

public-private partnership with the participation of scientists, business, and a wide range of producers who grow potatoe on farms and in private vegetable gardens. The initiators and main performers of the startup are scientific institutions of the National Academy of Sciences, agricultural enterprises, and investors. The core of the project team consists of a creative team of individuals who are the owners of biological, economic developments, and market mechanisms.

Conclusions. An experiment was conducted to verify and demonstrate the advantages of domestic potato varieties and technologies for their cultivation in the conditions of joint production of science and business. The needs of the market were studied and an order for the creation of new varieties and improved planting material of existing varieties necessary for production was developed.

Keywords: *innovative bioeconomy; start-up “Ukrainian potatoes”; cluster model; potato cultivation; business project.*

Надійшла / Received 23.08.2023

Погоджено до друку / Accepted 13.09.2023

УДК 633.9: 631.5

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292388>

Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії різних років вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України

Л. М. Карпук*, В. А. Тігаренко

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

Мета. Визначити вплив основного удобрення, застосування кріопротектора та позакореневого підживлення на формування вмісту сухої речовини та фотосинтетичних пігментів – хлорофілів *a* і *b* у різновікових насадженнях 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 до закладання плантації (400 кг/га); фактор Б – обробка рослин кріопротектором: 1) без кріопротектора, 2) кріопротектор Марс-EL (0,5 л/га) на початку відростання листків; фактор В – позакоренеve підживлення: 1) без обробки, 2) Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га), 3) SmartGrow Відновлення (2,0 л/га). **Результати.** У перший рік вегетації у фазі цвітіння середній вміст сухої речовини в рослинах павловнії становив 44,8 %, хлорофілу *a* і *b* – 2,6 і 1,5 мг/кг, контрольний варіант – 43,6 %, 2,14 і 1,43 мг/кг відповідно. Найвищі по досліді показники одержано у варіанті удобрення плантацій органічним добривом Вермикомпост, а також застосування в період вегетації культури обробки рослин кріопротектором Марс-EL та позакореневого підживлення антистресантами Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення: вміст сухої речовини – 46,4 і 46,9 %, хлорофілу *a* – 2,80 і 2,89 мг/кг, хлорофілу *b* – 1,59 і 1,65 мг/кг відповідно. У дворічних насадженнях культури середній за варіантами вміст сухої речовини був на рівні 45,7 %, хлорофілів *a* і *b* – 2,74 і 1,54 мг/кг, тоді як у контрольному варіанті ці показники були істотно нижчими – 45,2 %, 2,24 і 1,24 мг/кг відповідно. Як і попереднього року, максимальні значення як вмісту сухої речовини (46,2–46,3 %), так і фотосинтетичних пігментів (хлорофіл *a* – 2,89–3,01 мг/кг, хлорофіл *b* – 1,66–1,70 мг/кг) одержано у варіантах поєднання всіх трьох факторів досліду. У третій рік вегетації насаджень павловнії у фазі цвітіння в середньому за варіантами досліду в стеблах містилось 51,2 % сухої речовини, вміст у листках хлорофілу *a* становив 3,95 мг/кг, хлорофілу *b* – 2,84 мг/кг, контрольний варіант –

49,7 %, 3,71 і 2,51 мг/кг відповідно. Найвищі по досліді показники, як і два попередні роки, відзначено у варіантах комплексного застосування органічного добрива Вермикомпост, кріопротектора Марс-EL та антистресантів Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення, де вміст сухої речовини становив 52,5–52,7 %, хлорофілу *a* – 4,05–4,07 мг/кг, хлорофілу *b* – 2,84–2,89 мг/кг. **Висновки.** Параметри формування показників вмісту в рослинах павловнії сухої речовини та фотосинтетичних пігментів значною мірою визначалися як застосовуваними в досліді агротехнічними заходами, а саме внесенням основного удобрення та обробленням рослин у період вегетації кріопротектором і антистресовими препаратами, так і віком рослин. Зокрема, у перші два роки вегетації насаджень культури вміст як сухої речовини, так і хлорофілів *a* і *b* у середньому за варіантами досліді був приблизно на одному рівні, тоді як на третій рік, у міру розвитку рослин, істотно збільшувався. Впродовж усіх років проведення досліджень найвищі показники вмісту сухої речовини та фотосинтетичних пігментів відзначено у варіантах комплексного застосування всіх трьох факторів досліді – удобрення, кріопротектора та показакореневого підживлення.

Ключові слова: органічне добриво; кріопротектор; позакоренеve підживлення; вміст хлорофілу *a*; вміст хлорофілу *b*; сума хлорофілів; суха речовина.

Вступ

Павловнія сьогодні отримала доволі широке поширення та комерційне використання і вирощується на великих площах у США, Бразилії, Парагваї та Індії [1, 2]. Такі біологічні характеристики рослин, як глибоко проникаючий стрижневий корінь, досить незначне галуження, яке прибирається в ранньому віці пасинкуванням, та швидкий ріст, роблять павловнію перспективним видом для багатьох галузей, зокрема біоенергетики та переробної промисловості [3, 4].

Завдяки здатності до швидкого росту павловнія має високий потенціал в аспектах використання для реабілітації деградованих земель, формування біоенергетичних плантацій та отримання сировини для меблів, пакувальної та переробної промисловості [5, 6].

Павловнія є рослиною, яка надзвичайно ефективно використовує сонячне випромінювання, тому під час створення насаджень значну увагу слід приділяти питанням оптимізації просторового розміщення рослин та власне рівню їх живлення. Адже надалі досить складно контролювати процеси, на відміну від одно- або навіть дворічних сільськогосподарських культур. Тому за вирощування павловнії, оптимізаційні параметри, що формуються на початку вирощування культури, пізніше змінити вже доволі важко. Власне через це й слід проводити оцінювання станів рослин у різні роки вегетації, в міру їх дорослішання та накопичення дедалі більших кількостей вегетативної маси [7].

Листя павловнії розташоване супротивно, зближуючись на кінцях гілок, велике в нижній частині стовбура, діаметром 75–80 см, яйцеподібне, широкоовальної форми, біля основи серцеподібне, цільне або зубчасте на кінцях у молодих рослин. У молодих рослин листя трикутне три- або п'ятилопатеve, густо опушене знизу, без прилистків, на довгих, опущених черешках [8, 9].

Під час вегетації рослини швидко ростуть і формують велику площу для поглинання вуглекислого газу (CO₂) та виділення кисню. Тому повне формування крони рослини й спостерігається фактично вже у першій половині вегетації. Загалом же одне дерево за годину може поглинути в середньому 22 кг вуглекислого газу та виділити 6 кг кисню, очищаючи тисячі кубометрів повітря, що має важливе екологічне значення [10, 11].

Отже, формування умов до утворення оптимальної фотосинтетично активної листкової поверхні рослин павловнії та накопичення ними в листках хлорофілів є запорукою до утворення високих приростів біомаси.

Мета досліджень – визначити вплив основного удобрення, застосування кріопротектора та позакореневого підживлення на формування вмісту сухої речовини та фотосинтетичних пігментів – хлорофілів *a* і *b* у рослинах різновікових насаджень 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.).

Аналіз гідротермічних умов показав, що загалом вони були сприятливими для росту й розвитку павлонії. 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 павлонії добре вкорінилися, вони перенесли дію екстремальних погодних умов без значної шкоди чи втрати ефективності ростових процесів.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений типовим вилугуваним чорноземом середньої глибини з низьким умістом вологи, що містить грубий піл, 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.

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)

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

Вирощували сорт павлонії '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 досліду та Методики державного сорто випробування сільськогосподарських культур [12].

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили, використовуючи програмні продукти Excel та Statistica 10 [13].

Результати досліджень

Розглянемо особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів на час цвітіння павлонії в перший рік її вегетації (табл. 1).

Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії першого року вегетації на час цвітіння (2021 р.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакоренева підживлення	Суша речовина, %	Хлорофіл ..., мг/кг		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	43,6	2,14	1,43	3,57
		Квантум-АміНоФрост	44,3	2,55	1,59	4,14
		SmartGrow Відновлення	44,3	2,60	1,59	4,19
	Марс-EL	Без підживлення	43,4	2,20	1,24	3,44
		Квантум-АміНоФрост	44,1	2,64	1,34	3,98
		SmartGrow Відновлення	44,3	2,64	1,59	4,23
Верми-компост	Без кріопротектора	Без підживлення	44,3	2,42	1,24	3,66
		Квантум-АміНоФрост	45,2	2,69	1,59	4,28
		SmartGrow Відновлення	45,0	2,70	1,64	4,34
	Марс-EL	Без підживлення	45,7	2,75	1,35	4,10
		Квантум-АміНоФрост	46,4	2,80	1,59	4,39
		SmartGrow Відновлення	46,9	2,89	1,65	4,54
НІР _{0,05}			0,23	0,10	0,07	0,11

У середньому за варіантами дослідів на час цвітіння павловнії першого року вегетації вміст сухої речовини у стеблах був на рівні 44,8 %. Щодо факторів впливу, то в разі застосування органічного добрива цей показник підвищувався на 1,6 %, а кріопротектора – лише на 0,7 %.

Загалом найвищий вміст сухої речовини у стеблах культури відзначено у варіантах поєднання всіх факторів дослідів – Вермикомпост + Марс-EL + Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення – 46,41 та 46,91 % відповідно.

Щодо хлорофілу *a*, то в середньому по досліді у фазі цвітіння його вміст у листках становив 2,6 мг/кг, тоді як у контрольному варіанті – 2,14 мг/кг. Тобто дефіцит елементів живлення проявлявся передусім у формуванні фізіологічних обмежень по накопиченню сухої речовини рослинами у процесі фотосинтезу.

Найбільше хлорофілу *a* у листках містилось у варіанті застосування органічного добрива Вермикомпост та кріопротектора Марс-EL у поєднанні з позакореневим удобренням SmartGrow Відновлення – 2,89 мг/кг.

За вмістом хлорофілу *b* варіант позакореневої обробки рослин добривом SmartGrow Відновлення був досить ефективним саме за поєднання його з органічним добривом Вермикомпост незалежно від застосування кріопротектора – 1,64–1,65 мг/кг. При цьому середній по досліді показник був 1,5 мг/кг.

Сумарний вміст хлорофілів у контрольному варіанті становив лише 3,57 мг/кг, тоді як у середньому по досліді – 4,1 мг/кг. Максимум забезпечував варіант комплексного застосування всіх трьох факторів: Вермикомпост + Марс-EL + SmartGrow Відновлення – 4,54 мг/кг.

Отже, вміст хлорофілів у листках визначався застосуванням у досліді біогенних елементів. Причому у варіанті внесення органічного добрива цілком закономірною є його пролонгована дія завдяки вивільненню в ґрунт та доступності рослинам елементів живлення. Водночас застосування кріопротектора та позакореневого підживлення було ефективним щодо впливу на загальний фізіологічний стан рослини та закономірного формування такими насадженнями кращих адаптаційних властивостей.

Особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів у фазі цвітіння павловнії другого року вегетації наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії другого року вегетації на час цвітіння (2022 р.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суша речовина, %	Хлорофіл ..., мг/кг		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	45,2	2,24	1,24	3,48
		Квантум-АміНоФрост	45,0	2,78	1,65	4,43
		SmartGrow Відновлення	45,1	2,81	1,65	4,46
	Марс-EL	Без підживлення	45,9	2,26	1,19	3,45
		Квантум-АміНоФрост	45,8	2,78	1,64	4,42
		SmartGrow Відновлення	45,8	2,81	1,65	4,46
Верми- компост	Без кріопротектора	Без підживлення	45,4	2,69	1,30	3,99
		Квантум-АміНоФрост	46,0	2,90	1,63	4,53
		SmartGrow Відновлення	46,0	2,91	1,71	4,62
	Марс-EL	Без підживлення	45,8	2,75	1,51	4,26
		Квантум-АміНоФрост	46,3	2,89	1,66	4,55
		SmartGrow Відновлення	46,2	3,01	1,70	4,71
HP _{0,05}			0,22	0,11	0,09	0,12

Загалом було визначено, що на час цвітіння рослин павловнії вміст сухої речовини становив 45,7 %, при цьому застосування органічного добрива забезпечувало приріст показника на рівні 0,48 %, а кріопротектор – на 0,52 %. Тобто погодні умови 2022 року, коли спостерігалось пониження середньодобових температур повітря під час вегетації, підсилили саме роль кріопротектора, як сполуки, здатної активізувати ростові процеси рослин за низьких температур повітря, а не лише захищати їх від пошкодження.

Найвищі показники вмісту сухої речовини в рослинах павловнії відзначено у варіанті комплексного застосування органічного добрива Вермикомпост, кріопротектора Марс-EL та позакореневого підживлення антистресантами Квантум-АміНоФрост – 46,3 % чи SmartGrow Відновлення – 46,2 %.

Якщо аналізувати показники хлорофілу *a*, то в середньому по досліді на час цвітіння в листках павловнії його вміст становив 2,74 мг/кг, тоді як у контрольному варіанті – всього 2,24 мг/кг. Найвищий же вміст хлорофілу *a* отримано у варіанті поєднання добрива Вермикомпост із кріопротектором Марс-EL та позакореневим підживленням SmartGrow Відновлення – 3,01 мг/кг.

Як і у попередньому році, вміст хлорофілу *b* найбільше залежав передусім від сумісного застосування Вермикомпоста та SmartGrow Відновлення і був практично однаковим як у варіанті обробки рослин кріопротектором, так і без нього – 1,70 та 1,71 мг/кг відповідно.

Щодо сумарного вмісту хлорофілів *a* і *b*, то на контролі цей показник становив 3,48 мг/кг за середнього по досліді значення 4,28 мг/кг. Максимум забезпечував варіант удобрення плантацій органічним добривом, обробки рослин кріопротектором у поєднанні з позакореневим підживленням SmartGrow Відновлення – 4,74 мг/кг.

Особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів на час цвітіння рослин павловнії третього року вегетації залежно від досліджуваних факторів впливу наведено в таблиці 3.

Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії третього року вегетації на час цвітіння (2023 р.)

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакоренеve підживлення	Суша речовина, %	Хлорофіл ..., мг/кг		
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	49,7	3,71	2,51	6,22
		Квантум-АміНоФрост	50,5	4,00	2,96	6,96
		SmartGrow Відновлення	50,6	3,98	2,92	6,90
	Марс-EL	Без підживлення	49,7	3,95	2,89	6,84
		Квантум-АміНоФрост	51,3	4,04	2,77	6,81
		SmartGrow Відновлення	51,4	4,07	2,86	6,92
Верми-компост	Без кріопротектора	Без підживлення	50,8	3,72	2,87	6,58
		Квантум-АміНоФрост	51,6	3,94	2,95	6,89
		SmartGrow Відновлення	51,9	3,94	2,93	6,87
	Марс-EL	Без підживлення	51,2	3,89	2,71	6,60
		Квантум-АміНоФрост	52,5	4,05	2,89	6,93
		SmartGrow Відновлення	52,7	4,07	2,84	6,91
НІР _{0,05}			0,24	0,12	0,10	0,15

На третій рік вегетації у фазі цвітіння рослин павловнії вміст сухої речовини становив 51,5 %, при цьому застосування органічного добрива забезпечувало приріст показника на рівні 1,27 %, а кріопротектор – на 0,65 %.

Як і у два попередні роки, найвищі показники вмісту сухої речовини відзначено у варіантах поєднання всіх трьох факторів дослідження – удобрення, кріопротектора та позакореневого підживлення – 52,5–52,7 %.

Щодо хлорофілу *a*, то в середньому по дослідженні на час цвітіння рослин павловнії третього року вегетації його вміст у листках становив 3,95 мг/кг проти 3,71 мг/кг у контрольному варіанті. Максимальні значення показника забезпечували варіанти комплексного застосування Вермикомпоста, Марс-EL та SmartGrow Відновлення (4,07 мг/кг) або Квантум-АміНоФрост (4,05 мг/кг).

Дещо інакше формувались під впливом досліджуваних факторів показники хлорофілу *b*. Зокрема, його вміст у листках визначався передусім застосуванням позакореневого підживлення і найвищим був саме у варіантах без оброблення рослин кріопротектором: на фоні внесення органічного добрива – 2,93–2,95 мг/кг, а без нього – 2,92–2,96 мг/кг.

Сумарний вміст хлорофілів *a* і *b* у контрольному варіанті становив 6,22 мг/кг за середнього по дослідженні показника 6,79 мг/кг. Високі значення суми хлорофілів відзначено у варіантах комплексного застосування всіх трьох факторів: Вермикомпост + Марс-EL + Квантум-АміНоФрост (6,91 мг/кг) або SmartGrow Відновлення (6,93 мг/кг). Однак найвищий показник було отримано в разі позакореневого підживлення рослин антистресантом Квантум-АміНоФрост без застосування як органічного добрива, так і кріопротектора – 6,96 мг/кг.

Висновки

У перший рік вегетації у фазі цвітіння середній вміст сухої речовини в рослинах павловнії становив 44,8 %, хлорофілу *a* і *b* – 2,6 і 1,5 мг/кг, контрольний варіант – 43,6 %, 2,14 і 1,43 мг/кг відповідно. Найвищі по дослідженні показники одержано у варіанті удобрення

плантацій органічним добривом Вермикомпост, а також застосування в період вегетації культури обробки рослин кріопротектором МАРС-EL та позакореневого підживлення антистресантами Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення: вміст сухої речовини – 46,4 і 46,9 %, хлорофілу *a* – 2,80 і 2,89 мг/кг, хлорофілу *b* – 1,59 і 1,65 мг/кг відповідно.

У дворічних насадженнях культури середній за варіантами вміст сухої речовини був на рівні 45,7 %, хлорофілів *a* і *b* – 2,74 і 1,54 мг/кг, тоді як у контрольному варіанті ці показники були істотно нижчими – 45,2 %, 2,24 і 1,24 мг/кг відповідно. Як і попереднього року, максимальні значення як вмісту сухої речовини (46,2–46,3 %), так і фотосинтетичних пігментів (хлорофіл *a* – 2,89–3,01 мг/кг, хлорофіл *b* – 1,66–1,70 мг/кг) одержано у варіантах поєднання всіх трьох факторів досліду.

У третій рік вегетації насаджень павловнії у фазі цвітіння в середньому за варіантами досліду в стеблах містилось 51,2 % сухої речовини, вміст у листках хлорофілу *a* становив 3,95 мг/кг, хлорофілу *b* – 2,84 мг/кг, контрольний варіант – 49,7 %, 3,71 і 2,51 мг/кг відповідно. Найвищі по досліду показники, як і два попередні роки, відзначено у варіантах комплексного застосування органічного добрива Вермикомпост, кріопротектора МАРС-EL та антистресантів Квантум-АміНоФрост або SmartGrow Відновлення, де вміст сухої речовини становив 52,5–52,7 %, хлорофілу *a* – 4,05–4,07 мг/кг, хлорофілу *b* – 2,84–2,89 мг/кг.

Використана література

1. Abreu M., Reis A., Moura P. et al. Evaluation of the Potential of Biomass to Energy in Portugal Conclusions from the CONVERTE Project. *Energies*. 2020. Vol. 13, Iss. 4. Article 937. doi: 10.3390/en13040937
2. Koman S. Quality characteristics of the selected variant of *Paulownia tomentosa* (robusta) wood cultivated in Hungary. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. 2022. Vol. 25. P. 1–6. doi: 10.4067/s0718-221x2023000100401
3. Ashori A., Nourbakhsh A. Studies on Iranian cultivated paulownia – A potential source of fibrous raw material for paper industry. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2009. Vol. 67, Iss. 3. P. 323–327. doi: 10.1007/s00107-009-0326-0
4. Janjic Z., Janjic M. *Paulownia*, its characteristics and use value. *Knowledge – International Journal*. 2017. Vol. 20, Iss. 5. P. 2387–2392.
5. Ayan S., Silvacioglu A., Billir N. Growth variation of *Paulownia* Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu. *Journal of Environmental Biology*. 2006. Vol. 27, Iss. 3. P. 499–504.
6. Kalmukov K. Effect of Initial Density on Condition and Growth of *Paulownia tomentosa*. *Experimental Station for Rapid Forest-like Species*, 2009. P. 129–131.
7. Buzan R. L., Maxim A., Odagiu A. et al. *Paulownia* sp. Used as an Energetic Plant, for the Phytoremediation of Soils and in Agroforestry Systems. *ProEnvironment*. 2018. Vol. 11. P. 76–85.
8. 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>
9. Ipekci Z., Gozukirmizi N. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. *Plant Cell Reports*. 2003. Vol. 22, Iss. 1. P. 16–24. doi: 10.1007/s00299-003-0650-5
10. Haldar A., Sethi N. Effect of Institutional Quality and Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions an Empirical Investigation for Developing Countries. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. P. 15485–15503. doi: 10.1007/s11356-020-11532-2
11. Hamdan H. Z., Hourri A. F. CO₂ Sequestration by Propagation of the Fast-Growing *Azolla* Spp. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29, Iss. 12. P. 16912–16924. doi: 10.1007/s11356-021-16986-6
12. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ, 2004. Вип. 3. 78 с.

13. 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. Abreu, M., Reis, A., Moura, P., Fernando, A. L., Luís, A., Quental, L., Patinha, P., & Gírio, F. (2020). Evaluation of the Potential of Biomass to Energy in Portugal Conclusions from the CONVERTE Project. *Energies*, 13(4). Article 937. doi: 10.3390/en13040937
2. Koman, S. (2022). Quality characteristics of the selected variant of *Paulownia tomentosa* (robusta) wood cultivated in Hungary. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 25, 1–6. doi: 10.4067/s0718-221x2023000100401
3. Ashori, A., & Nourbakhsh, A. (2009). Studies on Iranian cultivated paulownia – A potential source of fibrous raw material for paper industry. *European Journal of Wood and Wood Products*, 67(3), 323–327. doi: 10.1007/s00107-009-0326-0
4. Janjic, Z., & Janjic, M. (2017). *Paulownia*, its characteristics and use value. *Knowledge – International Journal*, 20(5), 2387–2392.
5. Ayan, S., Silvacioglu, A., & Billir, N. (2006). Growth variation of *Paulownia* Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu. *Journal of Environmental Biology*, 27(3), 499–504.
6. Kalmukov, K. (2009). Effect of Initial Density on Condition and Growth of *Paulownia tomentosa*. *Experimental Station for Rapid Forest-like Species* (pp. 129–131).
7. Buzan, R. L., Maxim, A., Odagiu, A., Balint, Cl., & Hartagan, R. M. (2018). *Paulownia* sp. Used as an Energetic Plant, for the Phytoremediation of Soils and in Agroforestry Systems. *ProEnvironment*, 11, 76–85.
8. 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>
9. Ipekci, Z., & Gozukirmizi, N. (2003). Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. *Plant Cell Reports*, 22(1), 16–24. doi: 10.1007/s00299-003-0650-5
10. Haldar, A., & Sethi, N. (2021). Effect of Institutional Quality and Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions an Empirical Investigation for Developing Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 15485–15503. doi: 10.1007/s11356-020-11532-2
11. Hamdan, H. Z., & Hourri, A. F. (2022). CO₂ Sequestration by Propagation of the Fast-Growing *Azolla* Spp. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(12), 16912–16924. doi: 10.1007/s11356-021-16986-6
12. *Methodology of State variety testing of agricultural crops*. (2024). (Vol. 3). Kyiv. [In Ukrainian]
13. 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 633.9: 631.5

Karpuk, L. M.*, & **Titarenko, V. A.** (2024). The content of dry matter and chlorophylls in paulownia plants of different ages in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 31, 38–46. [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 influence of the main fertilization, the application of cryoprotectant and foliar feeding on the formation of the content of dry matter and chlorophylls *a* and *b* in paulownia plantations of different ages. **Methods.** The research was carried out 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 Vermykompost (400 kg/ha) before planting; 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.** In the first year of vegetation in the flowering phase, the average content of dry matter of paulownia plants was 44.8%, chlorophylls *a* and *b* – 2.6 and 1.5 mg/kg, and in the control treatment – 43.6%, 2.14 and 1.43 mg/kg, respectively. According to the experiment, the highest indicators were obtained in the treatment of fertilizing plantations with organic fertilizer Vermykompost, as well as cryoprotectant Mars-EL and foliar application of anti-stressors Quantum-AminoFrost or SmartGrow Recovery: dry matter content – 46.4 and 46.9%, chlorophyll *a* – 2.80 and 2.89 mg/kg, chlorophyll *b* – 1.59 and 1.65 mg/kg, respectively. In the 2-year-old plantations, the average content of dry matter in the treatments was 45.7%, chlorophylls *a* and *b* – 2.74 and 1.54 mg/kg, while in the control treatment these indicators were significantly lower: 45.2%, 2.24 and 1.24 mg/kg, respectively. As in the previous year, the maximum contents of dry matter (46.2–46.3%) and photosynthetic pigments (chlorophyll *a*: 2.89–3.01 mg/kg, chlorophyll *b*: 1.66–1.70 mg/kg) obtained for combinations of all three factors of the experiment. In the third year of vegetation of paulownia plantations in the flowering phase, on the average, the stems contained 51.2% of dry matter; the content of chlorophyll *a* in the leaves was 3.95 mg/kg, chlorophyll *b* – 2.84 mg/kg, in the control variant – 49.7%, 3.71 and 2.51 mg/kg, respectively. The highest results according to the experiment, as in the previous two years, were recorded in the treatment with the complex application of organic fertilizer Vermykompost, cryoprotectant Mars-EL and Quantum-AminoFrost or SmartGrow Recovery: the content of dry matter was 52.5–52.7%, chlorophyll *a* 4.05–4.07 mg/kg, and chlorophyll *b* 2.84–2.89 mg/kg. **Conclusions.** The parameters of the formation of indicators of the content of dry matter and photosynthetic pigments in paulownia plants were largely determined by the agrotechnical measures applied in the experiment, namely, the introduction of the main fertilizer and the treatment of plants during the growing season with cryoprotectant and anti-stress formulations, as well as the age of the plants. In particular, in the first two years of vegetation, the contents of dry matter and chlorophylls *a* and *b* were approximately at the same level in the experimental treatments, while in the third year, as the plants developed, they increased significantly. Throughout all the years of the study, the highest indicators of the content of dry matter and photosynthetic pigments were recorded in the treatments with the complex application of all three studied factors: fertilizer, cryoprotectant and foliar feeding.

Keywords: *organic fertilizer; cryoprotectant; foliar application of fertilizers; chlorophyll a content; chlorophyll b content; total chlorophyll; dry matter.*

Надійшла / Received 16.10.2023

Погоджено до друку / Accepted 07.11.2023