


УДК 633.9: 631.5

Урожайність та якість деревини павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України

 Л. М. Карпук*, В. А. Тітаренко

Білоцерківський національний аграрний університет, площа Соборна, 8/1, м. Біла Церква, Київська обл., 09100, Україна, *e-mail: lesya_karpuk@ukr.net

Мета. Визначити вплив удобрення, застосування кріопротектора та позакореневого підживлення на формування врожайності та якості павловнії. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на дослідній ділянці НВЦ Білоцерківського національного аграрного університету, що розташована в лісовому масиві Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Схема досліду: фактор А – удобрення: 1) без добрив, 2) органічне добриво Вермикомпост (400 кг/га) до закладання плантації; фактор Б – обробка рослин кріопротектором: 1) без кріопротектора, 2) кріопротектор Марс-EL (0,5 л/га) на початку відростання листків; фактор В – позакореневе підживлення: 1) без обробки, 2) Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га), 3) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га). **Результати.** Наприкінці першого, другого й третього року вегетації рослин павловнії середній діаметр стовбура становив 8,8; 12,2 та 17,3 см відповідно. Застосування органічного добрива сприяло зростанню цього показника в середньому на 3,0; 1,5 та 1,7 см, а кріопротектора – на 0,3; 0,3 та 0,4 см за роками відповідно. Загалом же найбільші значення діаметра стовбура в досліді одержано у варіантах поєднання добрива Вермикомпост, кріопротектора Марс-EL та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост чи SmartGrow Відновлення: перший рік – 10,5–10,6 см, другий – 13,1–13,2 см, третій рік – 18,4 см. Упродовж першого, другого та третього року вегетації павловнії в середньому по досліді на одну рослину формувалось відповідно 3,0; 12,9 та 26,7 кг сухої речовини. При цьому застосування добрива забезпечувало приріст показника на рівні 0,7; 1,7 та 3,8 кг/рослину, а кріопротектора – 0,3; 0,6 та 1,2 кг/рослину за роками відповідно. Аналогічно до діаметра стовбура, маса сухої речовини, накопичена однією рослиною, найбільшою була у варіантах комбінованої дії всіх факторів досліду: перший рік – 3,58–3,60 кг, другий – 14,1–14,2 кг, третій – 29,4 кг. **Висновки.** Урожайність сухої маси павловнії у перший рік вегетації становила в середньому по досліді 1,88 т/га, при цьому удобрення забезпечувало приріст показника на рівні 0,45 т/га, а кріопротектор – 0,19 т/га; на другий рік – 8,04 т/га із приростами за факторами 0,45 та 0,19 т/га, а на третій рік – 16,68 т/га із приростами за факторами 2,40 та 0,73 т/га відповідно. В усі роки досліджень найвищі показники врожайності сухої маси відзначено у варіантах поєднання органічного добрива, кріопротектора та позакореневих підживлень: перший рік – 2,24–2,25 т/га, другий – 8,80–8,90 т/га, третій рік – 18,40 т/га. Уміст целюлози в рослинах павловнії в середньому за роки досліджень становив 43,8 %, лігніну – 20,3 %. Застосування органічного добрива забезпечувало приріст цих показників відповідно на 1,05 і 0,29 %, а кріопротектора – на 0,41 і 0,24 %. Найвищі ж значення як щодо вмісту целюлози (44,5 %), так і лігніну (20,7 %) відзначено у варіантах комбінованого застосування всіх трьох факторів досліду. За вмістом золи середній по досліді показник був 1,1 %, а відхилення ознаки не залежали від впливу факторів досліду (різниця була в межах похибки досліду).

Ключові слова: органічне добриво; кріопротектор; позакореневе підживлення; діаметр стовбура; маса сухої речовини; вміст целюлози; вміст лігніну; вміст золи.

Вступ

Сьогодні павловнія (*Paulownia*) є досить цікавою та перспективною культурою технічного напрямку переробляння. Її деревина, хоч і відносно низької якості, може бути отримана вже із 6–7-річних дерев, проте для отримання більш високоякісної продукції рекомендується збільшувати час культивування плантацій до 10 років. Повністю сформоване дерево павловнії може досягати заввишки від 10 до 20 метрів і мати за ідеальних умов щорічні прирости до 3 м. Стовбур 10-річного дерева може мати діаметр 30–40 см на висоті грудей і об'єм деревини 0,3–0,5 м³ [1, 2].

Кожне дерево павловнії може забезпечити кубометр деревини у віці 5–7 років, окрім того, вона може рости в інтенсивних плантаціях із загущенням до 2000 дерев/га. Тому можна розрахувати, що річний приріст біомаси становитиме 330 т/га, а більш консервативний показник – приблизно 150 т/га [3–5].

Деревина павловнії м'яка, легка, з кільцеподібними порами, прямозерниста і здебільшого без сучків, з атласним блиском. Її середня питома маса становить 0,35 г/см³. Деревина павловнії легко сушиться на повітрі без серйозних дефектів сушіння. Вона має високий коефіцієнт міцності, низький коефіцієнт усадки і не схильна до викривлення або розтріскування [6–8].

Властивості обробки та перероблення цієї деревини є дуже високими. У Китаї та деяких інших азіатських країнах деревина павловнії використовується для різноманітних цілей – виготовлення меблів та музичних інструментів, у будівництві, суднобудуванні, авіації тощо [9]. Вона здебільшого продається для спеціальних виробів з масиву дерева, орієнтовано-стружкових плит, шпону та для виробництва целюлози для виготовлення високоякісного паперу [10–12]. Кора в китайській народній медицині використовується як складова частина засобів для лікування деяких інфекційних захворювань [13].

Незважаючи на загальну ефективність вирощування павловнії, важливим залишається питання: чи здатні її плантації за доволі короткий термін експлуатації забезпечити достатню кількість сировини, саме як продукту для подальшого отримання біоенергії. Адже для України наразі актуальним є саме пошук швидкорослих видів рослин, здатних кардинально підвищити збір біомаси та, відповідно, й вихід енергії з гектара площі порівняно з іншими традиційними культурами регіону.

Мета досліджень – визначити вплив удобрення, застосування кріопротектора та позакореневого підживлення на формування врожайності та якості деревини павловнії.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на дослідній ділянці Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету, розташованій в лісовому масиві Правобережного Лісостепу України (Київська обл.).

У досліді передбачалось вивчення таких факторів:

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення
Без добрива	Без кріопротектора	Без підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га)
	Марс-EL (0,5 л/га) на початку відростання листків	Без підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га)
Органічне добриво Вермикомпост (400 кг/га) до закладання плантації	Без кріопротектора	Без підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га)
	Марс-EL (0,5 л/га) на початку відростання листків	Без підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га)

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений типовим вилугуваним чорноземом середньої глибини з низьким умістом вологи, що містить грубий пил, природну глину, мул і пісок у співвідношенні 49,9–58,3; 30,6–34,4; 18,7–24,2 та 9,9–19,4 % відповідно. За агрохімічними характеристиками цей ґрунт містить 3,5 % гумусу, 98 мг/кг легкогідролізованого азоту, 147 мг/кг фосфору і 128 мг/кг калію, гідролітична кислотність становить 17 мг-екв/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину майже нейтральна (рН 6,7), ємність поглинання – 270 мг-екв/кг ґрунту.

Аналіз гідротермічних умов показав, що загалом вони були сприятливими для росту й розвитку павловнії. Оскільки в перший рік вегетації рослин добрі умови зволоження сприяли їх високій приживлюваності. Аналогічно, і на другий рік вегетації було відзначено сприятливі показники вологозабезпечення за помірного впливу температур повітря. Умови ж третього року вегетації були досить складними для багатьох сільськогосподарських культур через значний дефіцит вологи та вплив високих температур повітря. Проте завдяки тому, що рослини павловнії добре вкорінились,

вони перенесли дію екстремальних погодних умов без значної шкоди чи втрати ефективності ростових процесів.

Площа елементарної ділянки в досліді становила 120 м², повторність – триразова.

Вирощували сорт павловнії ‘Clone In Vitro 112’ зі схемою висаджування рослин 4 × 4 м, що забезпечує їх густоту 625 шт./га. На сьогодні це найбільш оптимальний та рекомендований спосіб формування промислових плантацій культури в Україні.

Експериментальні дослідження виконували відповідно до методик польового досліді та Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур [14].

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили, використовуючи програмні продукти Excel та Statistica 10 [15].

Результати досліджень

Зміни діаметра стовбура павловнії (табл. 1) визначали в процесі її безперервного вирощування впродовж трьох років, тобто без проведення технічних зрізів. Адже, за аналогією з іншими деревними біоенергетичними культурами, частота технічних зрізів не може бути меншою, ніж один раз на три-чотири роки вирощування.

Таблиця 1

Діаметр стовбура павловнії за впливу факторів досліді, см
(2021–2023 рр.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без добрива	Без кріопротектора	Без підживлення	7,0	11,2	16,1
		Квантум-АміНоФрост	7,2	11,4	16,2
		SmartGrow Відновлення	7,2	11,3	16,3
	Марс-EL	Без підживлення	7,4	11,5	16,6
		Квантум-АміНоФрост	7,5	11,7	16,7
		SmartGrow Відновлення	7,5	11,7	16,8
Вермикомпост	Без кріопротектора	Без підживлення	10,0	12,6	17,8
		Квантум-АміНоФрост	10,3	12,9	18,1
		SmartGrow Відновлення	10,3	12,8	18,2
	Марс-EL	Без підживлення	10,2	12,9	18,0
		Квантум-АміНоФрост	10,6	13,2	18,4
		SmartGrow Відновлення	10,5	13,1	18,4
		HP _{0,05}	0,2	0,4	0,7

Якщо проаналізувати закономірності зміни діаметра стовбура павловнії в перший рік її вирощування, то за середнього по досліді показника 8,8 см найбільші його прирости відзначено в разі застосування органічного добрива Вермикомпост. Зокрема, рослини у цих варіантах мали на 3,0 см товстіший стовбур, тоді як різниця між варіантами без та із застосуванням кріопротектора становила лише 0,3 см, а позакореневого підживлення – 0,2 см.

Попри те, що різні фактори досліді мали різний вплив на формування ознаки товщини стовбура, сумарна їх дія була найефективнішою: у варіантах поєднання добрива Вермикомпост з кріопротектором Марс-EL та Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення цей показник був найбільшим по досліді – 10,6 та 10,5 см відповідно.

Оскільки рослини не зрізали, то на другий рік вегетації формування товщини стовбура залежало як від приростів минулого року, так і впливу факторів поточного року. Середній діаметр стовбура становив 12,2 см, з приростами у разі застосування органічного удобрення та кріопротектора 1,5 та 0,3 см відповідно. Аналогічно до першого року вегетації, у варіантах поєднання органічного добрива з кріопротектором і позакореневим підживленням забезпечило найбільші значення досліджуваного біометричного показника.

На третій рік вегетації середній діаметр стовбура був на рівні 17,3 см, із приростами в разі застосування органічного удобрення 1,7 см, а кріопротектора – 0,4 см. Загалом же найвищі значення діаметра стовбура в досліді – 18,4 см одержано у варіантах поєднання Вермикомпост із кріопротектором Марс-EL та Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення.

Отже, за отримання щорічних лінійних приростів діаметра стовбура найістотніший вплив на ознаку спостерігався у варіантах внесення органічного добрива «Вермикомпост».

Щодо показника маси сухої речовини в рослинах павловнії, то в міру їх росту щорічно він лише зростав, і зміни факторів впливу минулого року до певної міри знаходили своє відображення в показниках наступного року вегетації (табл. 2).

Таблиця 2

**Маса сухої речовини в одній рослині павловнії
за впливу факторів досліду, кг (2021–2023 рр.)**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без добрива	Без кріопротектора	Без підживлення	2,50	11,7	24,0
		Квантум-АміНоФрост	2,54	11,8	24,3
		SmartGrow Відновлення	2,56	11,8	24,3
	Марс-EL	Без підживлення	2,74	12,2	25,0
		Квантум-АміНоФрост	2,78	12,3	25,4
		SmartGrow Відновлення	2,77	12,3	25,6
Вермикомпост	Без кріопротектора	Без підживлення	3,10	13,1	27,8
		Квантум-АміНоФрост	3,20	13,4	28,2
		SmartGrow Відновлення	3,22	13,4	28,0
	Марс-EL	Без підживлення	3,49	13,9	28,8
		Квантум-АміНоФрост	3,60	14,2	29,4
		SmartGrow Відновлення	3,58	14,1	29,4
HP _{0,05}			0,2	0,4	0,7

Упродовж першого року вегетації рослини павловнії формували в середньому по досліду 3,0 кг сухої речовини на одну рослину. При цьому застосування добрива забезпечували приріст показника на рівні 0,7, а кріопротектора – 0,3 кг/рослину. Аналогічно до діаметра стовбура, за комбінованої дії всіх факторів досліду, маса сухої речовини, накопичена однією рослиною, була найбільшою по досліду – 3,58–3,60 кг.

На другий рік вегетації середня маса сухої речовини в одній рослині становила 12,9 кг/рослину, із приростами у варіантах застосування органічного добрива на рівні 1,7, а кріопротектора – 0,6 кг/рослину. Проте, аналогічно попередньому року, за поєднання всіх факторів досліду, а саме – удобрення Вермикомпост, обробки рослин кріопротектором Марс-EL та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення, маса сухої речовини, накопичена однією рослиною, була найбільшою по досліду – 14,2 та 14,1 кг/рослину відповідно.

Отже, на відміну від першого року вегетації, відзначено зростання впливу саме органічного удобрення, адже рослини на другий рік росту потребують та споживають значно більше елементів живлення для формування приростів біомаси. Зростання внеску кріопротектора побічно свідчить, що на початку вегетаційного періоду у 2022 р. було більше днів з погодними умовами, здатними викликали стрес у рослин саме через вплив понижених температур повітря. Причому навіть не приморозків, а саме зниження температур повітря вночі до 5–8 °С, наслідком чого є уповільнення лінійного росту й розвитку павловнії.

На третій рік вегетації середня маса сухої речовини, накопичена в одній рослині павловнії, сягнула 26,7 кг, а удобрення плантацій органічним добривом забезпечувало приріст показника на рівні 3,8 кг/рослину. При цьому, через періоди з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зростає ще більше, і варіанти, де він вносився, забезпечували приріст накопичення сухої речовини 1,2 кг/рослину.

Саме комплексний вплив факторів досліду, як і в перші два роки вегетації, був найефективнішим за дією на накопичення сухої речовини рослинами павловнії. Зокрема, за поєднання усіх факторів досліду, а саме Вермикомпост + Марс-EL + Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення, показники маси сухої речовини, накопиченою однією рослиною, були найбільшими по досліду – 29,4 кг/рослину.

У продовження встановлення закономірностей впливу факторів досліду на формування індивідуального показника продуктивності – маси сухої речовини однієї рослини, визначено частки впливу факторів досліду (рис. 1).

За частками впливу факторів відзначено закономірно великий вплив удобрення та кріопротектора, як і поєднання комплексу факторів досліду. При цьому умови року також істотно визначають формування маси сухої речовини в рослинах павловнії.

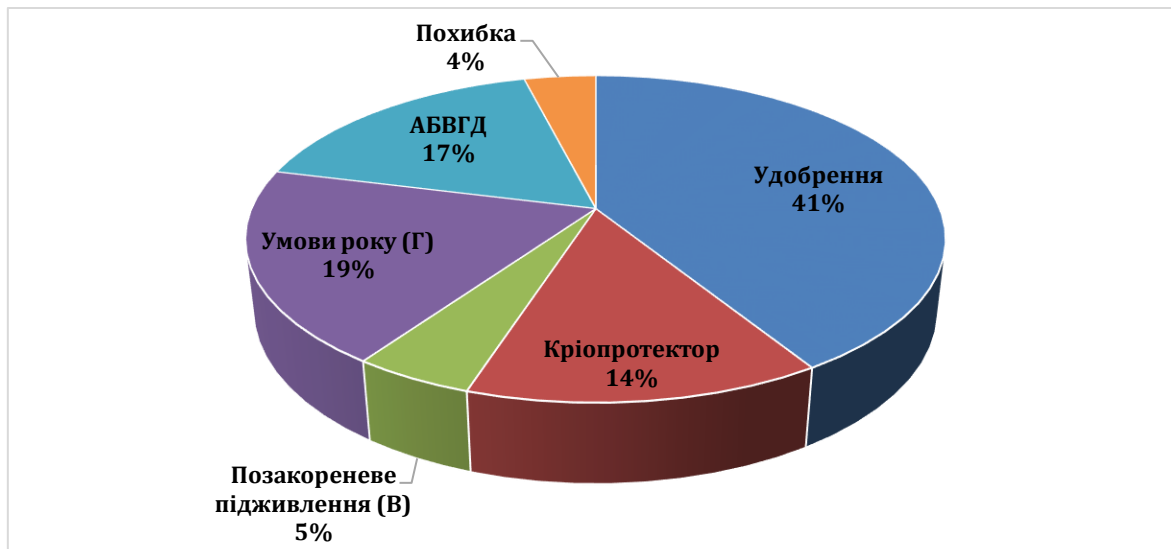


Рис. 1. Вплив факторів дослідження на масу сухої речовини в одній рослині павловнії

З агрономічного погляду, показником «ефективності роботи» рослинної системи фактично є врожай сухої речовини, отриманий з гектарної площі (табл. 3).

Таблиця 3

Урожай сухої речовини плантації павловнії за впливу факторів дослідження, т/га (2021–2023 рр.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без добрива	Без кріопротектора	Без підживлення	1,56	7,30	15,0
		Квантум-АміНоФрост	1,59	7,36	15,2
		SmartGrow Відновлення	1,60	7,40	15,2
Вермикомпост	Без кріопротектора	Без підживлення	1,71	7,60	15,6
		Квантум-АміНоФрост	1,74	7,70	15,9
		SmartGrow Відновлення	1,73	7,70	16,0
Удобрення	Марс-EL	Без підживлення	1,94	8,20	17,4
		Квантум-АміНоФрост	2,00	8,40	17,6
		SmartGrow Відновлення	2,01	8,40	17,5
Удобрення	Марс-EL	Без підживлення	2,18	8,70	18,0
		Квантум-АміНоФрост	2,25	8,90	18,4
		SmartGrow Відновлення	2,24	8,80	18,4
НІР _{0,05}			0,10	0,20	0,37

За підсумком першого року вегетації плантацій павловнії було визначено, що вони сформували в середньому за варіантами 1,88 т/га сухої речовини, при цьому удобрення забезпечувало приріст показника на рівні 0,45 т/га, а кріопротектор – 0,19 т/га.

За комбінованої дії всіх трьох досліджуваних факторів, а саме добрива Вермикомпост, кріопротектора Марс-EL та позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення, маса сухої речовини, накопичена в середньому плантацією павловнії, була найбільшою по дослідженню – 2,25 та 2,24 т/га відповідно.

В умовах 2022 року, врожайність сухої речовини павловнії зростає до 8,04 т/га, при цьому приріст від органічного добрива становив 1,06 т/га, а від кріопротектора – 0,39 т/га. Аналогічно попередньому року, найвищі показники отримано у варіантах поєднання всіх факторів дослідження – 8,80–8,90 т/га.

На третій рік вегетації врожайність сухої речовини сягнула 16,68 т/га, а удобрення плантацій органічним добривом забезпечувало приріст на рівні 2,40 т/га. Як і в разі формування індивідуальної сухої маси, через періоди з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зростає ще більше, і варіанти його застосування приріст сухої речовини становив 0,73 т/га.

Аналогічно до попередніх років вегетації, найефективнішим за впливом на формування врожайності сухої речовини рослинами павловнії були варіанти поєднання всіх трьох факторів досліджу – 18,4 т/га.

Отже, аналогічно до показників, отриманих при оцінюванні змін індивідуального накопичення сухої речовини, урожайність павловнії в міру дорослішання плантацій дедалі більше залежала від застосування органічного добрива. Зокрема, в перший рік приріст урожайності становив лише 0,45 т/га, тоді як другий і третій – 1,06 та 2,40 т/га відповідно. При цьому важливо враховувати також і роль кріопротектора, оскільки він визначає стійкість рослин павловнії до понижених температур на початку періоду вегетації та найістотніші прирости від його застосування спостерігались на другий (0,39 т/га) та третій (0,73 т/га) роки вегетації, що відповідало рокам з короткочасними пониженнями температури повітря після відновлення вегетації культури.

Оцінимо також закономірності впливу факторів досліджу на врожай сухої речовини з плантації павловнії (рис. 2).

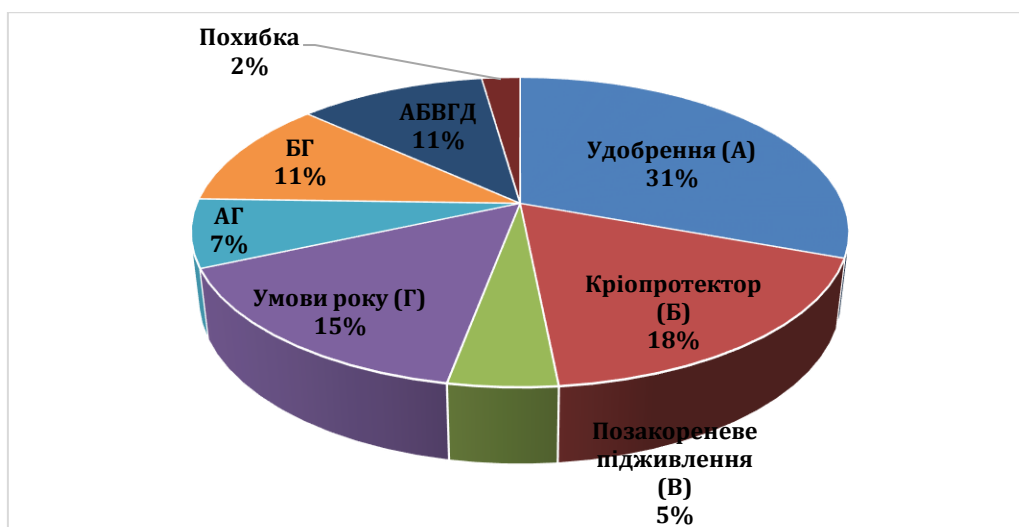


Рис. 2. Вплив факторів досліджу на врожай сухої речовини з плантації павловнії

Згідно з результатами дисперсійного аналізу, найістотніше на формування врожайності павловнії впливало основне удобрення з використанням Вермикомпоста (31 %), проте й частка кріопротектора була значною (18 %), саме завдяки рокам з пониженням температури повітря на початку вегетації павловнії. Водночас позакореневе підживлення як окремий фактор впливу визначало лише 5 % змін урожайності, хоча сумарна частка впливу та взаємодії факторів була також вагомою – 11 %.

Особливості формування якісних показників деревини павловнії – за вмістом у ній лігніну, целюлози та золи наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Вміст у біомасі павловнії целюлози, лігніну та золи за впливу факторів досліджу, % (середнє за 2021–2023 рр.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Целюлоза	Лігнін	Зола
Без добрива	Без кріопротектора	Без підживлення	42,7	20,2	1,10
		Квантум-АміНоФрост	43,1	19,9	1,07
	Марс-EL	SmartGrow Відновлення	43,2	19,9	1,10
		Без підживлення	43,4	20,5	1,11
		Квантум-АміНоФрост	43,4	20,5	1,10
		SmartGrow Відновлення	43,6	20,0	1,14
Вермикомпост	Без кріопротектора	Без підживлення	43,8	20,2	1,11
		Квантум-АміНоФрост	44,2	20,4	1,14
	Марс-EL	SmartGrow Відновлення	44,3	20,5	1,10
		Без підживлення	44,5	20,4	1,07
		Квантум-АміНоФрост	44,5	20,5	1,10
		SmartGrow Відновлення	44,5	20,7	1,08
НІР _{0,05}			0,32	0,17	0,14

Середній по досліді вміст целюлози в рослинах павловнії був на рівні 43,8 %, при цьому застосування органічного добрива забезпечувало приріст показника на 1,05 %, кріопротектора – на 0,41 %.

Щодо факторів досліді, то в усіх варіантах зі внесенням добрива отримано вищі показники вмісту целюлози. При цьому найефективнішим було поєднання таких факторів досліді, як Вермикомпост + Марс-EL за всіх варіантів позакореневого підживлення рослин – 44,5 %.

Середній по досліді вміст лігніну в рослинах павловнії становив 20,3 % із приростами в разі внесення органічного добрива та кріопротектора на рівні 0,29 та 0,24 % відповідно. При цьому найвищі показники вмісту лігніну в рослинах отримано у варіанті поєднання Вермикомпост + Марс-EL + SmartGrow Відновлення – 20,7 %.

За вмістом золи середній по досліді показник був 1,1 %, а відхилення ознаки не залежали від впливу факторів досліді. Тобто застосування органічного удобрення або інших препаратів, що вивчали, не впливало на зміни цього параметра якості біомаси рослин.

Висновки

Наприкінці першого, другого й третього року вегетації рослин павловнії середній діаметр стовбура становив 8,8; 12,2 та 17,3 см відповідно. Застосування органічного добрива сприяло зростанню цього показника в середньому на 3,0; 1,5 та 1,7 см, а кріопротектора – на 0,3; 0,3 та 0,4 см за роками відповідно. Загалом же найбільші значення діаметра стовбура в досліді одержано у варіантах поєднання добрива Вермикомпост, кріопротектора Марс-EL та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост чи SmartGrow Відновлення: перший рік – 10,5–10,6 см, другий – 13,1–13,2 см, третій рік – 18,4 см.

Упродовж першого, другого та третього року вегетації павловнії в середньому по досліді на одну рослину формувалось відповідно 3,0; 12,9 та 26,7 кг сухої речовини. При цьому застосування добрива забезпечувало приріст показника на рівні 0,7; 1,7 та 3,8 кг/рослину, а кріопротектора – 0,3; 0,6 та 1,2 кг/рослину за роками відповідно. Аналогічно до діаметра стовбура, маса сухої речовини, накопичена однією рослиною, найбільшою була у варіантах комбінованої дії всіх факторів досліді: перший рік – 3,58–3,60 кг, другий – 14,1–14,2 кг, третій – 29,4 кг.

Урожайність сухої маси павловнії у перший рік вегетації становила в середньому по досліді 1,88 т/га, при цьому удобрення забезпечувало приріст показника на рівні 0,45 т/га, а кріопротектор – 0,19 т/га; на другий рік – 8,04 т/га із приростами за факторами 0,45 та 0,19 т/га, а на третій рік – 16,68 т/га із приростами за факторами 2,40 та 0,73 т/га відповідно. В усі роки досліджень найвищі показники врожайності сухої маси відзначено у варіантах поєднання органічного добрива, кріопротектора та позакореневих підживлень: перший рік – 2,24–2,25 т/га, другий – 8,80–8,90 т/га, третій рік – 18,40 т/га.

Уміст целюлози в рослинах павловнії в середньому за роки досліджень становив 43,8 %, лігніну – 20,3 %. Застосування органічного добрива забезпечувало приріст цих показників відповідно на 1,05 і 0,29 %, а кріопротектора – на 0,41 і 0,24 %. Найвищі ж значення як щодо вмісту целюлози (44,5 %), так і лігніну (20,7 %) відзначено у варіантах комбінованого застосування всіх трьох факторів досліді. За вмістом золи середній по досліді показник був 1,1 %, а відхилення ознаки не залежали від впливу факторів досліді (різниця була в межах похибки досліді).

Використана література

1. Longbrake A. Ch. W. Ecology and invasive potential of *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae) in a hardwood forest landscape : diss. Ph. D. College of Arts and Sciences, 2001. 174 p.
2. Luca R., Camen D., Danci M., Petolescu C. Research regarding the influence of culture conditions upon the main physiological indices at *Paulownia shan tong*. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2014. Vol. 18, Iss. 4. P. 74–77.
3. Mohamad M. E., Awad A. A., Majrashi A. et al. *In Vitro* Study on the Effect of Cytokines and Auxins Addition to Growth Medium on the Micropropagation and Rooting of *Paulownia* Species (*Paulownia Hybrid* and *Paulownia tomentosa*). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 29, Iss. 1. P. 1598–1603. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.11.003
4. Navroodi I. H. Comparison of growth and wood production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan province (Iran). *Indian Journal of Science and Technology*. 2013. Vol. 6, Iss. 2. P. 84–88. doi: 10.17485/ijst/2013/v6i2.14

5. Niraj K. Y., Brajesh N. V., Henderson K. et al. A Review of Paulownia Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. *American Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 4, Iss. 11. P. 270–282. doi: 10.4236/ajps.2013.411259
6. Filipova L., Matskevych V., Karpuk L. et al. Features of Pavlovnia Plants Post-Septic Adaptation. *Proceedings of the Multidisciplinary Conference for Young Researchers* (Bila Tserkva, Ukraine, 22 November 2019). URL: <http://193.138.93.8/handle/BNAU/3293>
7. Özelçam H., İpçak H. H., Özüretmen S., Canbolat Ö. Feed value of dried and ensiled paulownia (*Paulownia* spp.) leaves and their relationship to rumen fermentation, *in vitro* digestibility, and gas production characteristics. *Revista Brasileira DeZootecnia*. 2021. Vol. 50. Article e20210057. doi: 10.37496/rbz5020210057
8. Saiju H. K., Bajracharya A., Rajbahak B., Ghimire S. Comparative Study of Growth Statistics of Two Species of *Paulownia* and Optimization of Rooting Methods. *Nepal Journal of Biotechnology*. 2018. Vol. 6, Iss. 1. P. 11–15. URL: <https://www.nepjol.info/index.php/NJB/article/download/22330/19016>
9. Sidan L., Zhenbo L., Yixing L. et al. Acoustic vibration properties of wood for musical instrument based on FFT of adding windows. *International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2010)*. Key Laboratory of Bio-based Material Science and Technology (Ministry of Education) Northeast Forestry University Harbin, China, 2010.
10. Sikkema R., Proskurina S., Banja M., Vakkilainen E. How Can Solid Biomass Contribute to the EU's Renewable Energy Targets in 2020, 2030 and What Are the GHG Drivers and Safeguards in Energy- and Forestry Sectors? *Renewable Energy*. 2021. Vol. 165, Part. 1. P. 758–772. doi: 10.1016/j.renene.2020.11.047
11. Šmejkal K., Grycová L., Marek R. et al. C-geranyl compounds from *Paulownia tomentosa* fruits. *Journal of Natural Products*. 2007. Vol. 70, Iss. 8. P. 1244–1248. doi: 10.1021/np070063w
12. Smejkal K., Holubova P., Zima A. et al. Antiradical activity of *Paulownia tomentosa* (*Scrophulariaceae*) extracts. *Molecules*. 2007. Vol. 12, Iss. 6. P. 1210–1219. doi: 10.3390/12061210
13. He T., Vaidya B., Perry Z. et al. *Paulownia* as a Medicinal Tree Traditional Uses and Current Advances. *European Journal of Medicinal Plants*. 2016. Vol. 14, Iss. 1. P. 1–15. doi: 10.9734/EJMP/2016/25170
14. Ткачик С. О., Присяжнюк О. І., Лещук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОРМ Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.
15. Присяжнюк О. І., Каражбей Г. М., Лещук Н. В. та ін. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 10 : методичні вказівки. Київ : Нілан-ЛТД, 2016. 54 с.

References

1. Longbrake, A. Ch. W. (2001). *Ecology and invasive potential of Paulownia tomentosa (Scrophulariaceae) in a hardwood forest landscape* (Ph. D. diss. College of Arts and Sciences).
2. Luca, R., Camen, D., Danci, M., & Petolescu, C. (2014). Research regarding the influence of culture conditions upon the main physiological indices at *Paulownia shan tong*. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 18(4), 74–77.
3. Mohamad, M. E., Awad, A. A., Majrashi, A., Esadek, O. A. A., El-Saadony, M. T., Saad, A. M., & Gendy, A. S. (2022). *In Vitro Study on the Effect of Cytokines and Auxins Addition to Growth Medium on the Micropropagation and Rooting of Paulownia Species (Paulownia Hybrid and Paulownia tomentosa)*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(1), 1598–1603. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.11.003
4. Navroodi, I. H. (2013). Comparison of growth and wood production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan province (Iran). *Indian Journal of Science and Technology*, 6(2), 84–88. doi: 10.17485/ijst/2013/v6i2.14
5. Yadav, N. K., Vaidya, B. N., Henderson, K., Lee, J. F., Stewart, W. M., Dhekney, S. A., & Joshee, N. (2013). A Review of Paulownia Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. *American Journal of Plant Sciences*, 4(11), 270–282. doi: 10.4236/ajps.2013.411259
6. Filipova L., Matskevych V., Karpuk L., Andriievsky V., Vrublevsky A., Pavlichenko A., & Krupa, N. (2019). Features of Pavlovnia Plants Post-Septic Adaptation. In *Proceedings of the Multidisciplinary Conference for Young Researchers* (Bila Tserkva, Ukraine, 22 November 2019). Retrieved from <http://193.138.93.8/handle/BNAU/3293>
7. Özelçam H., İpçak H. H., Özüretmen S., & Canbolat Ö. (2021). Feed value of dried and ensiled paulownia (*Paulownia* spp.) leaves and their relationship to rumen fermentation, *in vitro* digestibility, and gas production characteristics. *Revista Brasileira DeZootecnia*, 50, Article e20210057. doi: 10.37496/rbz5020210057
8. Saiju, H. K., Bajracharya, A., Rajbahak, B., & Ghimire, S. (2018). Comparative Study of Growth Statistics of Two Species of *Paulownia* and Optimization of Rooting Methods. *Nepal Journal of Biotechnology*, 6(1), 11–15. Retrieved from <https://www.nepjol.info/index.php/NJB/article/download/22330/19016>
9. Sidan, L., Zhenbo, L., Yixing, L., Haipeng, Y., & Yinglai, H. (2010). Acoustic vibration properties of wood for musical instrument based on FFT of adding windows. In *International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2010)*. Key Laboratory of Bio-based Material Science and Technology (Ministry of Education) Northeast Forestry University Harbin, China.

10. Sikkema, R., Proskurina, S., Banja, M., & Vakkilainen, E. (2021). How Can Solid Biomass Contribute to the EU's Renewable Energy Targets in 2020, 2030 and What Are the GHG Drivers and Safeguards in Energy- and Forestry Sectors? *Renewable Energy*, 165(1), 758–772. doi: 10.1016/j.renene.2020.11.047
11. Šmejkal, K., Grycová, L., Marek, R., Lemièrre, F., Jankovská, D., Forejtníková, H., Vančo, J., & Suchý, V. (2007). C-geranyl compounds from *Paulownia tomentosa* fruits. *Journal of Natural Products*, 70(8), 1244–1248. doi: 10.1021/np070063w
12. Smejkal, K., Holubova, P., Zima, A., Muselik, J., & Dvorska, M. (2007). Antiradical activity of *Paulownia tomentosa* (Scrophulariaceae) extracts. *Molecules*, 12(6), 1210–1219. doi: 10.3390/12061210
13. He, T., Vaidya, B., Perry, Z., Parajuli, P., & Joshee, N. (2016). *Paulownia* as a Medicinal Tree Traditional Uses and Current Advances. *European Journal of Medicinal Plants*, 14(1), 1–15. doi: 10.9734/EJMP/2016/25170
14. Tkachyk, S. O., Prysiashniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4th ed., rew. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
15. Prysiashniuk, O. I., Karazhbei, H. M., & Leshchuk, N. V. (2016). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 10 package: methodological guidelines*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]

UDC 633.34:631.5:631.8

Karpuk, L. M.*, & **Titarenko, V. A.** (2024). Productivity and quality of paulownia wood in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 12(1). <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.304813> [In Ukrainian]

*Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1 Soborna Square, Bila Tserkva, Kyiv region, 09100, Ukraine, *e-mail: lesya_karpuk@ukr.net*

Purpose. To determine the effect of application of fertilizer, cryoprotectant and foliar feeding on the formation of yield and quality of paulownia. **Methods.** The research was conducted in 2021–2023 at the experimental plot of the Bila Tserkva National Agrarian University located in the forest plantations in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine (Kyiv region). Design of the experiment: factor A – fertilization: 1) without fertilizers, 2) application of organic fertilizer Vermikompost before planting (400 kg/ha); factor B – application of cryoprotectant: 1) without cryoprotectant, 2) cryoprotectant Mars-EL (0.5 l/ha) applied at the beginning of leaf growth; factor B – foliar application of fertilizers: 1) no treatment, 2) Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha), 3) SmartGrow Recovery (2.0 l/ha). **Results.** At the end of the first, second and third years of paulownia cultivation, the average diameter of the trunk was 8.8; 12.2 and 17.3 cm, respectively. The application of organic fertilizer contributed to the average annual increase in this indicator by 3.0, 1.5, and 1.7 cm, and application of cryoprotector – by 0.3, 0.3, and 0.4 cm per year, respectively. The highest values of the trunk diameter in the experiment were obtained under combined application of Vermikompost, cryoprotectant and foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost or SmartGrow Recovery: in the first year – 10.5–10.6 cm, in the second – 13.1–13.2 cm, and in the third year – 18.4 cm. During the first, second and third years of vegetation, dry matter content of paulownia biomass per plant averaged to 3.0, 12.9, and 26.7 kg, respectively. At the same time, the application of fertilizer provided an increase in the dry matter content of 0.7, 1.7, and 3.8 kg per plant, while application of cryoprotectant provided 0.3, 0.6 and 1.2 kg per plant, respectively. Similarly to the diameter of the trunk, dry matter accumulation per plant was the highest under combined action of all factors of the experiment: in the first year – 3.58–3.60 kg, in the second – 14.1–14.2 kg, and in the third – 29.4 kg. **Conclusions.** The yield of dry matter of paulownia in the first year of cultivation averaged 1.88 t/ha. Application of fertilizer provided dry matter increase of 0.45 t/ha, and cryoprotectant – 0.19 t/ha in the first year; 8.04 t/ha in the second year, with increases by factors of 0.45 and 0.19 t/ha, respectively, and in the third year – 16.68 t/ha, with increases by factors of 2.40 and 0.73 t/ha, respectively. In all years of the experiment, the highest dry matter yield was recorded in the combined treatment with the use of organic fertilizer, cryoprotectant and foliar fertilization: in the first year, dry matter yield was 2.24–2.25 t/ha, in the second 8.80–8.90 t/ha, and in the third year 18.40 t/ha. The average content of cellulose in paulownia biomass over the years of research was 43.8% and lignin – 20.3%. The use of organic fertilizer provided an increase in these indicators by 1.05 and 0.29%, respectively, and cryoprotectant – by 0.41 and 0.24%. The highest content of cellulose (44.5%) and lignin (20.7%) were noted for the combined action of all three factors of the experiment. As to the ash content, the average indicator for the experiment was 1.1%, and the deviations of his parameter did not depend on the influence of the experimental factors (the difference was within the experimental error).

Keywords: organic fertilizer; cryoprotectant; foliar feeding; trunk diameter; dry matter; cellulose content; lignin content; ash content.

Надійшла / Received 24.02.2024
Погоджено до друку / Accepted 18.03.2024