 565,9 та 383,1 см² менше в порівнянні з контролем. При вирощуванні садивного матеріалу *P. x canadensis* пропонуємо використовувати живці товщиною приблизно 14 мм. Для створення біоенергетичних плантацій рекомендуємо використовувати згадуваний таксон, перевагою якого є властивість формувати значну кількість фітомаси, простота вирощування посадкового матеріалу та невибагливість до екологічних умов.

Ключові слова: *Populus × canadensis*, посадковий матеріал, живець, лісоплантаційні насадження, товщина живця, укорінення, коренева система, фотосинтетична поверхня, висота рослин.

ABSTRACT.

Burmaka Ya. A. Topic of the qualification work: “Cultivation of planting material *Populus × canadensis* in the conditions of the educational laboratory “Landscape Design”. Educational degree - “Master”. Specialty - 205 “Forestry”. Sumy National Agrarian University. Sumy. 2024. The relevance of the topic is due to the need to use innovative measures in the energy sector of Ukraine, which determines the expediency of introducing forest plantation cultivation, which is created in order to obtain biomass for the production of alternative fuel. The purpose of the work is to develop agrotechnical measures for the cultivation of annual planting material *P. x canadensis* for the creation of energy and protective plantations in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. To achieve this goal, the following main research objectives were identified: – to summarize the experience of creating *Populus* energy plantations based on literary sources and production experience; – to assess the conditions of the northeastern Forest-Steppe regarding their suitability for growing energy *Populus* plantations; – to consider the influence of the thickness of the cuttings of the studied cultivar on the biometric indicators of planting material. Cuttings of different thicknesses (7.0; 9.0 and 14 mm) were used. The following methods were used in the study: comparison, observation, analysis, measurement, description, photofixation. The work reflects the botanical and ecological features of different *Populus* species, provides a characteristic of their growth and development in different soil and climatic conditions, and also reflects examples of their use for energy purposes. In addition, the features of the growth and development of *Populus × canadensis* are reflected. In the process of the study, the influence of the thickness of the cutting material on the biometric indicators of annual planting material was revealed: plant height, mass of the root system and above-ground part, leaf area. This made it possible to identify the most optimal microshoot thickness in the conditions of the northeastern Forest-Steppe. Based on the research, a measure was proposed for growing planting material for creating energy plantations. The final result of the qualification work is: substantiated conclusions and proposals for production. *Populus × canadensis*, as

one of the fast-growing forest species, is grown for timber production, but in recent years it has been used for forest plantation cultivation. The climatic conditions of the north-eastern part of Ukraine are favorable for the production of self-rooted planting material *Populus × canadensis*. The mentioned taxon belongs to easily rooted species. The results of the search work prove that the biometric indicators of the planting material of the experimental species are affected by the thickness of the microshoot: - the height of the planting material formed by microshoots 14 mm thick was 57.5 cm, which is 33.4 and 63% more compared to the experimental variants; - the leaf area on the plants of the experimental variants was within 340.8-523.6 cm², which is 565.9 and 383.1 cm² less compared to the control. When growing *P. x canadensis* planting material, we suggest using cuttings approximately 14 mm thick. For the creation of bioenergy plantations, we recommend using the aforementioned taxon, the advantage of which is the ability to form a significant amount of phytomass, ease of growing planting material and unpretentiousness to environmental conditions.

Keywords: *Populus × canadensis*, planting material, cutting, forest plantations, cutting thickness, rooting, root system, photosynthetic surface, plant height.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ВИРОБНИЦТВО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ	11
1.1. Ботаніко-екологічна характеристика представників роду <i>Populus</i>	11
1.2. Використання <i>Populus</i> в енергетичних цілях	20
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Об'єкт, предмет та методи проведення досліджень	24
2.2. Умови проведення досліджень	25
РОЗДІЛ 3. ВИРОБНИЦТВО ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ НАСАДЖЕНЬ	27
3.1. Вплив діаметру садивного матеріалу на біометричні показники рослин <i>P. x canadensis</i>	27
3.2. Вплив товщини живця на формування листкової поверхні	31
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	34

ВСТУП

Важливою проблемою сучасного світу є отримання достатньої кількості енергетичних ресурсів з огляду на постійне зростання таких потреб та проблеми, пов'язані з виснаженням покладів викопних енергоносіїв на фоні екологічних негараздів, які значною мірою тяж спричинені діяльністю сфери енергетики. Такий стан потребує пошуку альтернативних джерел енергії, зокрема – легко відновлюваних. Одним із перспективних енергоносіїв такого плану є біомаса деревних рослин [3, 8, 10, 48]. Особливий ефект можна отримати від міжвидових гібридів *Populus*, які часто проявляють гетерозисний ефект за інтенсивністю росту у тих чи інших лісорослинних умовах [27, 29, 45, 47]. Зважаючи на це, особливої актуальності набуває добір і районування до певних ґрунтово-кліматичних умов перспективних культиварів, з урахуванням їх біологічних та екологічних особливостей [46].

Необхідність впровадження інноваційних заходів в енергетичній галузі України обумовлює актуальність запровадження лісоплантаційного вирощування, які створюються з метою отримання продукції для виробництва альтернативного палива

Об'єкт дослідження – процес вирощування однорічного садивного матеріалу *Populus x canadensis* для захисних насаджень та створення енергетичних плантацій в умовах Лісостепу України.

Предмет дослідження – особливості технології вирощування посадкового матеріалу *Populus x canadensis* умовах Лісостепу України.

Мета роботи – розробити агротехнічні заходи щодо вирощування однорічного садивного матеріалу *P. x canadensis* для створення енергетичних та захисних насаджень в умовах Лісостепу України.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

– узагальнити досвід створення енергетичних плантацій *Populus* на основі літературних джерел та виробничого досвіду;

- оцінити умови північно-східного Лісостепу стосовно їх придатності для вирощування енергетичних *Populus* насаджень;
- розглянути вплив товщини живців досліджуваного культивуру на біометричні показники садивного матеріалу.

Методи дослідження. У процесі виконання кваліфікаційної роботи використано такі методи: біометричні (визначення висоти, маси надземної та кореневої системи та діаметру кореневої шийки садивного матеріалу), статистичні - для оброблення зібраних результатів дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в умовах навчальної лабораторії «Ландшафтного дизайну» Сумського НАУ здійснено дослідження щодо впливу товщини живцевого матеріалу на біометричні показники садивного матеріалу *P. x canadensis*.

Практичне значення одержаних результатів. Результати кваліфікаційної роботи доцільно використовувати у навчальному процесі при підготовці майбутніх фахівців на факультеті агротехнологій та природокористування.

Особистий внесок дипломника. Здійснено пошук та аналіз науково-технічної інформації по темі кваліфікаційної роботи, проведені відповідні експериментальні дослідження, статистично оброблено результати та виконано їх системний аналіз.

Апробація результатів досліджень. Результати кваліфікаційної роботи обговорювалися на розширеному засіданні кафедри садово-паркового та лісового господарства факультету агротехнологій та природокористування.

Публікації. Результати науково-дослідної роботи щодо виконання кваліфікаційної роботи оприлюднено в доповіді на науковій конференції студентів Сумського НАУ. Білодід С. В., Бурмака Я. А., Токмань В. С. Заходи щодо вирощування садивного матеріалу *Populus* × *canadensis*. *Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів* (18-22 листопада 2024 р.). Суми, 2024. С. 91.

Структура та обсяг експериментальної роботи. Кваліфікаційну роботу викладено на 39 сторінках. Робота включає 3 таблиці та 22 рисунків, складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 56 найменування

РОЗДІЛ 1. ВИРОБНИЦТВО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ

1.1. Ботаніко-екологічна характеристика представників роду *Populus*

Рід *Populus* належить до родини *Alicaceallindi* нараховує близько 400 таксонів: *Salix* – до 370 видів, *Populus* - близько 40 культиварів і *Chosenia* - один вид [13, 15, 18]. Види приурочені до помірної зони Північної півкулі, за винятком поодиноких представників. Деякі види *Salix* ростуть в Арктиці та високогір'ях. Різноманітність таксонів зменшується від Азії, Північної Америки, Європи до Африки [11-12, 17, 26].

Серед 45 видів роду тополя в Україні є чотири таксони, як інтродуценти ростуть вісім культиварів, а також вивчено і мають перспективу до використання понад 25 таксонів та їх декоративних форм [15, 17, 19]. Цінували їх ще в Давній Греції. Ними обсаджували площі, де проходили народні збори, що і відбилося в родовій назві - *Populus*, що означає “народне дерево” [11].

Для представників цього роду властиві цілокраї листки, і тільки у тополі білої вони є пальчасто-лопатеvimи. Генеративні бруньки закладаються на пагонах минулого року [19]. Вони більші від вегетативних і розпочинають розвиток швидше. Цвітіння дерев спостерігається на 7-15 рік. У 20-річному віці настає період рубання. Розмножується насіннєвим способом, порослю, в розсадниках – живцевим матеріалом. Окрім всього, дерева є відносно недовговічними, ростуть до 100-120 років, старіші особини уражуються гниллю, але відомі екземпляри віком до 300 років. Світло- та вологолюбиві, морозо- та зимостійкі, вибагливі до ґрунтового середовища, [12, 19].

Довгий час представників *Populus* вважали бур'янистими породами, оскільки їхня деревина низьких кондиційних якостей. Ставлення до їхньої деревини змінилося у зв'язку з появою способів облагородження та зміцнення деревини, розвитком сірникової та паперової галузі [11].

Характерними ознаками таксонів підроду *Populus balsamifera* є наявність вкорочених гілочок, на яких утворюється 5 шт. листків за

вегетаційний період; бруньки та листки володіють ароматними і клейкими особливостями; листкові рубці розміщуються один біля одного; поперечний розріз листкового черешка має округлу форму, тоді як в інших видів черешок приплюснутий; плоди 4-х стулкові, зморшкуваті [12-13, 19].

Вільно таксони ростуть у Північній Америці та Азії. Місцевих культиварів в Африці та Європі немає.



Рис. 1.1. *Populus balsamifera* L. (тополя бальзамічна) [54]

P. balsamifera (рис. 1.1) - листопадне велике дерево до 27 м у висоту і приблизно 10 м у товщину, з відносно вузькою кроною (продовгуватояйцеподібною) і прямим центральним провідником, гілки регулярні. У молодому віці інтенсивно росте, річний приріст становить до 0,80 м у висоту і до 0,30 м у товщину, після 10-15 років ріст суттєво послаблюється [13, 17, 19].

Кора у дорослому віці сіра або темно-сіра, тріщинувата. Бруньки смолисто-клейкі, сильно пахнуть. Листя рано розпускається, широко яйцеподібне або яйцеподібне, верхівки загострені, 60-120 мм довжиною, 30-80 мм шириною, темно-зеленого кольору, знизу дещо опушене, у кінці вегетаційного періоду набувають жовтого забарвлення. Квітки роздільностатеві, зібрані в суцвіття сережки. Чоловічі квіти до 80 мм довжиною, а жіночі - до 120 мм. Цвітіння відбувається протягом квітня-травня. Рослина дводомна, розпочинає квітнути у віці 8 років, цвітіння відбувається до появи фотосинтезуючої поверхні, а запилюється вітром. Плід - коробочка, зібрані у супліддя. Насіння досягає у травні-червні. Формується безліч дрібного білого пухнастого насіння [11, 19].

Коренева система сильно розгалужена. Зимостійкий та морозостійкий таксон, витримує від інтенсивного освітлення до легкої тіні, ґрунти вологі або свіжі, від лужних до кислих. Зона зимостійкості 3 [11, 26].

Розповсюджений названий таксон у Північній Америці та Канаді, росте в заплавних лісах, на вологих та низових ділянках, по берегах річок, на схилах, у переважній більшості як чисті насадження.

Характерними ознакою таксонів підроду чорні *Populus* є дельтоподібна форма листової пластинки на довгих черешках та наявність ароматної смоли у молодих листків [13, 26]. Вони ростуть по заплавах річок і долинах.



Рис. 1.2. Тополі дельтоподібні (*Populus deltoides* Marsh.) [53]

P. deltoides (рис. 1.2) - північноамериканський таксон з найпівнічнішим розповсюдженням. Вирощують в Європі. У декоративному садівництві цінуються червонолистяні форми. Названий культивар належить до швидкорослих листопадних дерев з колоноподібною формою крони [11]. Розповсюджений у східній частині Америки на рівнинах, переважно росте біля річок, а також на болотах та низинах.



Рис. 1.3. Квіти *P. deltoides* [53]

Жовті пагони, відносно велика зубчата листкова пластинка і клейкі бруньки відрізняють її від інших *Populus* культиварів. Дрібні жіночі та чоловічі квітки з'являються сережками на окремих деревах (рис. 1.3). Квітки розпускаються раною весною (протягом березня-квітня) до появи листя. Листкова поверхня темно-зелена (бордова), восени жовтіє (рис. 1.4) [11, 17-18].



Рис. 1.4. Листя *P. deltoides* [53]

Добре росте на вологих ґрунтах, але вона здатна переносити посуху. Морозо- та зимостійкий таксон для всієї України. Культивар відносно стійкий до ураження хворобами та шкідниками.



Рис. 1.5. Тополя чорна, осокір (*Populus nigra* L.) [57]

P. nigra (рис. 1.5). Листопадне дерево росте до 30 м у висоту та 4 м у товщину. Крона рихла, прямий центральний провідник, гілки розлогі. Кора старих стовбурів тріщинувата, темно-сіра або чорна. Пагони голі, круглі. Бруньки загострені, яйцеподібні. Листкова пластинка ромбічна, яйцеподібна або трикутна. Черешки голі, рівні з довжиною листкової пластинки. Верхівка листка гостра, витягнута, основа. Квітування відбувається до появи листків, у березні. Плід - коробочка, досягає у червні [11-12, 18]. Світло- та вологолюбива, зимо- та морозостійка, не вибаглива до родючості ґрунтів. Швидко ростучий культивар, річний приріст до 80 см у висоту і до 50 в ширину, тривалість життя до 300 років [13, 19, 26].

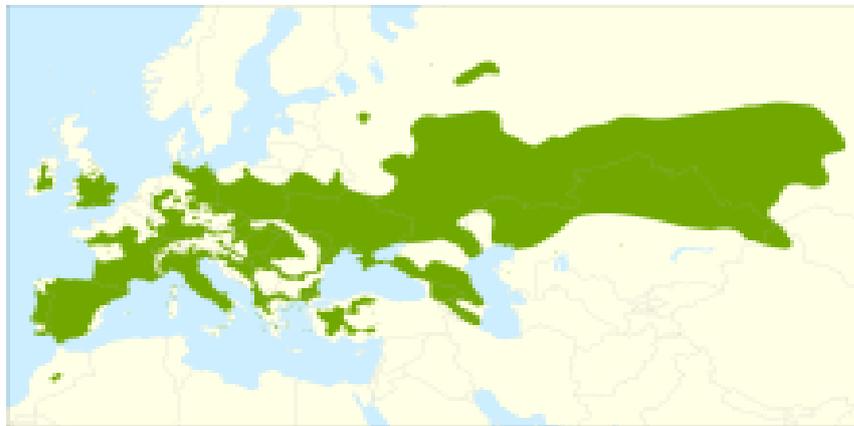


Рис. 1.6. Ареал *P. nigra* [57]

Ареал поширення таксону (рис. 1.6) Центральна, Східна Європа, зустрічається в Азії та Північній Африці. Росте в уздовж річок, на заливних лугах, затоплюваних ділянках, на родючих і піщаних ґрунтах [11-13].



Рис. 1.7. Тополя берлінська (*Populus × berolinensis*) [52]

P. × berolinensis - дерево до 30 м висотою (рис. 1.7). Крона широкопірамідальна, негуста. Пагони сіро-жовті, липкі, злегка ребристі, часто опушені. Бруньки продовгуваті [11, 19, 55].



Рис. 1.8. Листя *P. × berolinensis* [55]

Листки (рис. 1.8) продовгувато-яйцеподібні чи яйцеподібні, верхівка загострена, основа округла. Черешки опушені, сплюснуті. Плід - коробочка, досягає у травні. Квітне одночасно з розпусканням листків. Швидкоросла, морозо- та зимостійка, середньовибаглива до родючості ґрунту [55].

Підрід білі *Populus* налічує тільки два таксони. Один з них - *Populus alba* L. займає ареал - Кавказ, Середню і Південну Європу, Південний Сибір, Малу Азію. В озелененні поширений практично по всьому світі. Інший культивар *Populus tomentosa* розповсюджений в Китаї. У природі та декоративному садівництві зустрічаються гібридні форми *P. alba* і *P. tremula*, оскільки представники названих таксонів подібні між собою. Їхні ознаки: листки та бруньки без смоли; сережка густа; плід - дрібна, вузька коробочка. Характерними ознаками такоснів підроду є біле, густе опушення листків та пальчасто-лопатева форма листкової пластинки [13, 19]. У природних умовах вони розповсюджені в долинах річок.

P. alba – листопадне дерево до 35 м висотою та 2 м у товщиною з широко-кулястою рихлою кроною, і часто з кривим центральним стовбуром, бокові пагони та гілки нерегулярні, а нижні - звисають (рис. 1.9-10). На бідних пісчаних ґрунтах росте у вигляді куща. Швидко ростучий таксон, річний приріст до 65 см у висоту і 45 см в ширину, в 40 років має

максимальну висоту, живе приблизно 350 років.



Рис. 1.9. Тополя біла (*P. alba* L.) [51]



Рис. 1.10. Тополя біла (*P. alba* L.) [51]

Молоді пагони від зелено-оливкового до зеленувато-сірого забарвлення, кора з віком тріщинувата від біло-сірого до темно-сірого кольору [12-13, 19].

Бруньки і пагони опушені. Листя різні, яйцеподібно-округлі або яйцеподібно-трикутні, краї зубчасті, 70-125 мм довжиною, знизу білуваті, зверху темно-зелені, восени набуває жовто-лимонного забарвлення, частина листової поверхні опадає зеленою. Черешки у 2 рази коротші за довжину листової пластинки, опушені.

Квітування відбувається одночасно з розпусканням листків (квітень-травень). Чоловічі квіти товсті до 65 мм довжиною червоно-бурі, а жіночі квіти 100-120 мм довжиною жовтувато-зеленого кольору, запилюються вітром [11, 18].

Плід конусоподібна коробочка, яка має багато дрібного насіння, що

достигає в червні. Теплолюбива, не вибаглива до ґрунту, живе до 350 років [12, 51]

Розповсюджена практично по всій території Європи та Кавказу, росте на багатих піщаних, суглинних ґрунтах. Формує ліси або гаї. Росте з *Ulmus*, *Quercus robur*, *Alnus* та *Fraxinus* [13, 19].

Коренева система на вологих ґрунтах поверхнева, на сухих - дуже глибока. На бідних ґрунтах сильно розростається, може досягати 25 соток, на родючих досягає проекції крони, формує рясні кореневі паростки [11].

Морозостійкий, стійкий до міських умов, промислових викидів, вітростійкий, витримує спеку, виносить засолення середовища. Без суттєвих наслідків переносить короточасні затоплення. Зона зимостійкості 4 [12].



Рис. 1.11. Тополя тремтяча, осика (*Populus tremula* L.) [50]



Рис. 1.12. Ареал *P. tremula* [50]

P. tremula – швидкоростуча порода (рис. 1.11-12). Дерево до 35 м висотою та 1,5 м в діаметрі. У віці 40 років має висоту 20 м і більше. Недовговічна, живе до 80-90 років, зустрічаються дерева віком 150 років [11-12, 19].

Крона формується маточними гілками різних порядків. У нижній половині крони гілки обростають укороченими пагонами. Стовбур циліндричний. Кора молодих дерев гладка, сіро-зеленувата, з віком темно-сіра, тріщинувата. Бруньки і пагони голі [11, 18-19].

Листки цілокраї, голі, на вкорочених пагонах округлі, а на видовжених - трикутно-еліптичні (рис. 1.13). Черешки голі, у верхній частині приплюснуті, а тому листя коливається навіть за слабкого вітру, що є причиною виникнення її назви.



Рис. 1.13. Листя *P. tremula* [50]

Квітування відбувається до розпускання листя. Плід - коробочка, досягає в травні.

Світлолюбива, морозостійка, відносно вимоглива до родючості ґрунтового середовища, але може рости в достатньо сурових ґрунтових умовах, уникає надмірного перезволоження.

Коренева система розгалужена, яка далеко відходить за межі проекції крони. Виявлені різні різновиди *P. tremula*, які відрізняються терміном розпускання листя, кольором кори і будовою крони (плакучі або пірамідальні форми) [18-19].



Рис. 1.14. Спил *P. tremula* [50]

P. tremula належить до розсіянно-судинних без'ядрових порід (рис. 1.14). Центральна зона ростучого стовбура практично не відрізняється від бокової за кольором, але за вмістом вологи маються незначні відмінності. Центральна частина стовбура має вологість нижчу, ніж бічна, а тому названу породу відносять до стиглодеревних. Деревина в неї біла (рис. 1.14), іноді із зеленувато-білим відтінком. Річні кільця погано виділяються. При цьому, серцевинні промені не відмічаються. Текстура *P. tremula* невиразна. У результаті того, що рання і пізня деревина річних кілець практично не відрізняються за ознаками, при обробці виробів з названої культури із застосуванням фарбувальних і тонуючих прийомів не спостерігається прояв текстури деревини. Колір деревини *P. tremula* характеризується наступними показниками: - чистота – 37,9 %; - світлота – 67,9 %; - колірний тон – 568,5 НМ [50].

Про макроструктури деревини *P. tremula* кажуть наступне: середня кількість річних кілець на 10 мм поперечного спилю для дерев з лісостепової зони України – 5,4. Вірогідна різниця між пізньою і ранньою деревиною у неї відсутня. Її деревина характеризується високою рівнощільністю. Розміри мікронерівностей становлять від 35 до 110 мкм. В осики зустрічаються серцевинні вузькі жовті смужки. Переважно вони відмічаються в нижній частині центрального провідника. У периферійній зоні провідника їх відносно менше, ніж у центральній. Названі повторення здатні погіршувати якість шпону і деревина використовується для виготовлення фанери. Названі недоліки деревини називають прожилками.

1.2. Використання *Populus* в енергетичних цілях

Вирощування *Populus* spp. має свою унікальну історію. Штофель К. [29] писав, що їх в Європі розпочали культивувати з початку 1750-х рр. Швидкорослий деревний культивар помірного клімату, на сьогоднішній день є породою, яка має особливе значення не тільки в благоустрої, лісовому господарстві, а й у галузі енергетики для створення плантаційних насаджень

[25, 30, 32, 38].

Окрім всього, використання деревини в енергетичних цілях зростає і, за розрахунками вчених, зростає до 600 млн м³ у 2030 р. [39]. Високопродуктивні насадження *Populus* на окультурених та родючих ґрунтах здатні формувати до 25 т/га сухої біомаси за вегетаційний період [36, 40, 42, 44], що переконливо доводить про потребу використання її насаджень як енергетичного джерела на рівні з іншою біоенергетичною породою – *Salix*. *Populus* вирощується за подібною з *Salix* агротехнікою, а також аналогічних умовах [2, 4, 14], що імовірно пов'язано з їх ботанічною близькістю: вони належать до родини *Salicaceae*. Враховуючи вище сказане, маються деякі відмінності у технології виробництва рослинної продукції. Основні з них полягають у тому, що тополі формують максимальний приріст фітомаси у віці 6 до 10 років, а *Salix* – у віці 4 роки [3].

В Італії, заготівля біомаси із енергетичних плантацій *Populus* здійснюється щорічно. Садивний матеріал висаджують полосами із відстанню 1,50 м між ними і між рядками приблизно 75 см; а відстань між живцями – 45 см. Густота насадження за згаданої схеми висаджування складає до 13 тис. мікропагонів на одиницю площі (га). Товщина стовбура енергетичних рослин на момент збирання біомаси становить до 30 мм, а у виключних випадках – 60-80 мм [5-6, 9, 28]

Інколи проводять зрізування біомаси на 2 або 3 рік. При цьому, густота насадження складає до 7 тис. живців на 1 га. Посадковий матеріал висаджують рядками, з відстанню у міжряддях 300 см, між рослинами в рядку –50-60 см. Діаметр стебел на період збирання врожаю становить 100-120 мм [3, 16, 28].

У деяких державах використовують середньоротаційні плантації. При цьому, періодичність зрізування – 5-6 років, а густота садіння до 1700 шт мікропагонів на га. Відстань між рядками 300 см, а в рядку –200 мм. Товщина стебла на період збирання – 150 мм на висоті 1,3 м [35, 45].

В Італії відмічається тенденція до переходу від однорічного циклу

енергетичних плантацій до дворічного ротації. Названий перехід уповільнювався відсутністю достатньої кількості технічних засобів для збирання товстих стебел.

На сьогоднішній день згадана проблема вирішується шляхом використання потужніших збиральних машин та використання відповідної схеми висаджування посадкового матеріалу. Вирішення названих проблем сприяло широкому використанню технології середньої ротації, перевагою якої є те, що такі насадження можуть бути сформовані на похилій території, на якій складно або неможливо використовувати звичайну техніку, але є можливість під час збирання біомаси застосовувати лісозаготівельні транспортні засоби [30, 38]. Окрім всього, використання середньоротаційної технології забезпечує умови для скорочення транспортних витрат [8, 14]. Короткоротаційні біоенергетичні насадження, враховуючи велику кількість садивних місць, необхідно створювати з використанням здерев'янілого садивного матеріалу.

У середньо-ротаційних насадженнях, то для активізації процесу накопичення біомаси і скорочення часу щодо виробництва рослинної маси, для їх створення необхідно застосовувати не живці, а вкорінений посадковий матеріал [41, 43].

Для виробництва однорічного садивного матеріалу *Populus* використовують здерев'янілі мікропагони різних розмірів. Зокрема, для бідних супіщаних і суглинкових ґрунтах Полісся України оптимальними є живці довжиною 0,25 м [4], на забруднених ґрунтах – 0,60 м [16].

Для вирощування саджанців *Populus* в умовах закритого ґрунту використовують живцевий матеріал довжиною 50-100 мм [16, 23, 37]. Щодо періоду садіння посадкового матеріалу у відкритий ґрунт, то вчені рекомендують висаджувати його рано навесні [2, 33-35], а дехто вважає, що садіння можна здійснювати як навесні, так і восени.

Лісоплантаційні насадження *Populus* в оптимальних ґрунтово-кліматичних умовах здатні накопичувати до 25 т/га сухої речовини [23], що

свідчить про доцільність використання таких насаджень як джерела енергії.

Максимальну кількість сухої речовини *Populus* формують у віці 4-8 років [3, 5-6, 10].

Із деревини *Populus* в Україні виробляють папір, фанеру, сірники, тару, штучну тканину, тріски, вугілля деревне, деякі кухонні приналежності (дошки для оброблення продуктів), держак для садового інвентарю, будівельні матеріали для обробки, а також пускають її на паливо. А за кордоном з деревини *Populus* виготовляють клеєний щит, облицьовують його натуральним шпоном цінних порід і виготовляють вартісні меблі [13, 15, 18-19].

РОЗДІЛ 2. ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ ТА УМОВИ ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт, предмет та методи досліджень

Об'єкт дослідження – агротехнічний процес виробництва однорічного садивного матеріалу *Populus x canadensis* для захисних насаджень та створення енергетичних плантацій в умовах Лісостепової зони України.

Предмет дослідження – особливості виробництва посадкового матеріалу *Populus x canadensis* умовах Лісостепової зони України.



Рис. 2.1. *Populus x canadensis* [49, 56]

P. x canadensis не є природним видом (рис. 2.1). Це гібрид *Populus deltoides* Marsh та *Populus nigra* L., виведений у Канаді ще в 17 столітті. Через швидке розмноження саме він витіснив у Європі *P. nigra* [18].

Дерева у висоту до 30 м і більше, мають широку крону. Центральний провідник у них прямий. Кора у *Populus* шорстка і сіра, а листкова пластинка трикутна, яка має зубчасті краї. Листок звужується до кінчика і тримається на короткому черешку довжиною до 30 мм [12, 19].



Рис. 2.2. Квіти *P. x canadensis* [49]

Весняні бруньки у тополі клейкі і бурі, великого розміру. Квітне *P. x canadensis* досить рано, утворюючи сережки у квітні, до появи листя (рис. 2.2). Квітки *P. x canadensis* не містять нектару, а тому не приваблюють комах. Запилення (анемофілія) – відбувається за допомогою вітру. Пилок швидко досягає (1–2 дні), він дрібний, сухий і активно висипається із пиляків. *P. x canadensis* розпочинає квітування у 12-15 -річному віці [13, 19]

Насіння у *P. x canadensis* довжиною до 2 мм, світло-сірого чи світлозеленуватого кольору, вкрите воно плівкою і має невеликий зародок. У ньому відсутні запаси поживних речовин [52]. В 1 г міститься приблизно до 10 тис. насінин. За оптимальних умов, насіння здатне швидко проростати (12-14 годин), але у сухих - швидко втрачає посівні якості [11, 49].

У виробництві відомі декілька декоративних форм, які мають особливе значення для озеленення та благоустрою території:

- *Populus x canadensis* 'Serotina Aurea'
- *Populus x canadensis* 'Robusta'
- *Populus x canadensis* 'Gelrica'
- *Populus x canadensis* 'Regenerata'

У процесі проведення експериментальної роботи використано такі методи: біометричні (визначення висоти, маси наземної та кореневої системи, площі листкового апарату), статистичні - для оброблення отриманих результатів дослідження.

2.2. Умови і методика досліджень

Експериментальна робота по вирощуванню саджанців (*P. x canadensis*) для енергетичних цілей проводилася в умовах лабораторії «Ландшафтного дизайну» каф. садово-паркового та лісового господарства впродовж 2024 року.

Вихідним матеріалом для отримання горшечкової культури *P. x canadensis* були здерев'янілі мікропагони. Заготівлю живцевого матеріалу здійснювали із маточних рослин віком 9 років.

Для експериментальної роботи використовували стеблові мікропагони *P. x canadensis* місцевої репродукції. Стеблові живці нарізали до набрякання бруньок. Розмір мікропагона становив 8–11 см. Їх витримували у воді впродовж 2 год. Укорінення садивного матеріалу здійснювали в суміші піску та польового ґрунту. Схема експерименту охоплювала варіанти, де чинниками була різна товщина живців. Мікропагони нарізали з медіальної частини однорічної гілки в III декаді березня. Живці висаджували вертикально в контейнери об'ємом 1,0 л. Глибина садіння мікропагонів складала 5–7 см – так, щоб вони виступали над поверхнею ґрунтосуміші на 3–4 см. На кожен варіант було заготовлено 85 шт. живців.

Дослід, де аналізувався вплив діаметру садивного матеріалу на біометричні показники саджанців *P. x canadensis*, мав три варіанти: 1) 7 мм; 2) 9 мм; 3) контроль (14 мм).

Догляд за рослинами у вегетаційний період зводився до регулярного поливу субстрату та видалення бур'янистої рослинності.

Експериментальна робота проводилася згідно методики щодо розмноження рослин [20-21, 24].

Обробку результатів проводили методом математично-статистичного аналізу з використанням існуючих програм.

РОЗДІЛ 3. ВИРОБНИЦТВО ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ НАСАДЖЕНЬ

3.1. Вплив діаметру садивного матеріалу на біометричні показники рослин *P. x canadensis*

Вегетативне розмноження рослинних організмів є достатньо поширеним в природі, але ще частіше його використовує людина при розмноженні сільськогосподарських та декоративних рослин [1].

Зокрема, *Populus* - дерево невибагливе, легко розмножується генеративним та вегетативним способом (живцюванням).

У 2024 році в умовах закритого ґрунту навчальної лабораторії була виконана пошукова робота по вивченню особливостей кореневласного розмноження *P. x canadensis* з метою отримання саджанців для створення енергетичних плантацій (табл. 3.1-3, рис. 3.1).

На думку Висоцької Н. Ю. [3] живцевий матеріал *P. x canadensis* відносно швидко окорінюються завдяки вмісту в рослинному організмі гормональної сполуки, що сприяє відтворенню кореневої системи.

Таблиця 3.1

Вплив товщини стеблових мікропагонів *P. x canadensis* на процес відновлення кореневої системи

№	Товщина живця, мм	Укорінення, %	± до контролю
1.	7	99	-
2.	9	100	+ 1
3.	Контроль (14 мм)	100	+ 1

При цьому, результати пошукової роботи свідчать (табл. 3.1), що заготовляти мікропагони досліджуваного культивуру доцільно до набрякання бруньок, а на показник окорінення не впливає товщина живця.

За спостереженнями автора кваліфікаційної роботи, в умовах лабораторії утворення кореневої системи у мікропагонів відбувається протягом 15-18 діб, а початок формування коренів починається на 4-7 день у вигляді калюсу, а потім утворюється коренева система на живцях, занурених у субстрат.



Рис. 3.1. Вирощений садивний матеріал *P. x canadensis*

Таблиця 3.2

Вплив товщини мікропагонів на якісні показники рослин *P. x canadensis*

Варіант	Показники					
	Висота, см	± до контролю	Маса, г			
			кореневої системи	% до контролю	надземної частини	% до контролю
7	21,3	- 36,2	7,7	38,9	13,26	31,4
9	37,8	- 19,7	10,2	51,5	23,66	56,1
Контроль (14 мм)	57,5	-	19,8	-	42,2	
НІР ₀₅	4,07		1,95		2,54	

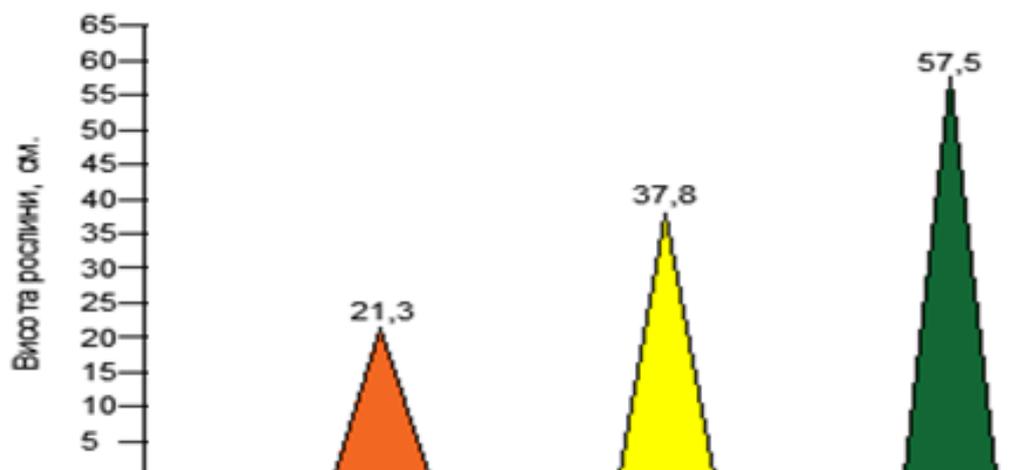


Рис. 3.2. Висота рослин *P. x canadensis*

За використання мікропагонів товщиною 7 мм висота садивного

матеріалу становила 213 мм, а в контрольному варіанті (1,4 см) – 575 мм, що на 362 мм більше (табл. 3,2, рис. 3.2). При цьому, між контрольним та дослідними варіантами спостерігалася вірогідна різниця ($HP_{05} 4,07$).

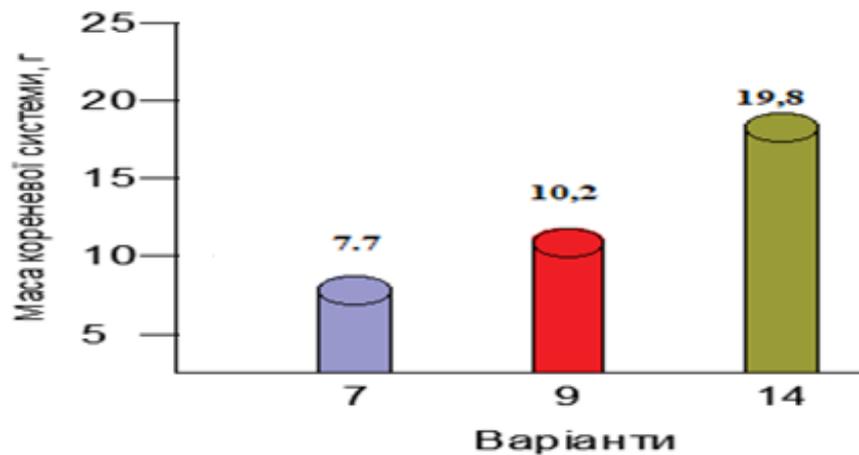


Рис. 3.3. Маса кореневої системи посадкового матеріалу *P. x canadensis*



Рис. 3.4. Коренева система *P. x canadensis*

Окрім всього, в експериментальній роботі вивчали залежність між товщиною мікропагонів та масою кореневої системи (рис. 3.3-4). При використанні живцевого матеріалу товщиною 14 мм вага кореневої системи становила 19,8 г, що на 36,7 та 50,3 % більше порівняно з пошуковими варіантами, де були заготовлені мікропагони товщиною 0,7 і 0,9 см (HP_{05} становив 1.95).

Досліджуючи кореневу систему за різного діаметру живців, бачимо, що розмір живцевого матеріалу впливає на ступінь її розвитку. При цьому, в садивного матеріалу товщиною 1,4 см утворюється більш розгалужена

коренева система в порівнянні з пошуковими варіантами, що впливає на поглинання поживних речовин, а також ріст рослин *P. x canadensis*.

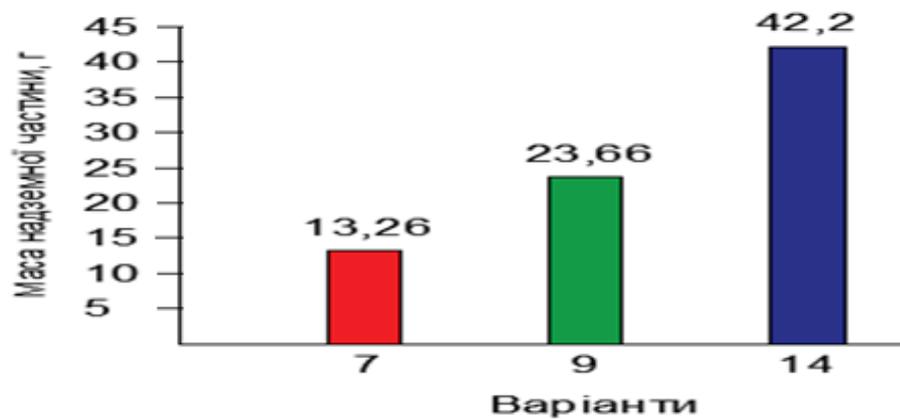


Рис. 3.5. Маса надземної частини рослин *P. x canadensis*

У процесі розгляду впливу розміру живцевого матеріалу на масу надземної частини саджанців *P. x canadensis* (рис. 3.5) була виявлена істотна різниця за варіантами ($HP_{05} 2,54$). У посадкового матеріалу вага надземної частини рослин була в межах 13,25 – 42.2 г. Згадуваний показник у пошукових варіантах був на 31,4-56,1% меншим у порівнянні із контролем.

При цьому, було встановлено, що рослини контрольного варіанту мають ліпший названий показник, ніж на експериментальних. Зафіксовано, що за умов збільшення розмірів мікропагонів відмічався ріст маси надземної частини, що впливало на фізіологічні процеси щодо фотосинтезу та обміну органічної речовин, а також на ступінь розвитку рослинного організму у подальшому.

Отримані результати досліджень свідчать, що розмір живцевого матеріалу безпосередньо впливає не тільки на довжину рослин досліджуваного культивуру, але й на вагу надземної та кореневої системи.

Пошуковим шляхом було встановлено, що максимальні показники рослин *P. x canadensis* зафіксовані в контролі, де розмір живців становив 1,4 см.

Таким чином, для вирощування посадкового матеріалу енергетичної культури із нетравмованою кореневою системою слід використовувати

мікропагони товщиною 14 мм.

Отримані результати корелюють з результатами досліджень цілого ряду авторів [85; 185], які теж вказують на необхідність застосування мікропагонів *P. x canadensis* товщиною 14 і більше мм.

3.2. Вплив товщини живця на формування листкової поверхні.

Фотосинтез є одним з найважливіших і вирішальних фізіологічних процесів, який відіграє важливу роль у житті рослини та людини. Названий процес відбувається в листях і за рахунок нього утворюється до 95% органічної речовини. Листкова поверхня поглинає в основному видиму і ультрафіолетову частину сонячного світла з довжинами хвиль від 320 до 700 нм, В умовах відкритого ґрунту із загальної кількості сонячної енергії, що надходить до рослинних організмів, на процес фотосинтезу використовується приблизно 1-2%, а решта її - перетворюється на тепло, яке витрачається на нагрівання листя і транспірацію.

У своїх дослідженнях ми розглядали питання щодо впливу розміру мікропагона на особливості формування фотосинтетичного апарату (табл. 3.3 і рис. 3,6)

Таблиця 3.3

Якісні показники листкової поверхні рослин *P. x canadensis*

Варіант	Висота рослин, см	Маса листя, г	± до контролю	Площа листя, см ²	% до контролю
7	21,3	7,03	11,67/37,6	340,8	37,6
9	37,8	10,8	7,9/57,8	523,6	57,8
Контроль (14 мм)	57,5	18,7		906,7	
НІР ₀₅		1,32		43,19	

У процесі дослідження впливу розміру живця на масу та площу листкової поверхні посадкового матеріалу була виявлена вірогідна різниця (НІР₀₅ 1,32 та 43,09).

Маса листя на експериментальних варіантах знаходилася в межах 7,03-10,8 г, що було на 11,67 та 7,9 г менше в порівнянні з контрольним варіантом.

Автором було виявлено, що в контрольному варіанті рослини мають

ліпші біометричні показники, ніж в дослідних варіантах. За умови збільшення розміру мікропагона спостерігалось збільшення маси листової поверхні, що можливо впливатиме на ростові процеси рослинного організму.

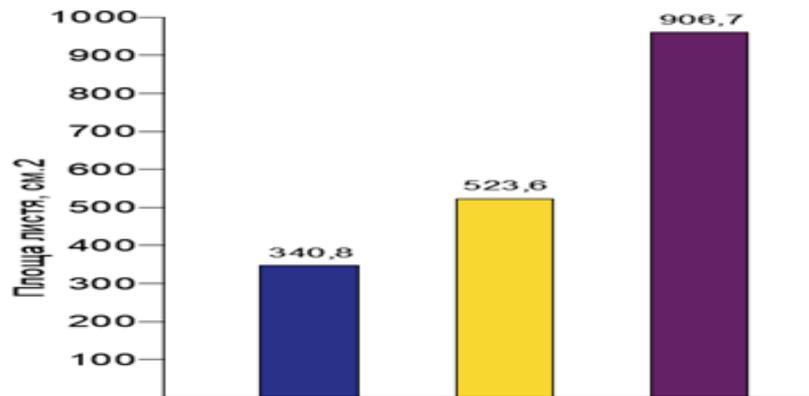


Рис. 3.6. Особливості формування фотосинтетичного апарату рослин *P. x canadensis*

У процесі виконання експерименту також вивчався вплив розміру заготовлених живців на особливості росту фотосинтетичної поверхні (рис. 3.6).

Під час дослідницької роботи щодо впливу розміру живця на площу листової поверхні вкорінених мікропагонів була виявлена вірогідна різниця ($HP_{05} 43,19$). На рослинах контрольного варіанту площа фотосинтетичної поверхні становила 906,7 см², що 37,6 та 57,8 % більше в порівнянні з дослідними варіантами.

При цьому, автором було довели, що в пошукових варіантах рослини мають гірший згадуваний показник, ніж у контролі. За умов збільшення товщини живців відмічалось ріст площі листової поверхні, що позитивно впливало на обмін речовин та інші фізіологічні процеси.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. *Populus × canadensis*, як одна з швидкорослих лісових порід вирощується для виробництва деревини, але в останні роки його використовують для лісоплантаційного вирощування.
2. Кліматичні умови північно-східної частини України є сприятливими для виробництва кореневласного садивного матеріалу *Populus × canadensis*.
3. Згадуваний таксон належить до легкокоріньованих порід.
4. Результати пошукової роботи доводять, що на біометричні показники посадкового матеріалу експериментального виду впливає товщина мікропагона:
 - висота садивного матеріалу на контрольному варіанті (14 мм) становила 57,5 см, що на 33,4 та 63 % більше в порівнянні з дослідними варіантами;
 - при використанні живцевого матеріалу товщиною 14 мм вага кореневої системи становила 19,8 г, що на 12,1 та 9,6 см більше порівняно з пошуковими варіантами, де були заготовлені мікропагони товщиною 7 і 9 мм;
 - площа листя на рослинах дослідних варіантів знаходилося в межах 340,8-523,6 см², що на 565,9 та 383,1 см² менше в порівнянні з контролем.

При вирощуванні садивного матеріалу *P. x canadensis* пропонуємо використовувати живці товщиною приблизно 14 мм. Для створення біоенергетичних плантацій рекомендуємо використовувати згадуваний таксон, перевагою якого є властивість формувати значну кількість фітомаси, простота вирощування посадкового матеріалу та невибагливість до екологічних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Батигіна Т. Б., Васильєва В. Є. Розмноження рослин. Київ, 2002. 232 с.
2. Боровик Г. Енергетичний гай. *Агросектор*. 2007. № 2 (17). С. 4-5.
3. Висоцька Н. Ю. Технології та агротехніка створення біоенергетичних плантацій тополь та верб в Україні. Досвід та напрацювання Українського НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип. 155. С. 122-126.
4. Габрель М. С. Производство твердого биотоплива в Украине: состояние и перспективы развития *Научный вестник Национального лесотехнического университета Украины*. Львов: РВВ НЛТУ, 2011. Вып. 21.9. С. 126-131.
5. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Кучерук П. П. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Аналітична записка БАУ №9. *Біоенергетична асоціація України*. 2014. С. 32.
6. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ №10. *Біоенергетична асоціація України*. 2014. С. 33.
7. Гордієнко М. І., Маурер В. М., Ковалевський С. Б. Методичні вказівки до вивчення та дослідження лісових культур: навчальне видання. Київ, 2000. 101 с.
8. Дебринюк Ю. М. Плантаційні лісові насадження як об'єкти невичерпного виробництва енергетичної біомаси. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009, № 116. С. 170–178.
9. Дебринюк Ю. М. Концептуальні засади плантаційного лісовирощування в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2013, № 11. С. 25–33.
10. Дебринюк Ю. М. Плантаційні лісові культури як елемент інтенсифікації лісогосподарського виробництва в Україні. *Науковий вісник Укр ДЛТУ*. 2004. Вип. 14.5. С. 155–161.
11. Заячук В. Я. Дендрологія: підручник. Львів: Апріорі, 2008. 656 с.
12. Заячук В. Я. Дендрологія: підручник. Львів: Сполом, 2014. 675 с.

13. Заячук В. Я. Дендрологія: підручник. Кмів: Вища школа, 2019. 675 с.
14. Іщук Л. П. Перспективи використання автохтонних видів родини *Salicaceae* Mirbel. як енергетичних культур. *Нетрадиційні, нові і забуті види рослини: теоретичні і практичні аспекти вирощування: матеріали I Міжнародної наукової конференції* (Київ, 10-13 вересня, 2013 г.). Київ: Книгоноша, 2013. С. 254-257.
15. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія: навч. посіб. Київ: Вища школа, 2003. 199 с.
16. Кирилко Я. О., Фучило Я. Д. Вплив виду садивного матеріалу на ефективність створення насаджень тополі в умовах Правобережного Лісостепу. *Bioenergy*. № 1-2 (21-22). 2023. С. 30–33.
17. Кохановський В. М., Коваленко І. М. Декоративна дендрологія: навч. посіб. Суми: "Сумський національний аграрний університет", 2013. 283 с.
18. Кохановський В. М., Мельник Т. І., Коваленко І. М., Мельник А. В. Декоративна дендрологія: навч. посіб. Суми: ФОП Цьома С. П., 2020. 263 с.
19. Лукашук Г. Б. Дендрологія. Львів: Львівська політехніка, 2020. 348 с.
20. Маурер В. М., Кушнір А. І. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України. К.: НУБіП, 2008. 55 с.
21. Маурер В. М., Пінчук А. П., Косенко Ю. І. Сучасні технології лісового насінництва та деревного розсадництва: навч. посіб. Київ: НУБіП України, 2018. 188 с.
22. Маурер В. М., Пінчук А. П., Бобошко-Бардин І. М., Косенко Ю. І. Декоративне розсадництво: підручник. Київ: Профкнига, 2019. 296 с.
23. Проскурина О. В. Перспективи виробництва і використання біопалива в Україні. *Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності*. 2011. № 1. С. 12-15.
24. Роговський С. В., Масальський В. П., Лавров В. В. Сучасні технології в розсадництві навчально-методичний посібник до вивчення дисципліни для студентів агробіотехнологічного факультету. Біла Церква, 2018. 192 с.

25. Роїк М. В., Фучило Я. Д., Ганженко О. М. Теоретичні та прикладні аспекти використання агролісомеліоративних насаджень України в енергетичних цілях. *Біоенергетика*. № 1 (17). 2021. С. 5–8.
26. Сударікова Юлія. Екзотичні дерева, кущі та ліани в ландшафтах України. Київ, 2019. 336 с.
27. Фучило Я. Д., Ониськів М. І., Сбитна М. В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. Київ: ННЦ ІАЕ, 2006. 394 с.
28. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування в Україні: перспективи розвитку. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2008. № 6. С. 97–99.
29. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ: Логос, 2012. 463 с.
30. Фучило Я. Д., Літвін В. М., Сбитна М. В. Біологічні, екологічні та технологічні аспекти плантаційного вирощування тополі в умовах Київського Полісся. К.: Логос, 2012. 214 с.
31. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило Д. Я. Вплив товщини зимових живців чорних тополь на їх укорінення і ріст живцевих саджанців. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. 2014. № 198. С. 122–126.
32. Фучило Д. Я. Добір культиварів тополі для плантаційного вирощування в умовах свіжої судіброви Київського Полісся. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2015. Вип. 25.5. С. 106–110.
33. Фучило Я. Д., Бордусь О. О., Кукош О. Ю., Кирилко Я. О. Агротехнічні аспекти вирощування однорічних живцевих саджанців чорних тополь у Правобережному Лісостепу. *Лісовирощування: історична та інноваційна діяльність у галузі лісового господарства*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 200-річчю з дня народження В. Є. фон Граффа (15 листопада 2019 р., м. Овруч). Малин: Вид-во МЛТК, 2019. С. 87–90.

34. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М., Гументик М. Я. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних плантацій верби та тополі. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 24 с.
35. Фучило Я. Д., Іванюк І. Д., Бордусь О. О. Особливості вирощування живцевих саджанців тополі на вилугованих чорноземах Правобережного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022, т. 32, № 3. С. 19-25.
36. Фучило Я. Д., Кирилко Я. О., Іванюк І. Д. Ріст і продуктивність енергетичних плантацій тополі в умовах Правобережного Лісостепу. *Біоенергетика*. № 1-2 (19-20). 2022. С. 57–60.
37. Ishchuk L. P. Peculiarities of energy plantation forming in Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Conservation of plant diversity: International scientific 3 edition 22-24 May 2014 Chisinau, Republic of Moldova*. Chisinau: Tipografia Academiei de Stiinte a Moldovei, 2014. P. 93-95.
38. Ishchuk L. P. Peculiarities of energy plantation forming in Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Revista Journal of botany*. 2014. Vol. VI, Nr. 1(8). P. 91-96.
39. Fuchylo, Ya. D., Sbytina, M. V., Fuchylo, O. Ya., & Litvin, V. M. (2009). Experience and prospects of growing poplar (*Populus sp. L.*) in the Southern Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 66–69.
40. Fuchylo, Ya. D., Litvin, V. M., & Sbytina, M. V. (2012). Biological, ecological and technological aspects of poplar plantations cultivation in the conditions of Kyiv Polissya: monograph. Kyiv: Logos, 214 p.
41. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M., Hanzhenko, O. Met al. (2018). Methodology of research of power plantations of willows and poplars: monograph. Kyiv: Comprint, 137 p.
42. Кирилко Я. О., Фучило Я. Д. Особливості формування енергетичної біомаси плантаціями тополі на вилугованих чорноземах Центрального Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. № 3. <https://doi.org/10.21498/na.9.2021.261719>

43. Фучило Я. Д., Кирилко Я. О. Продуктивність енергетичних плантацій тополі на малогумусних чорноземах Лісостепу України. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2022. Вип. 24. С. 129–135. <https://doi.org/10.15421/412211>
44. Кирилко Я. О., Фучило Д. Я. Особливості формування енергетичної біомаси плантаціями тополі на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. № 3. <https://doi.org/10.21498/na.9.2021.261719>
45. Энергетическая стратегия Украины до 2030 URL:<http://www.mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (Accessed on 10.06.2015).
46. Закон України № 1391-XIV "Про альтернативні види палива" діюча редакція від 21.05.2009 р. URL: <http://www.zakon.rada.gov.ua>. (Accessed on 15.07.2015).
47. Інвестиційний форум "Україна - Німеччина: проекти в біоенергетиці", Київ, 21-22.07.2010 г. URL: <http://www.east-west-bioenergy.net/investiciinii-forum>. (Accessed on 10.10.2015).
48. Тополя канадська [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=%sourceid=chrome&ie=UTF-8>
49. Осика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=Тополя+тремтяча%chrome&ie=UTF-8>
50. Тополя біла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=%chrome&ie=UTF-8>
51. Тополя берлінська [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=%sourceid=chrome&ie=UTF-8>
52. Тополя дельтоподібна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=%&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
53. Тополя бальзамічна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.google.com/search?q=%D1%82%&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
54. Тополя берлінська [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:

<https://blog.florium.ua/topol-i-ego-vyrashhivanie/>

55. *Populus* канадський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://dom.ukr.bio/ua/articles/8301/>

56. Тополя чорна [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <https://www.jardineriaon.com/wp-content/uploads/2014/11/populus-canadensis-1024x768.jpg.webp>