

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ТІТАРЕНКО ВІКТОР АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 633.9:620.925:582.916.21(292.485:477)(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

**РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ В
УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки і продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів та праць інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 Віктор ТІТАРЕНКО

Науковий керівник:

Леся КАРПУК, доктор с.-г. наук, професор
професор кафедри землеробства, агрохімії та
грунтознавства БНАУ

Біла Церква – 2024

Анотація

Титаренко В. А. Розробка елементів технології вирощування павловнії в умовах Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія (20 Аграрні науки та продовольство). – Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, 2024.

У дисертації висвітлено теоретичне та практичне питання з реалізації важливого наукового завдання – дослідження елементів технології вирощування павловнії в умовах Лісостепу України.

Приживлюваність рослин павловнії на контрольних варіантах досліджу була найнижчою – 74,2 %. При цьому, головним фактором отримання кращого рівня виживання рослин в варіантах без удобрень слугувало застосування кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га), за якого приживлюваність зростає до 80,2 %. Кращі варіанти досліджу за відсотком рослин що вижили, спостерігались саме за внесення органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) та обробки саджанців кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) – 89,8-90,2 %.

На час цвітіння павловнії першого року вегетації більш високорослі рослини отримано на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) в поєднанні з кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому базовому поєднанні факторів обробка рослин додатково препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечувала кращий показник по досліджу – 142,0 та 143,0 см відповідно.

У фазу повного формування крони, в перший рік вегетації, кращий вміст хлорофілів групи а було ідентифіковано на варіанті удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) – 2,20 мг/кг. При цьому ж виявлено, що позакоренева

обробка рослин обома досліджуваними препаратами (Квантум-АміНоФрост та SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ) суттєво не впливала на зростання хлорофілів групи б.

У перший рік вегетації, у період цвітіння, сумарний вміст хлорофілів на контрольному варіанті складав всього 3,57 мг/кг, при цьому в середньому по досліді отримано показники в 4,1 мг/кг. Тоді як максимум забезпечував варіант удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим підживленням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 4,54 мг/кг.

У другій половині вегетації 2021 року, за вмістом сухої речовини в рослинах павловнії було визначено, що краще поєднання факторів досліді було на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При таких умовах досліді отримано вміст сухої речовини в 52,2 %. При цьому, на цих варіантах за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост сухої речовини отримано 52,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 52,8 %.

Вищі значення фотосинтетичного потенціалу в 2021 році були в розрізі варіантів досліді за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання кращого в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 5,46 млн. м²/га.

Поліпшення показника чистої продуктивності фотосинтезу рослин першого року вегетації спостерігалось в випадку комплексу дії факторів досліді. Адже в такому випадку ми отримували гарний рівень живлення рослин та можливостей до подолання ними стресів, що виникають в процесі росту й розвитку. Отже, за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) і позакореневого

удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) ЧПФ склав 0,42 г/м² за добу сухої речовини.

У 2022 році загалом тривалість міжфазного періоду від появи листків до повного формування крони становила 21,0 добу, а більш прискорено цю фазу рослини павловнії проходили в випадку обробки їх кріопротектором MAPC ЕЛ (0,5 л/га) (на 2 доби). Тоді як в міжфазний період від повного формування крони до формування квіток за середньої тривалості періоду в 32,9 діб найбільш швидкий розвиток павловнії отримано на варіантах комбінованого застосування біологічно активних речовин – кріопротектора MAPC ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га). При цьому самий короткий період був за обробки обома препаратами на варіантах без впливу інших факторів досліді, а також у випадку внесення удобрення та застосування кріопротектора.

На другий рік вегетації, час опадання листків, рослини павловнії другого року вегетації в середньому мали висоту рослин в 623,3 см. При цьому, найбільш вагомим фактором впливу залишився варіант удобрення посівів добривом «Вермикомпост», за якого змогли гарно проявити свій вплив й інші варіанти досліді. Так, за комплексного застосування удобрення (400 кг/га) + кріопротектор (0,5 л/га) + позакореневе удобрення висота рослин сягала 636,0 та 635,0 см відповідно.

Також в 2022 році на час повного формування крони вміст хлорофілів а становив 1,77 мг/кг, а хлорофілів б – 0,82 мг/кг. При цьому, кращі умови забезпечення рослин елементами живлення, а відповідно й формування вмісту хлорофілів в листках, отримано за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), що сприяло накопиченню на 0,16 мг/кг більше хлорофілів а та на 0,08 мг/кг хлорофілів б і суми хлорофілів більшої на 0,24 мг/кг.

Також виявлено, що у другий рік вегетації кращими були варіанти досліді в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост». На базі застосування органічного удобрення проведення обробки рослин

кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га), та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) забезпечило кращі значення по досліді на цей час – 2,76 мг/кг.

У 2022 році, вміст хлорофілів а на час цвітіння становив 2,74 мг/кг, коли на контрольному варіанті цей показник був всього 2,24 мг/кг. Кращий же вміст хлорофілу а отримано на варіанті удобрення органічним добривом «Вермикомпост» а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 3,01 мг/кг.

У другій половині вегетації 2022 року, краще поєднання факторів досліді отримано на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При таких умовах та за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) отримано в вміст сухої речовини в 53,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 53,7 %.

Оптимальні параметри фотосинтетичного потенціалу, на другий рік вегетації, отримано нами в розрізі варіантів досліді за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,27 млн. м²/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 6,62 млн. м²/га.

Визначено, що на третій рік вегетації міжфазний період від цвітіння до опадання листя тривав в середньому 123,3 діб та сумарна вегетація в умовах Правобережного Лісостепу України в 2023 році тривала 202 доби, коли в 2022 році вона була 201 добу а в 2021 – 213 діб. При цьому, фактори що сприяли пришвидшенню фенофаз на початку вегетації фактично не обмежувати тривалість їх в другій половині року. Тому, за обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого підживлення Квантум-

АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) тривалість фенофаз цього періоду була найдовшою.

У 2023 році, в міжфазний період повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 688,6 см, коли ж за варіантів поєднання удобрення, кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого підживлення спостерігався кращий розвиток рослин. Аналогічно варіант підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) сприяв отриманню показника висоти в 718,0 см, а варіант SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 716,8 см. Тоді як на час опадання листя, за комплексного застосування удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га) + кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) + позакореневе удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) висота рослин сягала 875,0 та 876,0 см – тобто отримані кращі показники в досліді.

Виявлено, що за показником суми хролофілів на час повного формування крони в 2023 році, кращими були варіанти дослідів в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га). На базі застосування органічного удобрення проведення обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га), та позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) отримано кращі значення по досліді на цей час – 4,95 мг/кг.

Кращий показник вмісту хлорофілу а, в фазу цвітіння в 2023 році забезпечував варіант удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (200 кг/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 4,07 мг/кг, або ж Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) – 4,05 мг/кг. Тоді як в другій половині вегетації 2023 року найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ в випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. За таких умов на неудобреному фоні отримано вміст хлорофілів а 4,16, а на удобреному – 4,14 мг/кг.

Згідно отриманих даних, кращі показники фотосинтетичного потенціалу вегетаційного періоду 2023 року були зафіксовані за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,99 млн. м²/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 7,38 млн. м²/га.

На третій рік вегетації рослин павловнії, середній діаметр стовбура був 17,3 см, застосування органічного удобрення сприяло отриманню в середньому приросту показника на 1,7 см, а кріопротектора – на 0,4 см. За удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) діаметр стовбура був кращим по досліді – 18,4 та 18,4 см відповідно.

У перший рік вегетації рослин павловнії органічне удобрення сприяло отриманню на 0,7 кг/рослину кращої маси, а кріопротектор гарантував прибавку в 0,3 кг/рослину. В наступний рік вегетації прибавка від органічного добрива була 1,7 кг/рослину, а від кріопротектора – 0,6 кг/рослину. На третій рік вегетації середня маса сухої речовини накопичена в одній рослині павловнії сягнула 26,7 кг/рослину, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 3,8 кг/рослину більшої маси. При цьому, за рахунок періодів з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зросла ще більше і варіанти там де він вносився забезпечували прибавку в накопиченні сухої речовини в 1,2 кг/рослину. Отже, з року в рік ми спостерігали підсилення саме вкладу органічного удобрення в формування накопичення сухої речовини, адже рослини потребують та споживають значно більше елементів живлення для формування приростів біомаси ніж в перший рік.

Комплексний вплив факторів досліді, так же як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на накопичення сухої речовини рослинами павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення

«Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по досліді – 29,4 та 29,4 кг/рослину.

Виявлено, що за поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) урожайність сухої речовини була кращою по досліді. Так, в перший рік отримано 2,25 та 2,24 т/га, на другий – 8,90 та 8,80 т/га, а на третій відповідно – 18,4 та 18,4 т/га.

Також встановлено, що урожайність павловнії по мірі дорослішання плантацій все більше залежала від застосування органічного добрива. Так, в перший рік прибавка урожайності становила лише 0,45 т/га, коли в другий рік – 1,06 т/га а на третій – 2,40 т/га. При цьому, роль кріопротектора також важливо враховувати, оскільки він визначає стійкість рослин павловнії до понижених температур на початку періоду вегетації та найбільш вагомій прибавки від його застосування спостерігались на другий (0,39 т/га) та третій роки вегетації (0,73 т/га), що відповідало рокам з короткочасними пониженнями температури повітря після відновлення вегетації рослин павловнії.

Вміст целюлози в рослинах павловнії був на рівні 43,8 %, при застосуванні органічного удобрення ми отримали прибавку на 1,05 %, а обробка рослин кріопротектором сприяла зростанню вмісту целюлози на 0,41 %. Тому за випадку поєднання таких факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост» та обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) вміст целюлози був кращим по досліді – 44,5 %.

Вміст лігніну у рослинах павловнії був 20,3 %, а внесення органічного добрива сприяло отриманню прибавки в 0,29 %, коли застосування кріопротектора забезпечувало 0,24 % прибавки. Кращі показники вмісту лігніну в рослинах отримано на варіанті досліді за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ

(0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 20,7 %.

У середньому в перший рік вегетації збір біопалива становив 2,07 т/га, а на другий рік вегетації – 8,84 т/га, що досить мало з точки зору ефективного використання такої біомаси. На третій рік вегетації середній збір біопалива становив 18,4 т/га, а при використанні удобрення органічним добривом прибавка склала 2,64 т/га, коли обробка рослин кріопротектором дала лише прибавку в 0,81 т/га. Отже, за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) збір біопалива був кращим по досліді – 20,2 та 20,2 т/га.

На третій рік вегетації збір енергії сягнув 273,4 ГДж/га, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 38,9 ГДж/га більше енергії з урожаєм біомаси, а використання кріопротектора сприяло отриманню на 11,5 ГДж/га більше. Отже, комплексний вплив факторів досліді, так же як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на формування збору енергії з одиниці площі поля павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ збір енергії з біомасою був кращим по досліді – 301,3 та 299,6 ГДж/га.

Встановлено, що за удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримано найвищий валовий прибуток – 232,8 та 232,8 тис. грн./га, кошти витрачені на саджанці павловнії були найменшими по досліді – 103,1 та 102,9 тис. грн./га, оскільки на цьому варіанті спостерігалась краща приживлюваність рослин, тобто потрібно було значно менше досаджувати нових саджанців для формування високопродуктивної плантації. Максимум додаткових факторів впливу сприяв тому що витрати догляд становили 11,0 та 11,9 тис. грн./га, коли на контролі були

лише 4,7 тис. грн./га. Проте, за комплексу впливу елементів агротехніки сумарні витрати були меншими по досліді – 112,7-114,8 тис. грн./га, коли на контролі вони сягали 122,6-122,9 тис. грн./га. Отже, забезпечення гарної приживлюваності дороговартісного посадкового матеріалу є досить ефективним агрозаходом зниження вартості витрат на промислове вирощування павловнії.

Визначено, що за використання добрива «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого добрива Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримано на 51,5 та 48,6 тис. грн./га більший чистий прибуток, на 1,79 та 1,68 тис. грн./га менша собівартість однієї тони продукції та на 49,2 та 46,3 % вищий рівень рентабельності.

Ключові слова: позакореневе підживлення, кріопротектор, органічне добрива, фотосинтетичний потенціал, площа листків, чиста продуктивність фотосинтезу, ріст та розвиток рослин, продуктивність, енергетична ефективність.

SUMMARY

Titarenko V. A. Development of the elements of paulownia growing technology in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation work for obtaining the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 - Agronomy (20 Agrarian sciences and food). – Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, 2024.

The dissertation covers the theoretical and practical issues related to the implementation of an important scientific task - the study of the elements of the technology of the cultivation of paulownia in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine.

The survival rate of paulownia plants on the control variants of the study was the lowest - 74.2%. At the same time, the main factor in ensuring a better level of plant survival in the variants without improvement was the use of MARS EL cryoprotectant (0.5 l/ha), which increased viability to 80.2%. The best variants of the study in terms of the percentage of plants that survived were observed precisely for the application of organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) and treatment of seedlings with cryoprotectant MARS EL (0.5 l/ha) - 89.8-90.2%.

At the time of flowering of the Pavlovian in the first year of vegetation, taller plants were obtained using organic fertilizer of the "Vermicompost" variant (400 kg/ha) in combination with MARS EL cryoprotectant (0.5 l/ha). With this basic combination of plant treatment factors, additional preparations for foliar feeding Kvantum-AminoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) provided the best indicator according to the study - 142.0 and 143.0 cm, respectively.

In the phase of full formation of the crown, in the first year of vegetation, the best content of chlorophyll groups was found in the options of fertilizing plants with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha), applying treatment of plants with cryoprotector MARS EL and applying foliar fertilization Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) – 2.20 mg/kg. At the same time, it was found that foliar treatment of plants with

the researched drugs (Quantum-AmiNoFrost and SMARTGROW RECOVERY) does not significantly affect the growth of the group of chlorophylls b.

At the time of flowering, in the first year of vegetation, the total content of chlorophylls in the control variant was only 3.57 mg/kg, while on average, according to the experiment, indicators of 4.1 mg/kg were obtained. While the option of fertilizing plantations with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) and using plant treatment with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) in combination with foliar fertilization SMARTGROW RENEWAL (2.0 l/ha) provided the maximum - 4.54 mg/kg.

In the second half of the growing season of 2021, according to the content of dry matter in paulownia plants, it was determined that the best combination of factors of the experiment was on the options of fertilization with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) and treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha). Under these experimental conditions, the dry matter content was 52.2%. At the same time, on these options, 52.6% of dry matter was obtained with the application of foliar top-dressing Quantum-AminoFrost, and 52.8% with SMARTGROW RECOVERY treatment (2.0 l/ha).

The best values of the photosynthetic potential in 2021 were in the section of the experiment options for fertilization with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) and treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha). At the same time, additional treatment of crops with SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) provided the conditions for obtaining the best indicator of photosynthetic potential in the experiment - 5.46 million m²/ha.

The improvement of the net photosynthetic productivity of plants in the first year of vegetation was observed in the case of the complex action of the research factors. After all, in this case, we received a good level of plant nutrition and opportunities for them to overcome stresses arising in the process of growth and development. So, when fertilizing with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha), as well as treating plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha), the PPF was 0.42 g /m² per day of dry matter.

In 2022, in general, the duration of the interphase period from the appearance of leaves to the full formation of the crown was 21.0 days, and paulownia plants went through this phase more quickly in the case of their treatment with cryoprotectant MARS EL (0.5 l/ha) (for 2 days). While in the interphase period from the full formation of the crown to the formation of flowers, with an average duration of 32.9 days, the fastest development of paulownia was obtained with options for the combined use of biologically active substances - cryoprotectant MARS EL (0.5 l/ha) and foliar feeding Quantum- AminoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha). At the same time, the shortest period was during treatment with both drugs on variants without the influence of other factors of the experiment, as well as in the case of applying fertilizer and using a cryoprotectant.

In the second year of vegetation, the time of leaf fall, paulownia plants of the second year of vegetation had an average plant height of 623.3 cm. At the same time, the most important influencing factor was the option of fertilizing crops with "Vermicompost" fertilizer, under which others were also able to show their influence well research options. Thus, with the complex application of fertilizer (400 kg/ha) + cryoprotectant (0.5 l/ha) + foliar fertilization, the height of plants reached 636.0 and 635.0 cm, respectively.

Also, in 2022, at the time of full formation of the crown, the content of chlorophyll a was 1.77 mg/kg, and chlorophyll b was 0.82 mg/kg. At the same time, the best conditions for providing plants with nutrients, and, accordingly, the formation of the content of chlorophylls in the leaves, were obtained by fertilizing with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha), which contributed to the accumulation of 0.16 mg/kg more chlorophyll a and 0.08 mg/kg of chlorophyll b and the amount of chlorophyll is greater by 0.24 mg/kg.

It was also found that in the second year of the growing season, the best were the variants of the experiment in which the plantations were fertilized with the organic fertilizer "Vermicompost". Based on the application of organic fertilizer, the treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and foliar fertilization with Kvantum-

AmiNoFrost (1.5 l/ha) provided the best values according to the experiment at this time - 2.76 mg/kg.

In 2022, the content of chlorophyll a at the time of flowering was 2.74 mg/kg, when in the control variant this indicator was only 2.24 mg/kg. The best content of chlorophyll a was obtained in the version of fertilization with organic fertilizer "Vermicompost" and also treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) in combination with foliar fertilizer SMARTGROW RENEWAL (2.0 l/ha) - 3.01 mg/kg

In the second half of the growing season of 2022, the best combination of research factors was obtained on the options of fertilization with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) and treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha). Under such conditions and with the application of foliar top-dressing Quantum-AminoFrost (1.5 l/ha) the dry matter content was 53.6%, and with SMARTGROW RECOVERY treatment (2.0 l/ha) – 53.7%.

The best parameters of the photosynthetic potential, for the second year of vegetation, were obtained by us in the section of the experiment options for fertilization with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) (on average 6.27 million m²/ha) and treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha). At the same time, additional treatment of crops with SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) provided the conditions for obtaining the maximum photosynthetic potential indicator in the experiment - 6.62 million m²/ha.

It was established that in the third year of vegetation, the interphase period from flowering to leaf fall lasted an average of 123.3 days, and the total vegetation in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine in 2023 lasted 202 days, while in 2022 it was 201 days and in 2021 – 213 days. At the same time, the factors that contributed to the acceleration of phenophases at the beginning of the growing season actually do not limit their duration in the second half of the year. Therefore, when plants were treated with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and foliar fertilization with Kvantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) was used, the duration of the phenophases of this period was the longest.

In 2023, during the interphase period of full crown formation, the height of paulownia plants was 688.6 cm in the pure control options, when better plant development was observed in the options of a combination of fertilizer, MARS EL cryoprotectant (0.5 l/ha) and foliar feeding. Similarly, the Quantum-AminoFrost top dressing option (1.5 l/ha) contributed to obtaining a height index of 718.0 cm, and the SMARTGROW RECOVERY option (2.0 l/ha) – 716.8 cm. While at the time of leaf fall, according to complex application of "Vermicompost" fertilizer (400 kg/ha) + cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) + foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) height plants reached 875.0 and 876.0 cm - that is, the best indicators were obtained in the experiment.

It was established that according to the indicator of the amount of chlorophylls at the time of full formation of the crown in 2023, the best were the variants of the experiment in which the plantations were fertilized with the organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha). Based on the application of organic fertilizer for the treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and foliar fertilization SMARTGROW RESTORE (2.0 l/ha), the best values according to the experiment at this time were obtained - 4.95 mg/kg.

The best indicator of the content of chlorophyll a in the flowering phase in 2023 was provided by the option of fertilizing with organic fertilizer "Vermicompost" (200 kg/ha), as well as treating plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) in combination with foliar fertilizer SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) – 4.07 mg/kg, or Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) – 4.05 mg/kg. Whereas in the second half of the growing season of 2023, the use of foliar feeding SMARTGROW RENEWAL was most effective in the case of combining this factor with treatment of plants with MARS EL cryoprotectant. Under such conditions, the content of chlorophyll a was 4.16 on the unfertilized background, and 4.14 mg/kg on the fertilized background.

According to the obtained data, the best indicators of the photosynthetic potential of the growing season of 2023 were recorded for fertilizing with organic fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha) (6.99 million m²/ha on average) and treatment of plants with cryoprotectant MARS EL (0.5 l/ha). At the same time, additional treatment of

crops with SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) provided the conditions for obtaining the maximum photosynthetic potential indicator in the experiment - 7.38 million m²/ha.

In the third year of vegetation of paulownia plants, the average diameter of the trunk was 17.3 cm, the use of organic fertilizer helped to obtain an average increase of the indicator by 1.7 cm, and cryoprotectant - by 0.4 cm. For the fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha), treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and application of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) the diameter of the trunk was better according to the experiment - 18, 4 and 18.4 cm, respectively.

In the first year of vegetation of paulownia plants, organic fertilizer contributed to obtaining a better weight by 0.7 kg/plant, and cryoprotector guaranteed an increase of 0.3 kg/plant. In the next growing year, the increase from organic fertilizer was 1.7 kg/plant, and from the cryoprotectant - 0.6 kg/plant. In the third year of vegetation, the average mass of dry matter accumulated in one paulownia plant reached 26.7 kg/plant, and fertilization of plantations with organic fertilizer helped the plants to accumulate 3.8 kg/plant more mass. At the same time, due to the periods with low air temperatures in the spring of 2023, the role of the cryoprotectant increased even more, and the options where it was applied provided an increase in dry matter accumulation of 1.2 kg/plant. So, from year to year, we observed a strengthening of the contribution of organic fertilizer to the formation of dry matter accumulation, because plants need and consume significantly more nutrients for the formation of biomass growth than in the first year.

The complex effect of the research factors, as well as in the first and second year of vegetation, was better in terms of effect on the accumulation of dry matter by paulownia plants. Yes, for the combination of all the factors of the experiment, namely, "Vermicompost" fertilizer (400 kg/ha), treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and application of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) the mass of dry matter accumulated by one plant was better according to the experiment - 29.4 and 29.4 kg/plant.

It was established that the combination of all the factors of the experiment, namely, the fertilizer "Vermicompost" (400 kg/ha), the treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and the application of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) yield of dry matter was better according to the experiment. Thus, 2.25 and 2.24 t/ha were obtained in the first year, 8.90 and 8.80 t/ha in the second, and 18.4 and 18.4 t/ha in the third, respectively.

It was also found that as the plantations matured, the yield of paulownia increasingly depended on the use of organic fertilizer. Thus, in the first year, the yield increase was only 0.45 t/ha, while in the second year – 1.06 t/ha, and in the third – 2.40 t/ha. At the same time, the role of cryoprotectant is also important to consider, as it determines the resistance of paulownia plants to low temperatures at the beginning of the vegetation period, and the most significant increases from its use were observed in the second (0.39 t/ha) and third years of vegetation (0.73 t/ha), which corresponded to years with short-term decreases in air temperature after the restoration of vegetation of paulownia plants.

The cellulose content in paulownia plants was at the level of 43.8%, with the use of organic fertilizer, we got an increase of 1.05%, and the treatment of plants with a cryoprotectant contributed to an increase in the cellulose content by 0.41%. Therefore, in the case of a combination of such research factors, namely, "Vermicompost" fertilizer and treatment of plants with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha), the cellulose content was better according to the experiment - 44.5%.

The lignin content of paulownia plants was 20.3%, and the application of organic fertilizer contributed to an increase of 0.29%, while the use of a cryoprotectant provided an increase of 0.24%. The best indicators of the content of lignin in plants were obtained in the experiment with the combination of Vermicompost fertilizer (400 kg/ha), treatment of plants with cryoprotectant MARS EL (0.5 l/ha) and the use of foliar fertilizer SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) - 20.7%.

On average, in the first year of vegetation, the collection of biofuel was 2.07 t/ha, and in the second year of vegetation - 8.84 t/ha, which is quite small from the point of

view of the effective use of such biomass. In the third year of vegetation, the average biofuel harvest was 18.4 t/ha, and when using organic fertilizer, the increase was 2.64 t/ha, when treating plants with a cryoprotectant gave only an increase of 0.81 t/ha. So, for a combination of "Vermicompost" fertilizer (400 kg/ha), treatment with cryoprotector MARS EL (0.5 l/ha) and Quantum-AmiNoFrost (1.5 l/ha) or SMARTGROW RECOVERY (2.0 l/ha) the collection of biofuel was better according to the experiment - 20.2 and 20.2 t/ha.

In the third year of vegetation, the energy collection reached 273.4 GJ/ha, and fertilization of plantations with organic fertilizer helped plants accumulate 38.9 GJ/ha more energy with biomass yield, and the use of cryoprotectant contributed to obtaining 11.5 GJ/ha more. Therefore, the complex effect of the research factors, as well as in the first and second year of vegetation, was better in terms of its effect on the formation of energy collection per unit area of the paulownia field. Thus, for the combination of all factors of the experiment, namely, Vermicompost fertilizer, treatment of plants with cryoprotector MARS EL and the use of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost or SMARTGROW RECOVERY, energy collection with biomass was better according to the experiment - 301.3 and 299.6 GJ/ha.

It was established that the highest gross profit was obtained - 232.8 and 232.8 thousand hryvnias/ha, with the use of "Vermicompost" fertilizer, treatment of plants with cryoprotector MARS EL and the use of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost or SMARTGROW RECOVERY, the funds spent on paulownia seedlings were the smallest according to the experiment - 103.1 and 102.9 thousand hryvnias/ha, since better plant survival was observed on this option, i.e. it was necessary to plant much less new seedlings to form a highly productive plantation. The maximum of additional influencing factors contributed to the fact that the cost of care was 11.0 and 11.9 thousand hryvnias/ha, when the control was only 4.7 thousand hryvnias/ha. However, under the influence of the elements of agricultural technology, the total costs were lower according to the experiment - 112.7-114.8 thousand hryvnias/ha, when in the control they reached 122.6-122.9 thousand hryvnias/ha. Therefore, ensuring good

survival of expensive planting material is a fairly effective agromeasure for reducing the cost of industrial paulownia cultivation.

It was also established that the use of "Vermicompost" fertilizer, treatment of plants with cryoprotector MARS EL and the use of foliar fertilizer Quantum-AmiNoFrost or SMARTGROW RECOVERY resulted in 51.5 and 48.6 thousand UAH/ha higher net profit, by 1.79 and 1.68 thousand hryvnias/ha lower cost of one ton of products and 49.2 and 46.3% higher level of profitability.

Key words: foliar feeding, cryoprotectant, organic fertilizer, photosynthetic potential, leaf area, net photosynthetic productivity, plant growth and development, productivity, energy efficiency.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Карпук Л.М., **Тітаренко В.А.** Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії різних років вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. № 31. С. 38–46. <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292388> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).
2. Карпук Л.М., **Тітаренко В.А.** Урожайність та якість деревини павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. № 12 (1). <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.304813> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).
3. Карпук, Л. М., **Тітаренко, В. А.** Біоенергетична ефективність вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. № 12 (2). <https://doi.org/10.47414/na.12.2.2024.304842> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).

Матеріали науково-практичних конференцій:

4. **Тітаренко В.А.**, Карпук Л.М. Особливості росту й розвитку рослин павловнії першого року вегетації. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції АГРАРНА ОСВІТА ТА НАУКА: ДОСЯГНЕННЯ, РОЛЬ, ФАКТОРИ РОСТУ «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві» (20 жовтня 2022 р.). Білоцерківський НАУ. С. 95-96.
5. **Тітаренко В.А.**, Карпук Л.М. Особливості формування продуктивності рослин павловнії. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції магістрантів і молодих вчених «НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ У ХХІ СТОЛІТТІ» Інноваційні технології в агрономії, землеустрої та садово-парковому господарстві: (26 жовтня 2023 року). Білоцерківський НАУ. С. 96-97.

Інші публікації:

6. Matskevich V., Filipova L., Karpuk L., **Titarenko V.A.** (2022).
Біотехнологічні методи у розсадництві та селекції павловнії. The scientific
heritage. No. 83 (2). P. 3-10.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ВСТУП	23
Розділ 1. ПОХОДЖЕННЯ, БІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ (Огляд наукової літератури)	28
1.1. Походження, характеристика та біологічні особливості павловнії	28
1.2. Потреба павловнії в факторах живлення	35
1.3. Особливості технології вирощування павловнії	39
Розділ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	44
2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень	44
2.2. Агрокліматичні умови зони виконання досліджень	45
2.3. Схема та методика досліджень	54
2.4. Технологія закладання догляду за плантаціями павловнії	55
2.5. Коротка характеристика сорту та досліджуваних препаратів	58
Розділ 3. РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ	62
Розділ 4. РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ДРУГОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ	78
Розділ 5. РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ТРЕТЬОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ	93
Розділ 6. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ ЯК ПРОДУКТУ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИКИ	108
Розділ 7. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ	121
ВИСНОВКИ	130
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	135
ДОДАТКИ	157

ВСТУП

Промислові сільськогосподарські культури забезпечують цінну біомасу для виробництва продуктів з високою доданою вартістю, таких як біопластики, біомастильні матеріали, біохімічні речовини, фармацевтичні препарати, біокомпозити та біопаливо, а також для виробництва біоенергії. Останніми роками точаться дискусії щодо доцільності використання земель для вирощування паливних культур замість продовольчих. З метою зменшення використання продуктивних земель, придатних для традиційних культур, було запропоновано вирощувати технічні культури на маргінальних ґрунтах. Це допоможе знизити негативний вплив на продовольчу безпеку, викиди парникових газів та зберегти біорізноманіття. Маргінальні ґрунти – це землі з меншою родючістю, менш привабливі для вирощування традиційних культур.

За різними оцінками, в Україні від 2 до 15 млн гектарів належать до категорії малопродуктивних маргінальних земель. Хоча технології вирощування біоенергетичних культур загалом добре вивчені, технологія вирощування павловнії на маргінальних ґрунтах ще недостатньо досліджена та не відповідає потребам сучасного виробництва. Оскільки будь-яка технологія вирощування має забезпечити потреби рослини та повністю реалізувати її потенціал, важливим завданням сучасної науки є власне першочергово розробка та вдосконалення технології вирощування павловнії (*Paulownia*) в умовах України.

Актуальність теми. Останніми роками в Україні виникають суперечності між виробництвом біопалива та продуктів харчування. Інтенсивне використання лісових ресурсів для палива є неприйнятним, оскільки середній рівень лісистості території України становить менше 16%. Тому для покращення потенціалу біоенергетики в Україні необхідно вирощувати високоякісну сировину для виробництва біопалива.

Серед численних біоенергетичних культур перспективною є павловнія, а найбільш адаптованим для вирощування в Україні є клон павловнії

«in Vitro 112». Цей морозостійкий клон добре пристосовується до умов України та може забезпечити високі якісні показники.

Біомаса павловнії може служити сировиною для виробництва твердих видів біопалива. Вона містить незначну кількість олій та смол, має високий вміст таніну (дубильної кислоти), що робить її стійкою до гниття, пошкодження короїдами та грибкових захворювань. Завдяки цим властивостям павловнія може бути цікавою сировиною для промисловості.

Проте, наразі в Україні як така відсутня взагалі технологія вирощування павловнії в промислових масштабах. Роботи з введення в культуру та подальшого вивчення рослин виконуються в декількох науково-дослідних інститутах, серед яких провідну роль займає Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Однак, дослідження розрізнені та не стосуються питань удобрення рослин і, власне, їх ефективного стимулювання та захисту від дії низьких температур повітря.

Отже, обраний напрям досліджень є актуальним та висвітлює важливе наукове питання розробки нових та дослідження існуючих елементів технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за дисертаційною роботою виконувалися у Білоцерківському національному аграрному університеті впродовж 2021–2024 років та були складовим завданням ініціативної теми досліджень: «Вивчення елементів технології вирощування павловнії в умовах Лісостепу України» (номер держреєстрації 0122U200112).

Мета та завдання досліджень.

Мета досліджень полягає в удосконаленні технології вирощування павловнії на біоенергетичні цілі, дослідженні особливостей формування продуктивності рослин за умови їх вирощування на різних варіантах удобрення, захисту кріопротекторами та позакореневого підживлення.

Завдання досліджень:

- виявити особливості формування й реалізації потенціалу продуктивності рослин павловнії залежно від їх взаємодії з прийомами технологій вирощування та факторами довкілля;
- обґрунтувати параметри агротехнології вирощування, що виявляють максимальну реалізацію біологічного потенціалу рослин павловнії;
- розробити елементи технології вирощування павловнії з врахуванням адаптивного потенціалу росту й розвитку, а також їх взаємодії з навколишнім середовищем;
- визначити особливості формування продуктивності павловнії залежно від впливу удобрення, захисту кріопротекторами та позакореневого підживлення;
- дослідити закономірності росту та розвитку, процесу фотосинтезу павловнії залежно від впливу абіотичних факторів й агротехнічних заходів у досліді;
- розрахувати енергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології та збір енергії з урожаєм павловнії загалом.

Об'єкт досліджень: процеси росту й розвитку та формування продуктивності павловнії.

Предмет досліджень: фактори впливу на рослини павловнії основного удобрення, кріопротектора та позакореневого підживлення.

Методи дослідження.

Польовий метод використовували для спостереження за розвитком рослин, умовами зовнішнього середовища, оцінки складових технології вирощування та визначення агротехнічних й економічних переваг від проведених заходів. Вимірювально-ваговий метод використовували для обліку змін у динаміці росту та продуктивності. Розрахунково-порівняльний метод застосовували для розрахунку ефективності результатів досліджень з точки зору їх економічної та енергетичної доцільності. Математично-статистичний метод дозволив оцінити ступінь достовірності відмінностей між різними варіантами досліджень.

Наукова новизна досліджень. Уперше в умовах Лісостепу України розроблені нові елементи технології вирощування павловнії на біоенергетичні цілі та перевірені в комплексі існуючі агрозаходи вирощування; ідентифіковано комплексне органічне добриво нової формуляції для удобрення плантацій; визначено оптимальний кріопротектор для внесення на ранніх стадіях розвитку рослин та подальшого позакореневого підживлення плантацій.

Удосконалено технологічні аспекти у вирощуванні павловнії в умовах Лісостепу України шляхом застосування елементів агротехніки та догляду за плантаціями рослин.

Дістали подальшого розвитку підходи у визначенні біологічних особливостей формування та реалізації потенціалу продуктивності павловнії в онтогенезі залежно від екологічних та технологічних чинників.

Практичне значення наукової роботи. За результатами проведених досліджень запропоновані оптимальні варіанти застосування основного удобрення та позакореневого підживлення й обробки рослин кріопротекторами за вирощування павловнії. Розроблені рекомендації використовуються у виробництві при складанні технологічних карт вирощування павловнії, особливо на біоенергетичні цілі. За результатами проведених досліджень виявлено найбільш оптимальні варіанти польового експерименту, які сприяють формуванню високого потенціалу продуктивності рослин та були впроваджені у виробництво.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційну роботу автор виконав самостійно. Проведено аналіз вітчизняних та іноземних наукових джерел, розроблено програму та план експерименту, виконано усі польові дослідження, визначено енергетичну доцільність досліджень та сформульовано висновки й рекомендації для аграрного виробництва. Отримані наукові результати були опубліковані у наукових статтях на основі аналізу та уточнення проведених досліджень.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Упродовж 2021–2024 рр. результати наукових досліджень доповідались на засіданнях кафедри

землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету та науково-практичних конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції АГРАРНА ОСВІТА ТА НАУКА: ДОСЯГНЕННЯ, РОЛЬ, ФАКТОРИ РОСТУ «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві» (м. Біла Церква, 20 жовтня 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції магістрантів і молодих вчених «НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ У ХХІ СТОЛІТТІ» Інноваційні технології в агрономії, землеустрої та садово-парковому господарстві (м. Біла Церква, 26 жовтня 2023 р.).

Публікації результатів досліджень. За дисертаційною роботою опубліковано 5 наукових праць, зокрема 3 у фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних та 2 тез доповідей на науково-практичних конференціях (Додаток А 6).

Обсяг та структура дисертації. Дисертацію викладено на 164 сторінках комп'ютерного набору тексту, містить 27 таблиць, 9 рисунків. Роботу складено зі вступу, семи розділів, висновків й рекомендацій виробництву. Перелік використаних літературних джерел налічує 200 найменувань, з яких 140 латиницею.

Розділ 1

ПОХОДЖЕННЯ, БІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ (Огляд наукової літератури)

1.1. Походження, характеристика та біологічні особливості павловнії

Положення роду *Paulownia* в систематиці рослин залишається дискусійним питанням, і протягом останнього півстоліття зазнало значних змін. Порядок Lamiales, який належить до підкласу Euasterids I, добре підтверджений і включає наразі 23 родини. Завдяки молекулярній систематиці вдалося ідентифікувати багато монофілетичних груп колишньої родини Scrophulariaceae. Зокрема, Scrophulariaceae були поділені на основі серії молекулярних досліджень, що призвело до переосмислення, відновлення та нових описів родин, що включають ці монофілетичні лінії [4; 5; 6; 199].

Дерево *Paulownia tomentosa* має багато синонімів: *Paulownia tomentosa* Steud., *Bignonia tomentosa* Thunb., *Paulownia grandifolia* Hort. ex Wettst., *Paulownia imperialis* Sieb. & Zucc [7; 8].

Наразі рід *Paulownia* включає понад 20 видів рослин (за даними різних авторів, від 20 до 25 видів). Ідентифіковано такі види: *Paulownia tomentosa*, *P. fortunei*, *P. australis*, *P. elongata*, *P. fargersii*, *P. silvestris*, *P. catalpifolia*, *P. coreana*, *P. duducxii*, *P. wealth*, *P. albiphloea*, *P. glabra*, *P. grandifolia*, *P. sinensis*, *P. taiwaniana*, *P. thyrsoidea*, *P. imperialis*, *P. kawakamii*, *P. longifolia*, *P. meridionalis*, *P. lilacina*, *P. mikado*, *P. recurva*, *P. rehderiana*, *P. viscosae*. В Україні найбільше культивують вид *Paulownia tomentosa* та його сорти й гібриди [9; 11; 12].

Хоча кількість молекулярно-філогенетичних досліджень зростає, детальні морфологічні та онтогенетичні дані часто відсутні або потребують переоцінки. Однією з відновлених родин є *Paulowniaceae*, яка включає один рід і від шести до десяти видів, хоча деякі автори стверджують, що їх до двадцяти, походять вони зі Східної Азії. Рід *Paulownia* зазвичай класифікували як частину родини

Scrophulariaceae, але іноді його розміщували на межі між Scrophulariaceae та Bignoniaceae або навіть переносили до Bignoniaceae. Проте Накаї (1949) розглядав його вже як окрему родину, Paulowniaceae [13; 15; 16; 17].

Дерево *Paulownia* було відоме в Японії як "Kiri Zoku" протягом тривалого часу, аж до того, як Енгельберт Кемпфер, перший європейський вчений, описав його в "Amoenitas exoticae" у 1712 році. Карл Тунберг, після Кемпфера, залишився в колонії Нагасакі для збору зразків для гербарію. Повернувшись у 1783 році, він описав дерево як *Bignonia tomentosa*, ґрунтуючись на протилежному розташуванні листки, великих квітах і крилатих насінинах [18; 19].

Латинську назву *Paulownia* для цього роду дав швейцарський ботанік Тунберг, опублікувавши її в "Флора Японії" у 1781 році. Він відніс рід до родини Bignoniaceae і визначив його як вид *Bignonia tomentosa*, який схожий на *Paulownia tomentosa*. У 1835 році голандські вчені Цуккаріні і Зібольд, після детальнішого вивчення, перенесли рід *Paulownia* до Scrophulariaceae. Відтоді вчені з Китаю та інших країн описали нові види, визнавши загалом 23 види [20; 22].

Філіп Франц фон Зібольд, зібравши зразки для гербаріїв під час перебування в Японії, у співпраці з Йозефом Герхардом Цуккаріні, опублікував у 1835 році опис *Paulownia imperialis*. Вони назвали цей рід на честь королеви Анни Павлівни Романової (1795-1865), дочки царя Павла I та племінниці Катерини Великої, яка вийшла заміж у 1816 році за короля Віллема II Нідерландського (1840-1849) [26; 27; 28].

Спочатку Ернест Штойдел Тунберг включив це дерево до роду *Bignonia*, але в 1841 році перекласифікував його до роду *Paulownia*, давши назву *Paulownia imperialis*, яка зберігалася довгий час. Рід протягом довгого періоду був включений до родини Bignoniaceae. У 1835 році Стівен Ендліхер представив рід *Paulownia* в родині Scrophulariaceae, через присутність ендосперму у насінні [29; 31; 32].

У 1959 році Ху та інші дослідники провели подальші дослідження роду *Paulownia*, виправивши деякі недоліки і класифікувавши цей рід на шість видів. У 1973 році Чжу Хуа Жао та інші вчені з дослідницької групи *Paulownia*, що працювала в Китайській академії лісового господарства, провели систематичне дослідження *Paulownia* і зібрали додаткові дані для ідентифікації роду і виправлення класифікації видів [33; 34].

Павловнія походить з центрального та західного Китаю, головним чином вирощується в інших регіонах як декоративне дерево, завдяки її величезному весняному цвітінню та красивим зеленим листкам, схожих на катальпу. На сьогоднішній день вона поширена та культивується у багатьох куточках світу [36; 38].

Проте деякі дослідники вважають, що рід *Paulownia* має бути включений до родини *Vignonaceae*, тоді як інші зазначають, що *Paulownia* повинна утворювати окрему родину. Однак більшість дослідників схиляються до думки, що *Paulownia* має бути включена до родини *Scrophulariaceae*. Українські вчені, в результаті паліноморфних досліджень, підтверджують, що рід *Paulownia* має бути віднесений до родини *Paulowniaceae* [39; 40; 41].

Згідно з сучасною таксономічною системою класифікації квіткових рослин, розробленою Angiosperm Phylogeny Group III (APG III), павловнія повстиста має таке розташування в систематиці рослин: порядок: *Lamiales*, родина: *Paulowniaceae*, рід: *Paulownia* Siebold et Zucc., вид: *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud [42; 46].

У культурі павловнія може бути знайдена у різних регіонах України. Наприклад, у Південному Криму від Євпаторії до Феодосії та в Північному Криму, таких як Бахчисарай та Сімферополь. Вона рідко зустрічається у садах і парках південної, південно-західної, Прикарпатської та Закарпатської України. У Одесі можна знайти великі плодоносні екземпляри, які витримують лише холодні зими, а на Закарпатті павловнія досягає величезних розмірів завдяки абсолютній зимостійкості. У Львові та Чернівцях можливі підмерзання, а у Києві вона може вимерзати до кореня, але відновлюється з порослі. У Харкові та на

північ навіть до кореня, павловнія може вимерзати, але росте як оригінальний екзотичний багаторічник із великими листками; в умовах півночі вимагає укриття прикореневої частини на зиму [48; 49; 198; 200].

Павловнія, власне, є деревом, яке втрачає листки восени та може досягати висоти до 15 (іноді 20-25) метрів, маючи обширну округлу або яйцеподібну крону. Її листки мають довгі черешки, є широко серцеподібними або яйцеподібними, з цілими краями, іноді з трьома лопатями, загостреними на кінцях, зверху пухнасті, а знизу повстяні. Розміри листків можуть сягати 15-20 см, а на сильнорослих пагонах і особливо на молодих ростках - навіть до 50 см. Листки починають розкриватися пізно, зазвичай у травні, і опадають в листопаді або на початку грудня. На різних етапах росту пагонів формуються листки різної форми та розміру з різними дрібними структурами. Японські дослідники, такі як Сава Кобаяші, класифікували листки на чотири типи відповідно до їх морфології: «перший листок», «стандартний листок», «маленький листок» і «листок із бутоном квітки» [50; 51; 52].

Перші листки мають округлу форму та приблизно 9 см у діаметрі і виникають на ранній стадії розвитку пагона. Стандартні листки є серцеподібними і мають приблизно 24 см у довжину; цей тип є найбільшим і найпоширенішим серед листків. Дрібні листки мають овальну форму та приблизно 10 см у довжину; вони знаходяться біля верхівки пагона. Листки бутонів є невеликими, овальними, приблизно 5 см у довжину; цей тип листків з'являється на підгіллях із квітковими бруньками, що відходять від головного пагона [54; 54].

Квітки мають форму дзвоника з п'ятьма лопатями віночка, вони великі (5-6 см), блідо-фіолетового кольору, ароматні, зібрані великими волотями завдовжки до 25 см. Квіткові бруньки формуються в кінці літа і залишаються на рослині до зими, розкриваючись в квітні-травні наступного року, перед або під час розпускання листків [55; 56; 196].

Плід цієї рослини - це велика, суха, яйцеподібна коробочка з дерев'яним дзьобиком, коричневого кольору. Вона має багато насінин і довжину 3-4 см,

ширину 2-3 см, відкривається двома стулками. Плодове стебло має довжину 1,5-2,5 см. Плоди утримуються на дереві до літа, а кількість насіння від одного плоду може бути від 1200 до 2300, а маса 100 плодів складає 55 грам. Плодоносить, зазвичай, у вересні-листопаді. Насіння дуже маленьке, з крилоподібною структурою, зародок оточений міцним ендоспермом, з довжиною близько 10 мм та шириною і товщиною 0,1-0,2 мм. Маса 1000 насінин коливається від 0,13 до 0,18 грама [59; 60; 62].

Плоди дозрівають в серпні-вересні і розносяться вітром на відстань до 1 км. Після цього вони можуть зберігатись в землі протягом трьох років, та готові прорости, як тільки оточуюче середовище стане сприятливим. В лабораторних умовах здатність до проростання насіння становить 80-90%. Свіже зібране насіння проростає на світлі при температурі 30 °C (8 годин) або при 20 °C (16 годин). У висадковому ящику насіння без попередньої обробки добре проростає на вологій та затіненій поверхні ґрунту [63; 64; 194; 195].

Павловнія володіє певною морозостійкістю: дорослі рослини з дерев'янистими пагонами можуть пережити короткочасні морози до -25-28 °C. Вона не дуже вибаглива до ґрунту і може рости на різних типах, включаючи навіть сухі ґрунти з вмістом вапна до 2 %. Проте для найкращого росту і розвитку рекомендується ґрунт з глибоким, помірно вологим, добре дренованим та достатньо родючим глинистим складом [65; 66; 69].

Розмножується павловнія переважно за допомогою кореневих паростків і насіння. Коренева система павловнії має значний об'єм, проникаючи глибоко в ґрунт. Корені на поверхні ґрунту є тонкими, добре розгалуженими, утворюючи густу мережу. Поглинальні корені мають діаметр приблизно 1-7 мм і можуть розповсюджуватись на відстань 70-90 мм. Фактори, такі як рівень ґрунтової води та фізико-хімічні властивості ґрунту, істотно впливають на розмір і розподіл кореневої системи [70; 71; 190; 191; 197].

Ідеальним для павловнії є легкий ґрунт з гарним дренажем. У зрілих дерев глибина коренів може досягати 30 метрів, а діаметр - близько 28 метрів, що в 3

рази більше, ніж розміри крони. Близько 70-80 % поглинальних коренів розташовані на глибині 40-100 см в ґрунті [72; 74].

Павловнія не лише вражає своєю красою як декоративне дерево, але й має велике значення як технічна культура. Її насіння містить цінну олію, яка широко використовується в Японії для промислових цілей, таких як змащування певних видів паперу та як домішка до японського лаку [75; 76].

Деревина павловнії відома своєю красою, схожою на деревину горіха, є дуже легкою (з питомою вагою 0,240) та м'якою, але, водночас, досить міцною та стійкою до вологості і гнилі. Серцевина має відтінки від світло-жовтого до світло-червоного кольору, і кордон між заболонню та серцевиною рідко виражений. Заболонь зазвичай вузька та містить одне або два річні кільця, які чітко видно на всіх зрізах деревини [77; 78; 188; 189].

Структура деревини є кільцеподібно-судинною або напівкільцеподібно-судинною, залежно від умов росту та розвитку. Судини можуть бути слабкими або невидимими без допомоги мікроскопа, а промені видно лише за значним збільшенням. Під мікроскопом судини мають овальну форму, а їх розмір може різнитися від ранніх до пізніх деревних судин. Вони оточені смугою паренхіми різної форми, а серцевинні промені можуть бути однорядними чи багаторядними [79; 80; 82].

Павловнія відзначається високою міцністю, що визначається як співвідношення міцності до ваги. Це має особливу цінність в певних областях застосування, де потрібні конструкції, які мають бути дуже легкими, але при цьому міцними, наприклад, у виробництві композитних панелей [83; 84; 186; 187].

Деревина павловнії здатна задовольнити різні потреби через свою різноманітність властивостей. Вона використовується для виготовлення широкого спектру продуктів, таких як фанера, будівельні матеріали (за винятком конструкційної деревини), папір, шпон, різьблені вироби, сабо, меблі, кухонне приладдя, наприклад, посуд для приготування рису, відра, миски та ложки, а також палиці [86; 87].

Деревина павловнії також широко використовується у виробництві музичних інструментів, де її акустичні характеристики дають нові звукові можливості, що відрізняються від традиційних інструментів, зроблених з ялини [88; 89].

Також проведені тести показали, що деревина павловнії має високі показники, які цінуються у виробництві олівців і крейди, що робить її відмінним вибором для цих цілей, порівняно з іншими видами деревини, такими як тополя і ялина [91; 92].

Багато досліджень зосереджуються на якості деревних волокон, які є важливим фактором у целюлозній промисловості, впливаючи на продуктивність та якість виробництва. А окремі автори стверджують, що в результатах досліджень, проведених на 3-річних плантаціях, розміри волокон типові для листяних порід, що є корисними для цієї галузі промисловості. Однак значення цих розмірів змінюються в залежності від виду, хоча довжина волокон різних видів павловнії подібна та коливається приблизно від 0,82 мм до 1,002 мм, товщина клітинної стінки значно відрізняється. Наприклад, середня товщина клітинної стінки волокон може варіюватися у різних видів павловнії від 3,8 мкм до 8,6 мкм [93; 94; 95].

Попович та Радошевич вказують, що хімічний склад окремих видів павловнії значно відрізняється. Подібні відмінності та придатність для виробництва целюлози також були відзначені в інших дослідженнях [96].

Сьогодні плантації павловнії, спрямовані на вирощування біомаси, стають дуже популярними. Дерева цього виду можуть виробляти стільки ж біомаси за один рік, скільки інші види можуть виробляти за кілька років. Найефективніше в цьому відношенні працюють гібриди, які були правильно підібрані, хоча між різними гібридами і регіонами, де проводилися досліді, можуть спостерігатися значні відмінності [98; 99; 100].

1.2. Потреба павловнії в факторах живлення

Павловнія славиться своєю здатністю швидко пристосовуватися до різних умов довкілля, проте, для її інтенсивного зростання необхідне значне забезпечення водою, від 1000 до 2000 літрів на кожну рослину протягом першого сезону вегетації. Для неї найбільш підходить ґрунт із водопроникною структурою та рН вище 5. При вивченні можливості введення цього виду в більш холодні кліматичні зони слід зосередитися на його морозостійкості, яка варіюється залежно від конкретного виду. Наприклад, мінімальні температури, які переносять деякі види, коливаються від -20 °С для *P. tomentosa*, від -15 °С до -18 °С для *P. elongata* і *P. catalpifolia*, та від -5 °С до -10 °С для *P. fortunei*, *P. Kawakamii* і *P. fargesii*. Інтродукційні експерименти, проведені в Китаї, показали лише часткове виживання при низьких температурах. Оскільки більшість гібридів зараз культивуються, головним чином, у південній Європі, інформація про морозостійкість конкретних гібридів досить обмежена. Зважаючи на швидке зростання павловнії у природних умовах та її високу адаптивність, використання її для швидкого отримання сировини в культурі розглядалося вже давно [101; 104; 192; 193].

Ці дерева зазвичай досягають висоти грудей від 30 до 40 см за 10 років і дають від 0,3 до 0,5 м³ деревини, хоча при оптимальних умовах корисна деревина може бути отримана за 5-6 років. Використання природних видів у посадках було популярним у Китаї та Південно-Східній Азії протягом століть. Павловнія має вражаючу динаміку росту порівняно з іншими видами, навіть з найшвидше зростаючими тополями. Однак з часом природні види стали замінюватися гібридами, введення яких передували різноманітні дослідницькі програми. Для отримання гібридів відбирають особини кількох популярних видів з високою продуктивністю та адаптивністю до середовища, наприклад, *P. elongata* x *P. fortunei*, *P. fortunei* * *P. tomentosa* [105; 106].

Рослини павловнії можуть витримувати значний діапазон температур, від близько -25 °С до близько 47 °С, з оптимальною температурою в межах 25-27 °С.

У роді *Paulownia* види витримують різні низькі температури: *Paulownia elongata* до -25 °C, *P. tomentosa* до -20 °C, а *P. fortunei* до -15 °C. Усі види чутливі до пізньовесняних заморозків після початку вегетації, які можуть пошкодити вегетативні та квіткові бруньки [107; 109].

Діапазони температур, які витримують цільові види, є дуже широкими. Наприклад, *Paulownia tomentosa* (+60 °C), *Paulownia elongata* (+55 °C), і *Paulownia catalpifolia* (+53 °C) відзначаються високою термостійкістю, тоді як *Paulownia kawakamii* (+37 °C) є менш термостійкою. Максимальні температури коливаються від +34 °C (*Paulownia fargesii*) до +41 °C (*Paulownia albiphloea*) [110; 112; 113].

Стійкість до низьких температур взимку різних видів істотно відрізняється. Найбільш стійкими до холоду є *Paulownia arctic* (-30 °C), *Paulownia tomentosa* (-20 °C), *Paulownia elongata*, *Paulownia catalpifolia* (-15 °C) і *Paulownia fargesii* (-11 °C). Деякі види, такі як *Paulownia kawaiianii* (-8 °C), *Paulownia australis* (-6 °C), *Paulownia albiphloea* (-3 °C) і *Paulownia taiwaniana* (+2 °C), не витримують температур нижче -10 °C [115; 118].

Саджанці, у яких стовбур недостатньо здерев'янів або слабо розвинений, стають більш вразливими до морозів, особливо на сонячній стороні. Можливі ураження морозом кори кореня, що може призвести до розпаду ділянок та порушення цілісності деревини. Травми можуть виникати не лише через низькі температури, але й через різницю між денною та нічною температурами. Для запобігання травмам може бути корисним обмазування осьових пагонів розчином вапна або їх укриття соломкою [119; 120].

Рослини *Paulownia* ssp. досить маловибагливі до ґрунтових умов і можуть давати гарні результати як на піщаних, так і на глинистих ґрунтах, а також на тяжких ґрунтах. Однак важливо враховувати вміст глини в ґрунті, його рН та рівень ґрунтового вологозабезпечення. Глинистість різних ґрунтів, на яких зростають різні види павловнії, може значно відрізнятися. Наприклад, *Arctic Paulownia* та гібрид *Shang Tong* (результат схрещення *P. tomentosa* та *P. fortunei*) добре процвітають на ґрунтах з вмістом глини від 16,25 % до 23,49 %, тоді як

інші види цього роду зазвичай ростуть на ґрунтах з меншим вмістом глини, менше 10 % [122; 123].

Більшість видів павловнії володіють глибокою і добре розвиненою кореневою системою. Процес росту та розгалуження кореневої системи потребує належного забезпечення водою та температурним режимом, а також добре провітрюваними ґрунтами. Рослини з роду *Paulownia* вимагають, щоб загальна пористість ґрунту перевищувала 50 %. У випадку ґрунтів з високим вмістом глини, *Paulownia fortunei* та *Paulownia tomentosa* проявляють найкращу адаптацію [96, 172]. Деревя павловнії чутливі як до глибини ґрунтових вод, так і до засолення. Загалом, оптимальна глибина залягання ґрунтових вод для їхнього процвітання не повинна перевищувати 1,5 метра, а тривале затримання води в ґрунті понад 3-4 дні може призвести до загибелі рослин. Засолення ґрунту понад 1 % має значний вплив на ріст дерев [124; 125; 128].

Значення рН ґрунту та стійкість до солоності залежать від конкретного виду. Наприклад, *Paulownia elongata* і *Paulownia tomentosa* успішно розвиваються на ґрунтах з рН від 5,0 до 8,9, тоді як *Paulownia fargesii* та *Paulownia albiphloea* краще ростуть на ґрунтах з рН від 5,6 до 6,0. Деревя павловнії можуть вибірково забирати іони кальцію та магнію з ґрунту [129].

Під час вирощування павловнії важливо забезпечувати її достатньою кількістю азоту і калію, зокрема слід приділяти увагу добривам із калієм, уникаючи тих, що можуть містити хлор, оскільки він може негативно впливати на рослини. Особливо у перші роки росту рослини потребують значної кількості поживних речовин для належного розвитку, що створює необхідність в оптимізації її живлення [130; 131].

У цілому, павловнія має успіх в умовах з річною кількістю опадів від 500 мм до 3000 мм. Також важливим є розподіл опадів, і деякі дослідження показують, що рослини роду *Paulownia* зазвичай найкраще розвиваються в умовах, де близько 65 % річної кількості опадів припадає на період інтенсивного росту рослин, який відбувається з червня по серпень, особливо для країн та регіонів з недостатнім вологозабезпеченням [132; 133].

Павловнія потребує регулярного поливу лише протягом перших двох років. У цей період витрата води на полив становить 30-40 літрів один або два рази на тиждень. Після того, як коренева система рослин розвинеться (зазвичай на третій рік), потреба в спеціальному поливі зменшується. Найбільш стійкими до посушливості є види *P. tomentosa*, а потім стійкість знижується у *P. elongata*, *P. kawakami*, *P. fortunei* та *P. catalpifolia*. Дослідження, проведені в дельті Дунаю, показали, що саджанці, вирощені на ґрунтах з надлишковою вологою до червня-липня, повністю випадали вже у перший рік [136; 137].

Павловнія - дерево, яке потребує багато світла. Дослідження видів *P. elongata* та *P. taiwanese* показали, що вони найбільш ефективно ростуть при інтенсивності світла близько 60 000 люкс (що становить 60 % від світла ясного дня), в той час як для більшості інших видів точка насичення світла становить приблизно 20 000-30 000 люкс (20-30 % загальної сонячної енергії). Найбільш стійкими до тіні є *P. fortunei* і *P. fargesii*. Загалом, рослини павловнії мають розсіяні гілки та листки, які дозволяють проникнення світла. Навіть невелика різниця в інтенсивності освітлення з одного боку може спричинити спотворення форми крони. Експерименти показали, що зниження освітлення на 30 % може суттєво вплинути на рослини, що підкреслює важливість для цього виду інтенсивного освітлення. Тому рекомендується уникати суміжного вирощування з іншими швидкоростучими деревами та розташування поряд з більш високими деревами [138; 139].

Сильний вітер може повністю або частково знищити саджанці та молоді дерева, тоді як дорослі дерева залишаються неушкодженими. При швидкості вітру понад 40 км/год гілки та пагони можуть ламатися. Проте не рекомендується висаджувати павловнію в місцях з вітрами швидкістю понад 30-40 км/год. Крім того, велика кількість снігу, що випадає за короткий час, може призвести до ламання тонших гілок [141].

Деревина павловнії містить танін, що робить її стійкою до шкідливих комах. Павловнія добре росте в міських умовах, витримує забруднення повітря і ґрунту. Завдяки високій екологічній пластичності ця рослина може успішно

вирощуватися на забруднених важкими металами та малородючих ґрунтах, непридатних для інших культур [142].

Унікальність павловнії полягає в тому, що після зрізання дерево не потребує повторної посадки. Після кожного зрізу воно відновлюється з вегетативних бруньок, розташованих біля основи стебла. Термін життя кореневої системи складає 70-100 років і дозволяє використовувати дерево від 4 до 9 циклів по вісім років, що дає змогу відновлювати виробництво без додаткових витрат на посадку. Зрізати рослини можна в будь-яку пору року, незалежно від сезону і термінів заготівлі, що не характерно для інших порід дерев [143; 144].

1.3. Особливості технології вирощування павловнії

Енергетичні рослини є другим за важливістю джерелом біомаси в Україні після поживних решток, маючи високий потенціал для заміни природного газу у виробництві тепло- та електроенергії, а також як надійне джерело сировини для виробництва біопалива та біогазу. Найчастіше вирощуваними енергетичними культурами є деревні види, такі як верба, тополя, павловнія, а також багаторічні трави, зокрема міскантус [145; 146].

Згідно з даними науковців у галузі біоенергетики, в Україні є до 4 мільйонів гектарів покинутих сільськогосподарських земель, які через свої характеристики або розташування не використовуються для вирощування продовольчих культур. Ці землі можуть потенційно бути використані для вирощування енергетичних рослин [148; 149].

А от згідно з даними сайту Біоенергетичної асоціації України, площа земель, придатних для потенційного вирощування енергетичних культур в Україні, становить близько 451 тис. га. Ці дані, актуальні на 2020 рік, охоплюють землі, які не використовувалися для сільськогосподарських потреб понад 5 років станом на 2020 рік [147].

Перелік рослин, які можуть вирощуватися в Україні як біоенергетичні культури, наведено в Державному реєстрі сортів рослин для біоенергетичного

використання. Оновлений реєстр, офіційно опублікований у червні 2024 року, містить 375 видів ботанічних таксонів і 13 790 сортів рослин. До реєстру внесено 36 сортів енергетичних рослин, зокрема 12 сортів павловнії [149].

Лише протягом 2022 і 2023 років до реєстру було додано два сорти павловнії (Енерджі, Лідея). Зареєстровані сорти зазвичай придатні до вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України (Полісся, Лісостеп, Степ), за винятком сорту «Сила природи», який підходить лише для Лісостепу. Ефективність вирощування значною мірою залежить від особливостей сорту рослини, характеристик ґрунту, достатності вологи, морозостійкості, посухостійкості та стійкості до хвороб і шкідників [149; 150].

Деревина павловнії є особливим видом матеріалу завдяки своїй чудовій вогнестійкості. Завдяки цій властивості вона тривалий час використовувалася в Японії для виготовлення шаф для одягу. Тканина деревини павловнії дуже пориста і нагадує структуру бджолиних сот. Вона легко піддається карбонізації при нагріванні. Оскільки деревина павловнії містить мало лігніну, при нагріванні вона виділяє дуже мало горючого газу [151; 152].

Завдяки високій поживній цінності, листки павловнії використовували для годівлі жуйних і нежуйних тварин, а також птиці. Вони також відомі своїми лікувальними та антибактеріальними властивостями, хоча ці характеристики ще мало вивчені [152; 155; 185].

У Швеції павловнію використовують для очищення стічних вод і переробки рідин зі сміттєзвалищ. Потім деревину використовують як сировину для целюлозно-паперової промисловості або виробництва біопалива. В Японії павловнію вирощують як технічну рослину для добування олії з її плодів та як деревну сировину [154; 156].

Перспективним є використання павловнії повстистої в медичній та фармацевтичній галузях, зокрема як джерела протизапальних і антибактеріальних фітосубстанцій [157; 158].

Листки павловнії можуть бути потенційним джерелом енергії у вигляді біогазу. З цієї точки зору, дослідники визначили відмінності між різними видами

павловнії. Насправді *Paulownia spp.* у порівнянні з іншими деревами, такими як верба та тополя, мають оптимальні характеристики росту та адаптації, а також вищу біомасу. Дослідження повідомляють про типові симптоми стресу у рослин *P. tomentosa*, такі як пригнічення росту та зменшення площі листків, що виникають при високій концентрації цинку (понад 2000 мкМ) під час фіторе mediaції [158; 159].

Павловнія росте так швидко, що спочатку нагадує трав'янисту рослину. Швидкий ріст і життєздатність є основними причинами культивування цього виду, але вони також викликають занепокоєння щодо його інвазивних характеристик. Масове завезення павловнії до Європи, зокрема до України та Польщі, супроводжується занепокоєнням щодо її поведінки в навколишньому середовищі. У деяких країнах певні види павловнії вважаються небезпечними. Наприклад, в Австрії павловнію повстисту (*P. tomentosa*) вважають інвазивним видом. У Чехії цей вид отримав статус чужорідного, що потребує постійного моніторингу. У Польщі Державна рада охорони природи висловила обережну позицію щодо створення плантацій гібриду *P. elongata* та *P. fortunei*, відомого як *Oxytree Paulownia* клон «in Vitro 112» (C) [160; 161; 164; 167].

Павловнія була ввезена в США приблизно у 1840 році (*P. tomentosa*). Протягом близько 150 років вона поширювалася у різних штатах, призводячи до численних проблем, що викликали жваві дебати щодо всіх видів павловнії. *P. tomentosa* була офіційно визнана як інвазивний вид, що призвело до початку боротьби з нею багатьма штатами. Вид *P. elongata*, який менш інвазивний і легко контролюється, також не був прийнятий з ентузіазмом. Павловнія має як прихильників, так і противників у США, і обговорення про неї виростають через наявність там культур, що приносять значні доходи своїм власникам [162; 163; 169].

У Болгарії павловнія була ввезена на початку 1970-х років як декоративне міське дерево. Спочатку була популярна *P. tomentosa*. Згодом також виникло зацікавлення до видів *P. elongata* та *P. fortunei*, і лише гібриди розглядалися як потенційний продукт для широкомасштабної інтродукції [170; 171; 172].

В англомовній літературі про інвазії рослин існує значна плутанина щодо термінів "натуралізований" і "інвазивний", а також пов'язаних із ними понять. Декілька авторів використовували ці терміни для опису послідовності подій від впровадження до вторгнення, але часто неточно, помилково або суперечливо. Це ускладнює формулювання надійних узагальнень у концепції інвазії [173; 174; 175].

Інтродукція означає, що рослина (або її розмноження) була перенесена людьми через значний географічний бар'єр. Натуралізація починається, коли подолано абіотичні та біотичні бар'єри для виживання, а також бар'єри для природного розмноження. Інвазія відбувається, коли інтродуковані рослини створюють репродуктивне потомство у районах, віддалених від місць інтродукції (приблизні масштаби: понад 100 м протягом менше 50 років для таксонів, що поширюються насінням та іншими пропагулами; понад 6 м/3 роки для таксонів, що поширюються корінням, кореневищами, столонами або повзучими стеблами). Таксони, здатні впоратися з абіотичним середовищем і біотою у певній області, можуть вторгнутися в порушені, напівприродні спільноти. Вторгнення у зрілі, непорушені спільноти зазвичай вимагає подолання ще однієї категорії бар'єрів [164; 165; 166; 168; 176].

Чужорідні види, що становлять біологічну та економічну загрозу, потребують насамперед досліджень незалежних установ для підтвердження можливості введення таких видів у культуру або необхідності відмови від їх інтродукції. У багатьох країнах, включаючи Європу, успішно вирощують гібриди павловнії, але результати, перевірені в деяких країнах, не гарантують аналогічного успіху в різних кліматичних та екологічних умовах [177; 178; 179].

Розглядаючи створення плантацій павловнії в Україні, необхідно враховувати не лише динаміку росту, але й доступність води (опадів) та морозостійкість, яка для багатьох гібридів ще недостатньо вивчена. Додатковим обмежуючим фактором для комерційних посівів можуть бути заморозки, які змушують рослину відрощувати нові пагони та кореневі відростки, що погіршує результати вирощування [180; 181; 182; 183].

Висновки за розділом 1:

За результатами аналізу та узагальнення результатів досліджень, проведених вченими в Україні та за кордоном, стало очевидним, що умови вирощування павловнії в Правобережному Лісостепу України залишаються практично невивченими.

Павловнія нова для нашої держави культура, а тому технологія її вирощування не розроблена чи адаптована з закордонних технологій до умов центральної частини Правобережного Лісостепу України. Зокрема, відсутні дані про вплив удобрення, позакореневого підживлення та застосування кріопротекторів на ріст, розвиток і формування продуктивних характеристик павловнії в Україні.

Після детального огляду наукової літератури виявилася необхідність проведення експериментів для вивчення спільного впливу основного удобрення, позакореневого підживлення та використання кріопротекторів за вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу.

Розділ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтові умови проведення досліджень

Дослідження в рамках наукового завдання проводилися з 2021 по 2023 рік на дослідній ділянці, розташованій у лісовому масиві Правобережного Лісостепу України, що належить Навчально-виробничому центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ). Рельєф ділянки помірний, особливо на південній і південно-західній сторонах. Ґрунтові води залягають на глибині 57 метрів, що не впливає на забезпечення рослин вологою.

Ґрунтовий покрив представлений типовим вилугуванням чорноземом середньої глибини з низьким вмістом води, що містить грубий піл, природну глину, мул і пісок у таких відсотках: 49.9-58.3 %, 30.6-34.4 %, 18.7-24.2 % і 9.9-19.4 % відповідно. За агрохімічними характеристиками цей ґрунт містить 3.5 % гумусу, 98 мг/1000 г легкогідролізованого азоту, 147 мг/1000 г фосфору і 128 мг/1000 г калію, гідролітична кислотність становить 17 мг-екв/1000 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину майже нейтральна з показником рН 6.7, а ємність поглинання ґрунту дорівнює 270 мг-екв/1000 г.

Нітрифікаційна здатність типової вилугованої чорноземної землі є середньою і становить 30 мг/1000 г сухого ґрунту. Загальний коефіцієнт використання P_2O_5 і K_2O також середній, складаючи 0,07 % і 1,45 % відповідно.

Гумусові горизонти цього чорнозему досягають глибини 60 см, а карбонати кальцію та магнію присутні на глибині 65 см. Кальцій переважає серед обмінних катіонів, його вміст становить 187 мг-екв./1000 г ґрунту.

Загалом, ґрунт на дослідній ділянці має агрохімічні та водно-фізичні властивості, що роблять його придатним для вирощування більшості сільськогосподарських культур, включаючи павловнію.

2.2. Агрокліматичні умови зони виконання досліджень

Клімат місцевості де проводились дослідження загалом є помірно-континентальним. За даними метеорологічної станції в місті Біла Церква, середньорічна температура становить приблизно $+7^{\circ}\text{C}$, з варіаціями від 5 до 8°C залежно від року. Максимальні літні температури можуть досягати $35-37^{\circ}\text{C}$, а мінімальні зимові – опускатися до -22°C . Протягом вегетаційного періоду павловнія зростає в сприятливих умовах. Тривалість вегетаційного періоду становить від 90 до 115 днів, з сумою температур вище $+10^{\circ}\text{C}$ в межах від 2610 до 2650°C . Відносна вологість повітря в середньому складає 77% на рік, знижується до 50% влітку і підвищується до 85% взимку.

Весняні заморозки зазвичай відзначаються з 26 по 28 квітня, а перші осінні – $6-7$ жовтня. Тривалість безморозного періоду варіюється від 137 до 198 днів, в середньому складаючи близько 160 днів.

Середньорічна кількість опадів, що випадає у регіоні проведення досліджень становить близько 498 мм, з коливаннями від 330 мм до 820 мм залежно від року. Умови вологозабезпечення протягом вегетації сорго зернового є нестабільними. Середньорічна кількість опадів за температури вище $+10^{\circ}\text{C}$ в середньому становить 298 мм. Опади розподіляються нерівномірно протягом року: більше влітку під впливом вологих північно-західних вітрів і менше взимку. Навесні випадає 127 мм опадів, влітку – 191 мм, а восени – приблизно 110 мм.

Охарактеризуємо погодні умови в період вегетації павловнії, які склались впродовж вегетаційного періоду 2021 року (рисунок 2.1, 2.2).

Період інтенсивного росту і розвитку павловнії спостерігається з квітня по вересень-жовтень, залежно від умов року, тому дані погодних спостережень закінчуються жовтнем місяцем включно.

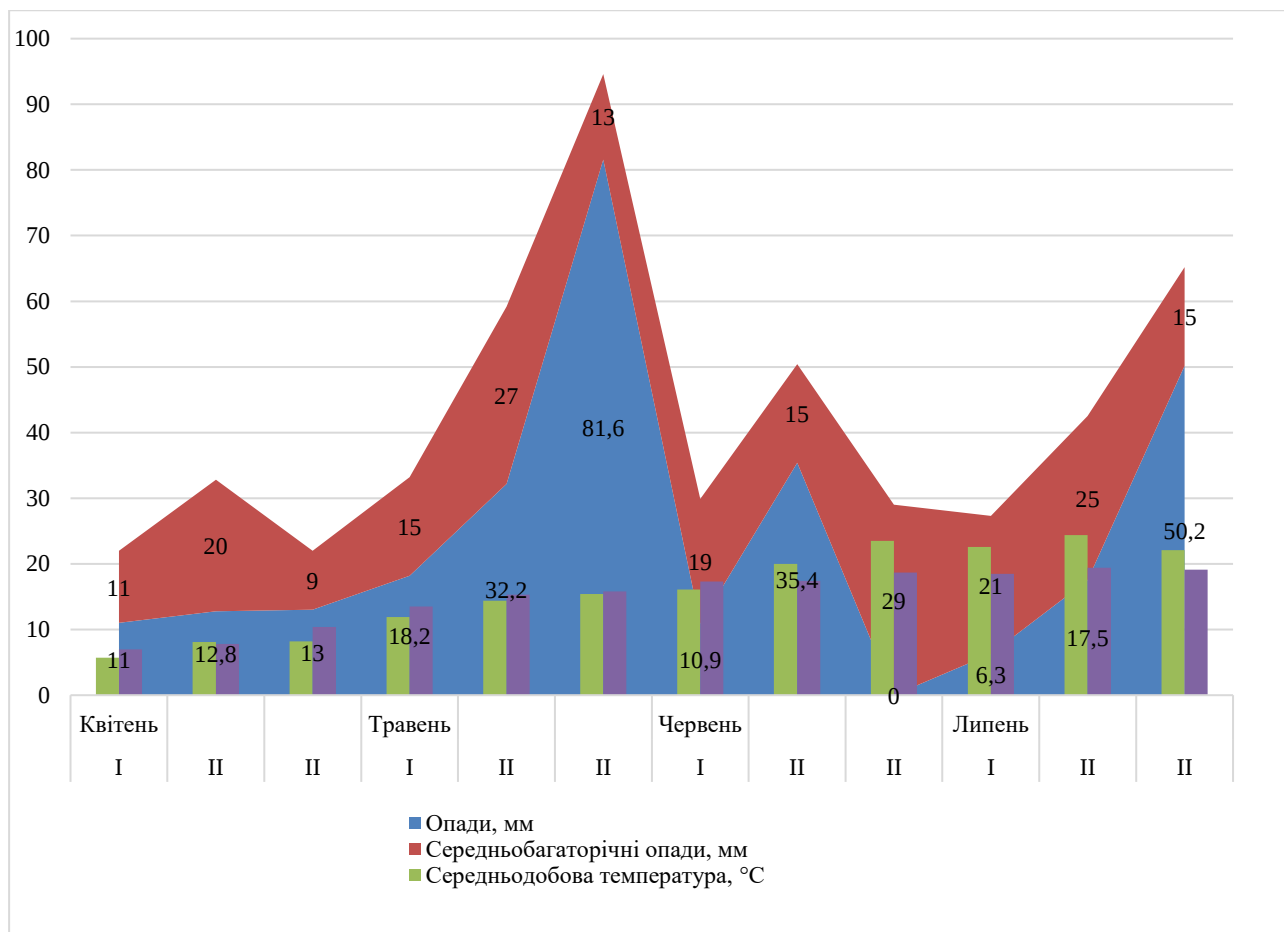


Рис. 2.1. Погодні умови за період з квітня до липня 2021 року

У квітні 2021 року в другій декаді спостерігалась нестача опадів у розмірі 7,2 мм, тоді як у третій декаді їх було на 4 мм більше за багаторічну норму. За середньодобовою температурою повітря перша декада була на 1,3 °C прохолоднішою, друга на 0,3 °C теплішою, а третя на 2,2 °C прохолоднішою за багаторічну норму.

У травні кількість опадів перевищила норму на 3,2 мм у першій декаді, на 5,2 мм у другій і на 68,6 мм у третій декаді. Температура повітря в цей період була подекадно на 1,6, 0,9 та 0,4 °C нижчою за норму.

У червні перша декада була прохолоднішою на 1,2 °C, опадів випало на 8,1 мм менше, у другій декаді опадів було на 20,4 мм більше норми, а температура підвищилась на 2,6 °C. Третя декада виявилась теплішою на 4,8 °C, проте опадів було на 29 мм менше норми.

У липні всі декади були теплішими за норму: на 4,1 °С, 5 °С і 3 °С відповідно. Опадів у першій та другій декаді було менше на 14,7 мм та 7,5 мм, а в третій декаді опадів випало на 35,2 мм більше норми.

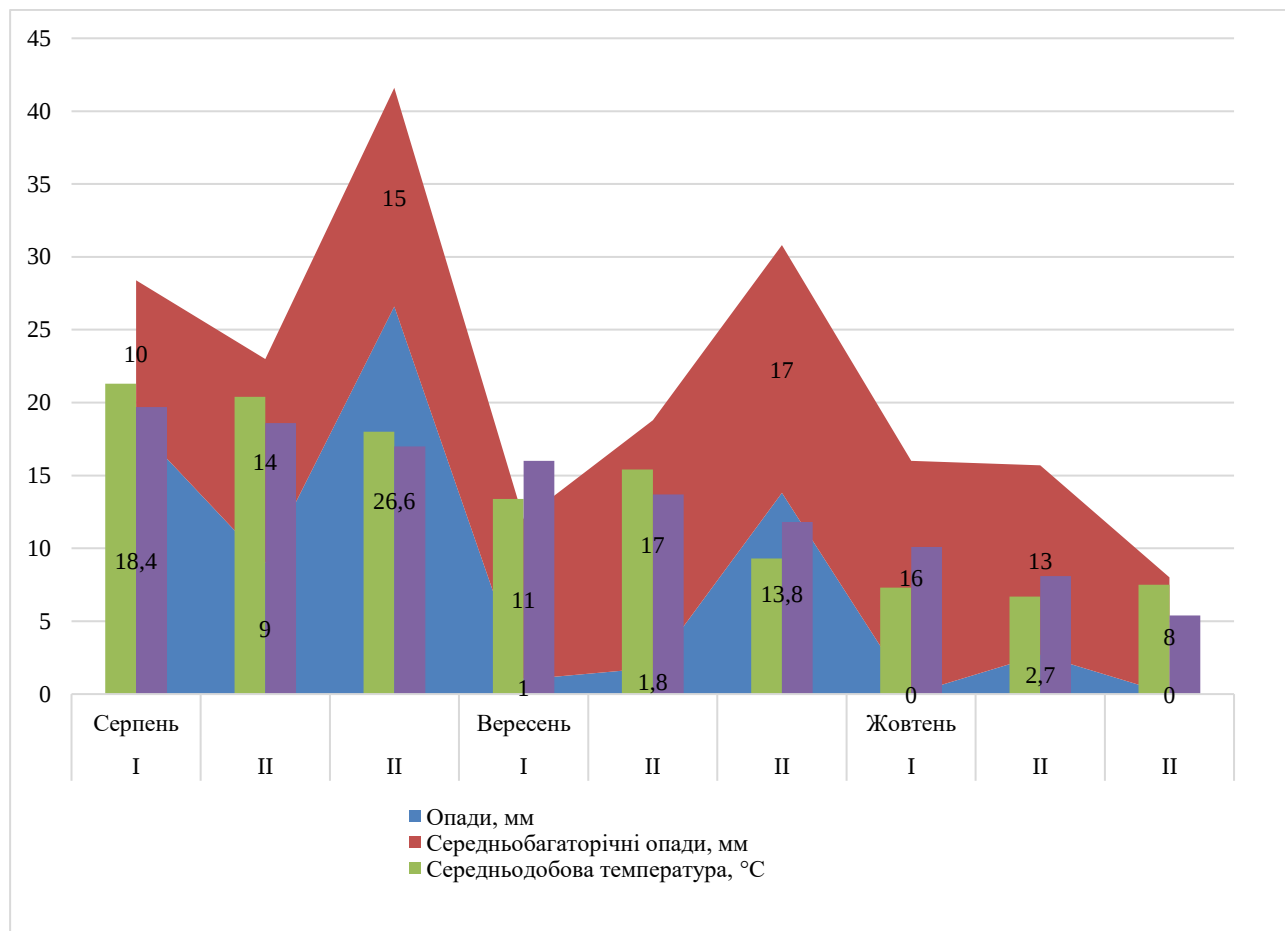


Рис. 2.2. Погодні умови за період з серпня до жовтня в 2021 року

У серпні 2021 року в першій та третій декадах спостерігався надлишок опадів на 8,4 та 11,6 мм, а в другій декаді була нестача на 5 мм. Середньодобова температура у відповідні декади перевищувала норму на 1,6, 1,8 та 1 °С.

Також можна констатувати, що у вересні кількість опадів була нижчою за багаторічні показники на 10 мм у першій декаді, на 15,2 мм у другій та на 3,2 мм у третій декаді. Середньодобова температура повітря в першу та третю декади була на 2,6 та 2,5 °С нижчою за норму, тоді як у другу декаду перевищувала норму на 1,7 °С.

У жовтні перша декада мала нестачу опадів на 16 мм, друга на 10,3 мм, а третя на 8 мм. Середньодобові температури повітря були нижчими за норму: у першу декаду на 2,8 °С, у другу на 1,4 °С, і в третю на 2,1 °С.

Також проаналізуємо зміну погодних умов у період вегетації павловнії в 2022 році (рис. 2.3, 2.4).

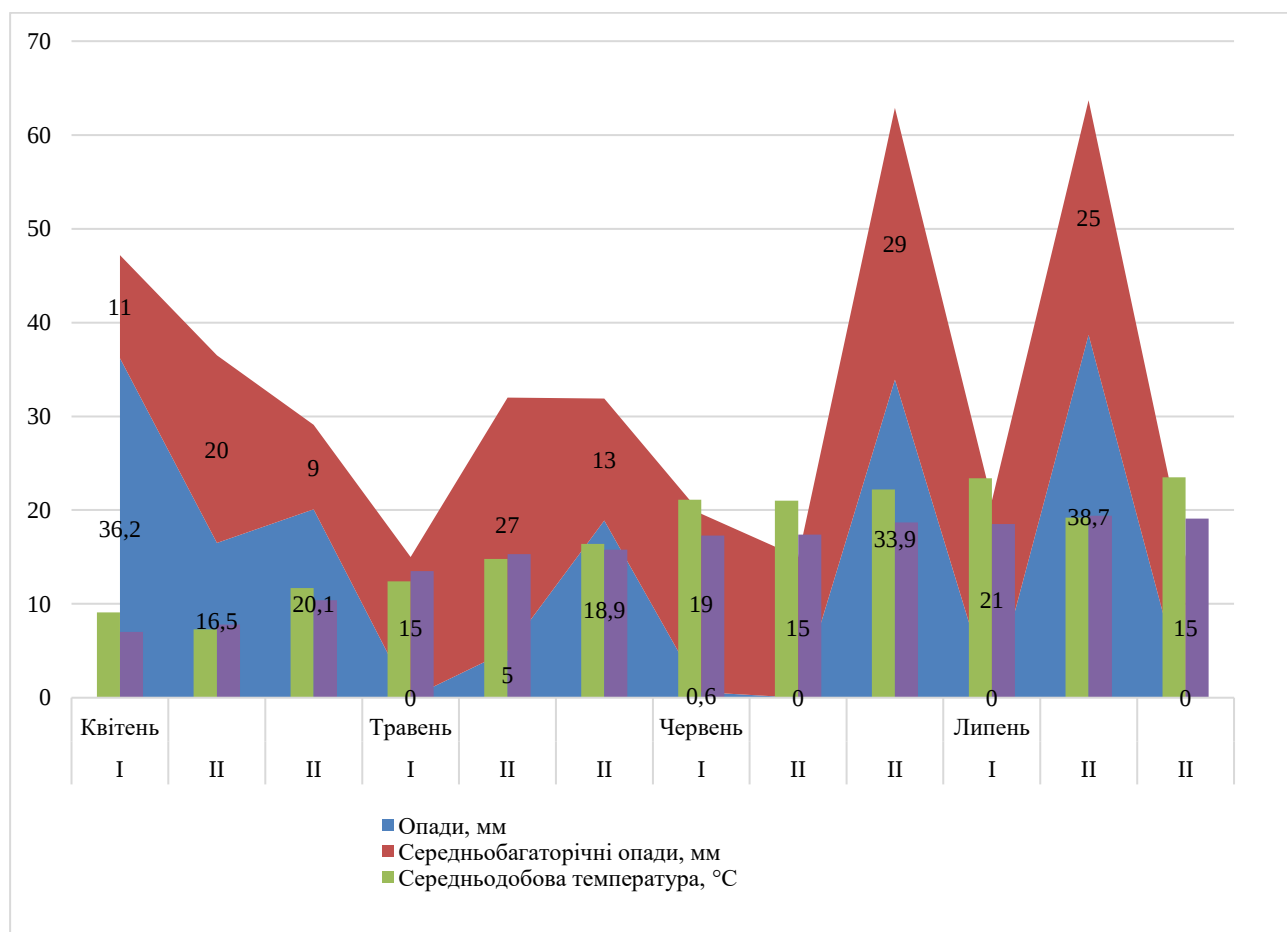


Рис. 2.3. Погодні умови за період з квітня до липня 2022 року

У квітні 2022 року в першій декаді опадів випало на 25,2 мм більше норми, у другій – на 3,5 мм менше, а в третій декаді знову перевищення на 11,1 мм. Середньодобова температура в першій декаді була на 2,1 °С вищою за норму, у другій – знизилась на 0,5 °С, а в третій підвищилась на 1,3 °С.

У травні в першій декаді опадів було на 15 мм менше, в другій – на 22 мм менше, а в третій – на 5,9 мм більше норми. Температура в перших двох декадах

була на 1,1 і 0,5 °С нижчою за норму, тоді як у третій декаді підвищилась на 0,6 °С.

У червні у першій декаді опадів випало на 18,4 мм менше норми, у другій – на 15 мм менше, а в третій – на 4,9 мм більше. Середньодобова температура у першій декаді перевищувала норму на 3,8 °С, у другій – на 3,6 °С, а у третій – на 3,5 °С, що свідчить про суху й жарку погоду.

У липні 2022 року у першій декаді опадів було на 21 мм менше норми, у другій – на 13,7 мм більше, а у третій – на 15 мм менше. Температура повітря у першій декаді була на 4,9 °С вищою за норму, у другій – на 0,2 °С нижчою, а в третій знову підвищилась на 4,4 °С понад норму.

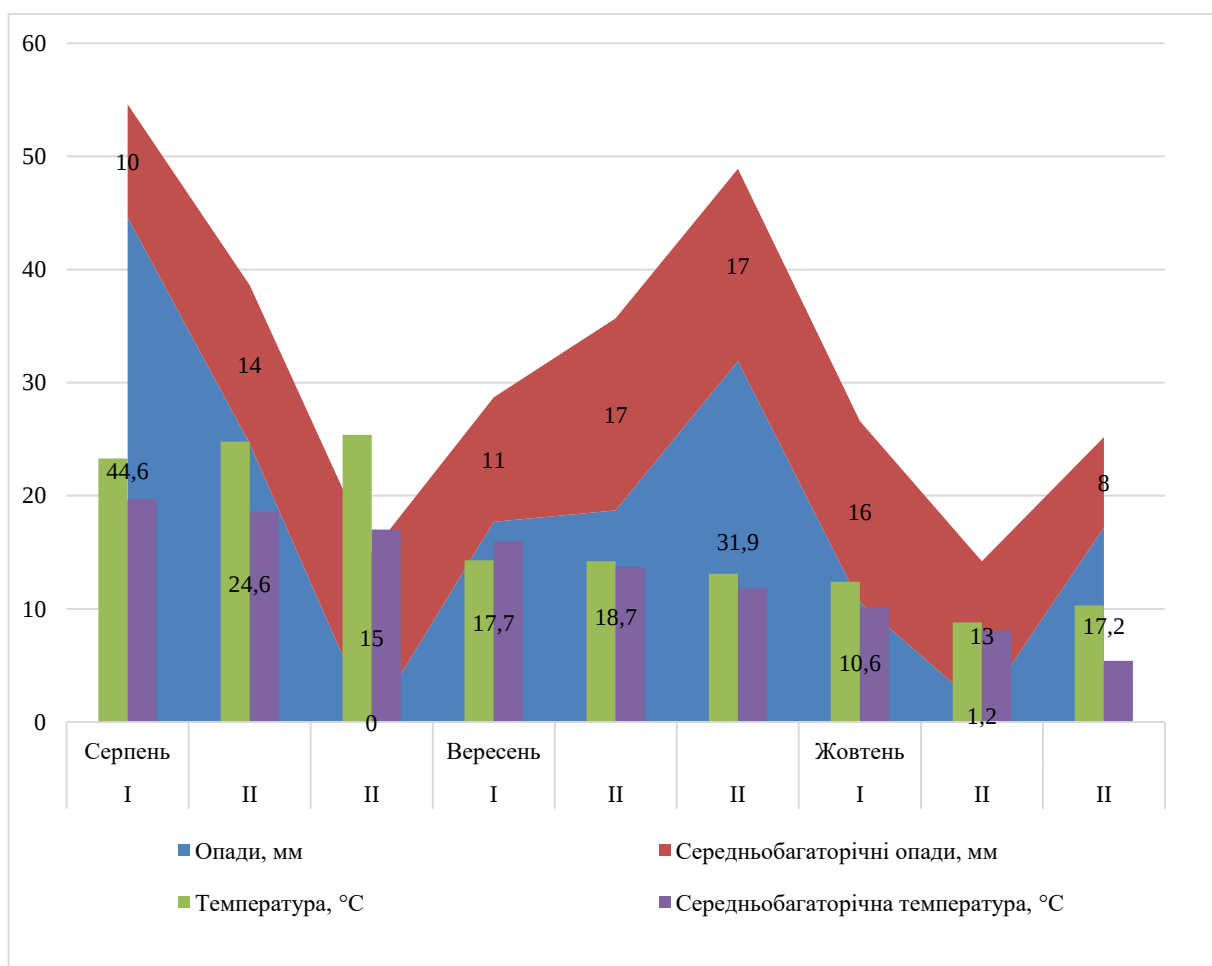


Рис. 2.4. Погодні умови за період з серпня до жовтня 2022 року

Погодні умови другої половини вегетаційного періоду свідчать, що у серпні, у першій декаді, опадів випало на 34,6 мм більше від багаторічного

показника, при цьому у другій декаді спостерігалось також перевищення на 10,6 мм, а у третій декаді їх було менше на 15,0 мм. При цьому ж середньодобова температура повітря була на 3,6, 6,2 та 8,4 °С вищою ніж багаторічні дані. Тобто місяць виявився загалом вологим та жарким, що певною мірою урівноважило відмінності погодних умов від багаторічних.

У вересні у першій декаді випало на 6,7 мм більше опадів, у другій їх було на 1,7 мм, а в третій на 14,9 мм понад норму. При цьому, перша декада виявилась на 1,7 °С прохолоднішою, а друга та третя на 0,5 та 1,3 °С тепліше ніж за багаторічними показниками.

Перша декада жовтня мала на 5,4 мм, друга на 11,8 мм менше, а третя на 9,2 мм більше опадів. А середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні показники на 2,3, 0,7 та 4,9 °С відповідно.

На рис. 2.5 та 2.6 представлено закономірності зміни погодних умов у період вегетації павловнії у 2023 році.

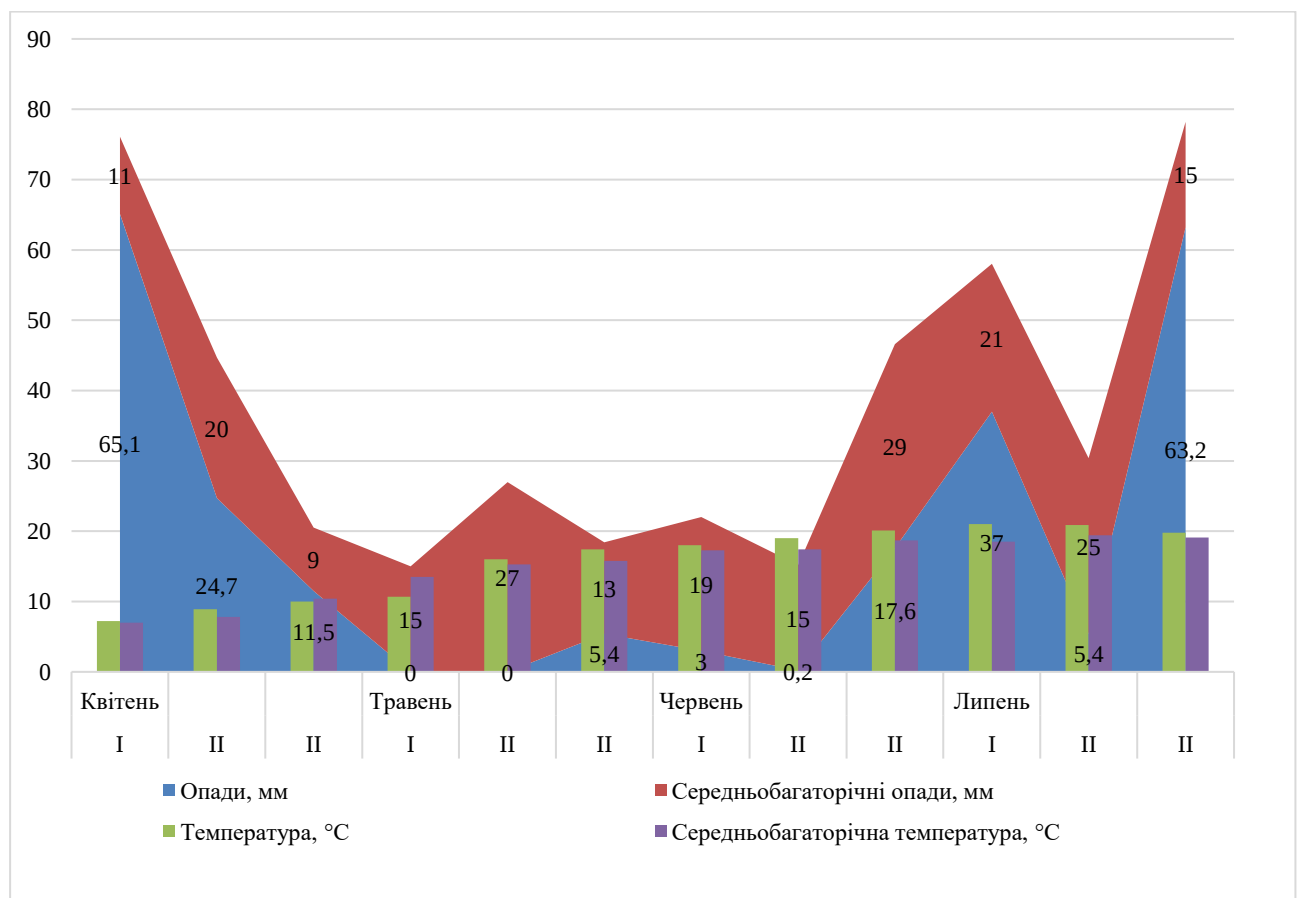


Рис. 2.5. Погодні умови за період з квітня до липня 2023 року

У першій декаді квітня 2023 року було зафіксовано збільшення опадів понад багаторічну норму на 54,1 мм, при цьому ж у другій та третій декаді опадів було більше на 4,7 та 2,5 мм, що відповідало незначному рівню відхилень показників. Відмічено, що у першій декаді середньодобова температура була дещо вищою (на 0,2 °C), а у другій – на 1,1 °C, тоді як третя декада місяця була прохолоднішою на 0,4 °C.

Після дощового та помірно теплого квітня, в травні в усі декади місяця визначено нестачу опадів на 15,0, 27,0 та 7,6 мм. На початку ж місяця було прохолодно, в середньому на 2,8 °C нижче норми, тоді як друга та третя декади мали перевищення на 0,7 та 1,6 °C.

Посушлива погода викликана нестачею опадів продовжилась і в червні 2023 року, коли подекадно їх випало на 16,0, 14,8 та 11,4 мм менше норми, за переважання середньодобових показників температури повітря на 0,7, 1,6 та 1,4 °C.

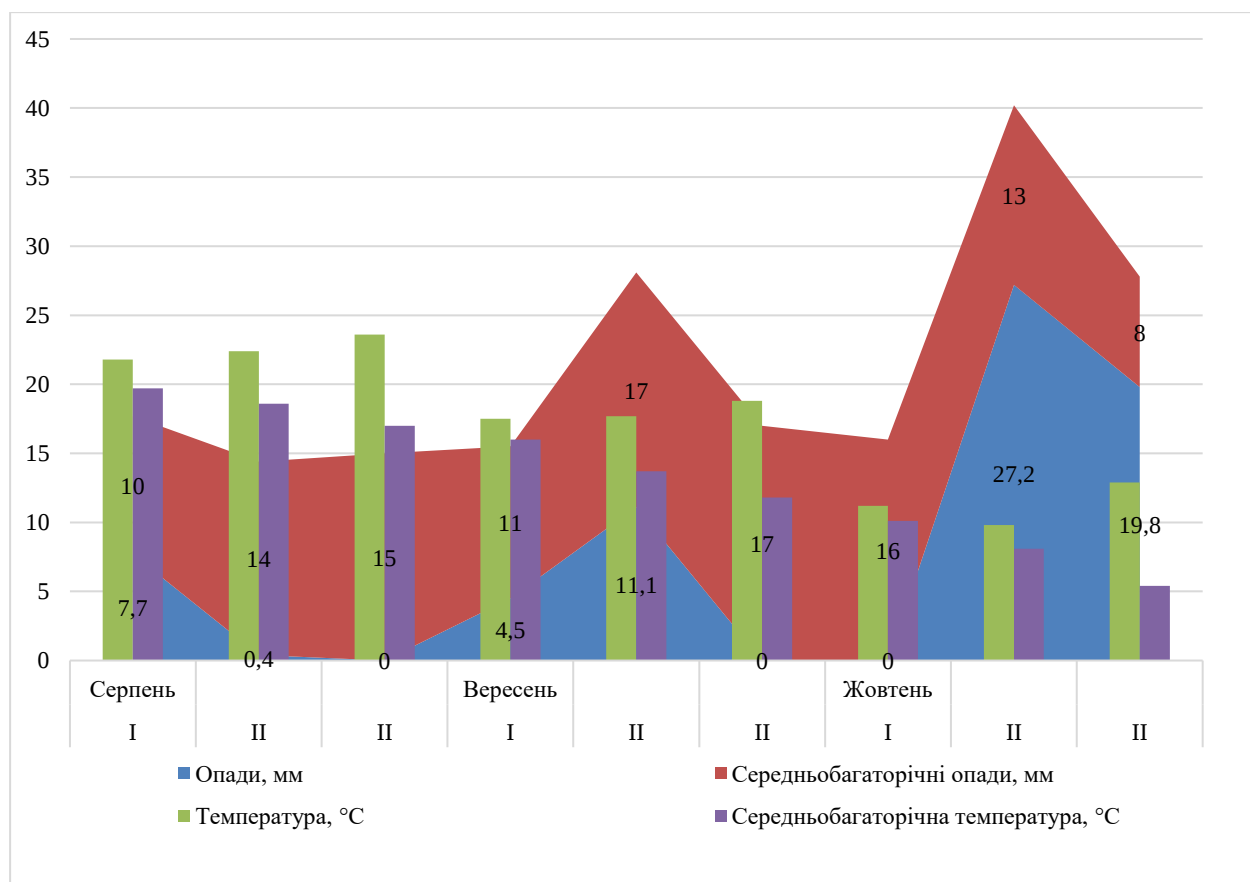


Рис. 2.6. Погодні умови за період з серпня до жовтня 2023 року

В липні погодні умови були нестабільні і перша декада місяця – посушлива (опадів випало на 16,0 мм менше), в другій опадів було на 19,6 мм понад норму, а у третій – нестача становила на 48,2 мм. При цьому середньодобова температура повітря стабільно подекадно переважала на 2,5, 1,5 та 0,7 °С середньо багаторічні показники.

Посушливі умови вегетації продовжились і на наступний місяць, та в серпні подекадно опадів було на 2,3 мм, 13,6 мм та 15,0 мм менше багаторічної норми, а середньодобова температура повітря була на 2,1 °С, 3,8 °С та 6,6 °С вищою.

Аналогічно, в вересні в першій декаді дефіцит опадів становив 6,5 мм, в другій – 5,9 мм, а в третій – 17,0 мм. За показниками температури повітря, перша декада була помірно теплішою на 1,5 °С, друга на 4,0 °С, а третя на 7,0 °С.

Нестача опадів також спостерігалась і в першій декаді жовтня, коли дефіцит склав 16,0 мм, при цьому ж в другій та третій декадах місяця опадів випало на 14,2 та 11,8 мм більше норми. А загалом місяць був теплішим за багаторічну норму і подекадно спостерігалось перевищення на 1,1, 1,7 та 7,5 °С відповідно.

Підсумовуючи зміни погодних умов протягом трьох років досліджень (2021-2023), можна визначити, що вони в цілому були сприятливими для росту та розвитку павловнії. Оскільки в перший рік вегетації рослин сприятливі умови зволоження забезпечували достатню приживлюваність їх в ґрунті. Аналогічно, на другий рік вегетації спостерігались оптимальні показники вологозабезпечення за помірного впливу температур повітря. Умови ж третього року вегетації були досить важкими для багатьох сільськогосподарських культур – дефіцит вологи та вплив високих температур повітря. Проте, завдяки тому, що рослини павловнії гарно укорінилися, вони перенесли дію екстремальних погодних умов без значної шкоди чи втрати ефективності ростових процесів.

Отже, погодні умови вегетаційних періодів 2021-2023 років забезпечили кращі можливості для ефективного приживання та подальшого росту і розвитку павловнії, а в розрізі досліджень – отримання об'єктивних даних.

2.3. Схема та методика досліджень

Дослідження проводились я за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами досліджень, з використанням обчислювальної техніки при опрацюванні та аналізі результатів досліджень.

Дослід. Розробка елементів технології вирощування павловнії

Удобрення (чинник А)	Застосування кріопротектора (чинник В)	Позакореневе підживлення (чинник С)
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення
		Квантум-АміНоФрост , 1,5 л/га
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ , 2,0 л/га
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) на початку відростання листіків	Без підживлення
		Квантум-АміНоФрост , 1,5 л/га
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ , 2,0 л/га
Органічне добриво « Вермикомпост » до закладання плантації (400 кг/га)	Без кріопротектора	Без підживлення
		Квантум-АміНоФрост , 1,5 л/га
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ , 2,0 л/га
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) на початку відростання листіків	Без підживлення
		Квантум-АміНоФрост , 1,5 л/га
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ , 2,0 л/га

Площа елементарної ділянки 120 м², повторність – триразова.

Вирощували сорт павловнії Clone In Vitro 112, схема закладання досліду передбачала висаджування рослин 4х4 м, з густотою в 625 шт./га, як найбільш оптимального та рекомендованого способу отримання промислових плантацій в Україні.

Експериментальні дослідження виконані у відповідності до методик польового досліду та методики Державного сортовипробування сільськогосподарських культур

Обліки, спостереження та аналізи рослин

Метеорологічні спостереження: кількість опадів, середньодобова температура повітря декадно та помісячно;

Агрохімічні показники ґрунту, такі як вміст гумусу, рухомих форм азоту, фосфору та калію, щільність ґрунту, вміст піску, глини та суглинку в ньому (%).

Фенологічні спостереження виконувалися за методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур (2000 р.). Вони включають визначення моменту сходів, формування генеративних органів рослин у перший рік їх життя, початок цвітіння та завершення вегетації (коли 50 % листки рослини засихає).

Висота рослин вимірювалася на час відновлення та завершення вегетації.

Фактична врожайність сирої біомаси оцінювалася на ділянках.

Урожайність сухої біомаси (приведеної до стандартної вологості) вимірювалася після сушіння при температурі 65 °C до сталої ваги.

Вміст сухої речовини в біомасі визначався після сушіння при температурі 105 °C протягом 12 годин (у відсотках).

Якісні характеристики сухої речовини біомаси, такі як вміст целюлози, геміцелюлози, лігніну та золи, визначаються після сушіння в муфельній печі при температурі 550 +/- 50 °C протягом 8 годин.

Статистичний аналіз результатів досліджень здійснювали за допомогою програми "Statistica-6" (Е.Р.Ермантраут, О.І.Присяжнюк, І.Л.Шевченко, 2007).

2.4. Технологія закладання догляду за плантаціями павловнії

Обробіток ґрунту та боротьба з бур'янами до закладання плантацій павловнії.

Для проведення основного обробітку ґрунту рекомендується здійснювати дискування стерні після збирання зернових та інших злакових культур на глибину 6-12 см. Це сприяє подрібненню рослинних залишків, розпушенню

грунту, стимулюванню проростання насіння бур'янів для їх подальшого заорювання та збереженню вологи в ґрунті. На залужених ґрунтах глибина дискування збільшується до 16 см, а на торфових – до 25 см.

На полях з багаторічними коренепаростковими бур'янами (осот, гірчак, берізка польова тощо) проводять дво- або триразове дискування. Перше дискування здійснюється на глибину 8-10 см дисковими знаряддями, друге – після масової появи бур'янів на глибину 12-14 см, а за потреби проводять третє дискування після відростання бур'янів. Така система дозволяє знизити забур'яненість площі на 80-90 %.

Для боротьби з бур'янами після дискування та їх відростання застосовують гербіциди, такі як «Раундап Макс», амінну сіль 2,4-Д та інші. Оптимальний час для обробки бур'янів «Раундап Максом» настає, коли рослини досягають висоти 10-12 см. Норма внесення гербіциду складає 4 л/га при витраті робочої рідини 200-250 л/га. Після появи побуріння верхньої частини листків пирію та інших бур'янів проводять глибоку оранку.

Глибока оранка виконується оборотними плугами на глибину 28-30 см для якісного розпушування ґрунту, загортання органічних залишків, бур'янів і шкідників, а також для створення умов, що покращують водно-повітряний та поживний режими ґрунту, що забезпечує ефективність подальших польових робіт.

Дослідження Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН показали, що глибока оранка (28-32 см) під павловнію є ефективнішою порівняно зі звичайною (20-22 см) та мілкою (14-16 см). За глибокої оранки створюються кращі умови для розвитку рослин, зокрема знижується рівень забур'яненості.

Через 10-15 днів після оранки для контролю сходів бур'янів та збереження ґрунтової вологи взимку необхідно провести суцільну культивацію поля на глибину 5-7 см.

Пересадивна підготовка ґрунту та закладання плантації

Для пересадивного обробітку ґрунту проводиться вирівнювання поверхні поля та знищення небажаної рослинності за допомогою дискування. Рекомендується використовувати агрегати типу Європак або Компактор, які за один прохід виконують всі технологічні операції з підготовки ґрунту перед садінням.

Підготовка ґрунту та пересадивний обробіток включають боронування або культивуацію. Для вирощування павловнії часто використовують спеціальну поліетиленову плівку для мульчування, основним завданням якої є пригнічення розвитку бур'янів. Після посадки рослин павловнії міжряддя обробляють фрезерними культиваторами або дисковими боронами. Під час вегетації рослин потрібно стежити за ущільненням ґрунту.

Посадку рослин рекомендується проводити в оптимальні терміни, в II – III декадах травня, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягне +12...14 °C.

Після висаджування саджанців павловнії слід негайно полити їх, використовуючи 3-5 літрів води, щоб забезпечити тісний контакт ґрунту з кореневою системою та мінімізувати стрес від пересаджування. Якщо кількість опадів менша за 500 мм, варто застосовувати додатковий полив рослин, зокрема крапельне зрошення.

Догляд за насадженнями павловнії

Під час вирощування павловнії важливим аспектом є догляд за плантацією, який включає комплекс агротехнічних і хімічних заходів для ефективного контролю бур'янів та збереження вологи в ґрунті.

У перший рік вегетації рослини павловнії слабо конкурують з бур'янами за світло, вологу та поживні речовини. Для їх контролю зазвичай використовують комбіновану систему захисту від небажаної рослинності, особливо на ділянках з високим рівнем насіння бур'янів у ґрунті та недостатнім

матеріально-технічним забезпеченням. Ця система включає обов'язкове внесення досходових гербіцидів, що діють через кореневу систему, і подальші обприскування сходів. Основне завдання гербіцидів – забезпечити захист культурних рослин до того моменту, коли їх пагони з листками перевищать висоту бур'янів.

Особливо складно контролювати дводольні бур'яни, тому при виборі ґрунтових гербіцидів слід звертати увагу на препарати, такі як Клопіралід 300 г/л, МЦПА у формі диметиламіної, натрієвої та калієвої солей 500 г/л, тербутилазін 500 г/л та інші. Для контролю злакових бур'янів використовують гербіциди «Пантера 40», «Кентавр», «Раундап» та інші.

Незважаючи на використання гербіцидів, у перші два роки рекомендується проводити розпушування міжрядь за допомогою дискової борони на глибину не більше 10 см, залежно від місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Механізований догляд за ґрунтом спрямований на знищення бур'янів, покращення аерації, затримання вологи, активізацію корисних мікроорганізмів і процесів нітрифікації.

Перші міжрядні розпушування проводять на глибину 5-6 см за допомогою плоскорізних лап, встановлених по 2 на кожне міжряддя, і ротаційних робочих органів. Далі розпушують на глибину 8-10 см. Для боротьби з бур'янами в рядках павловнії ефективно використовувати мульчувальну плівку або агроволокно.

В суху спекотну погоду павловнія може бути уражена попелицями. Зрідка її пошкоджують квітковий п'ядун і трач (пильщик). Для захисту від попелиці, совки, щитівки та інших комах ефективні системні інсектициди. Після зими, щоб позбавитися від шкідників, дерева павловнії рекомендують обприскувати спеціальним розчином, а потім проводити профілактичне обприскування інсектицидами «Актара», «Актеллік», «Енжіо», «Матч». Для захисту рослин від хвороб і грибкових інфекцій їх обробляють фунгіцидами («Квадрис», «Ордан», «Радоміл Голд», «Хорус», «Максим» тощо).

Пасинки, які утворюються на стовбурі дерева, краще видаляти вранці, коли вони легко відламуються. Гілки, що вирости на стовбурі на висоті 2-3 м,

збільшують дефекти деревини, що знижує її якість і вартість. Видалення таких гілок забезпечує кращу якість деревини та вимагає менших затрат.

2.5. Коротка характеристика сорту та досліджуваних препаратів

Павловнія «Clone In Vitro 112». Це клонована рослина, здатна виживати в екстремальних умовах, зокрема при зимових температурах до $-23,5^{\circ}\text{C}$. Внесена до Державного реєстру сортів рослин України у 2018 році. В умовах України рослина досягає висоти до 20 метрів і діаметра 30-45 см. З одного гектара можна отримати 400 м³ кругляка, висаджуючи 625 саджанців на 1 га. Рослина невибаглива і підходить для різних типів ґрунтів. Протягом перших п'яти місяців виростає до трьох метрів. Через п'ять років дерево готове до зрізу, після чого відростає до таких же розмірів за наступні п'ять років. Гарантовано можна отримати чотири регенерації. Також, на третьому році можна використовувати її як біопаливо, отримуючи до 50 тонн біомаси з 1 га.

Органічне добриво «Вермикомпост». Це одне з найкращих екологічно чистих органічних добрив, що виготовляється шляхом переробки рослинних і тваринних відходів за допомогою червоних дощових черв'яків. Використання біогумусу сприяє відновленню родючості ґрунту, поліпшенню постачання рослин поживними речовинами, підвищенню активності ґрунтової мікрофлори та стимуляції синтезу білків, вуглеводів і вітамінів у рослинах. Біогумус також підвищує стійкість рослин до температурних коливань, зменшує поглинання радіонуклідів, важких металів і пестицидів, прискорює ріст і дозрівання рослин, збільшує врожай і покращує його якість.

До складу біогумусу входять: волога – 45-55 %, органічні речовини – 35-65 %, гумінові речовини – 20-32 %, загальний азот – 1,0-3,0 %, загальний фосфор (P_2O_5) – 0,9-3,0 %, загальний калій (K_2O) – 1,0-3,0 %, а також інші мікроелементи, корисна природна мікрофлора, фітогормони та вітаміни.

Біогумус відповідає стандартам органічного виробництва та переробки, а

також вимогам Регламентів Європейського Союзу № 831/2007 і № 889/2009 для використання в органічному сільському господарстві.

Кріопротектор МАРС ЕЛ. Цей плівкоутворюючий біостимулятор росту рослин має унікальні властивості, включаючи прилипач, регулятор росту, стимулятор, кріопротектор і адаптоген. Завдяки полімерній оболонці, препарат допомагає реалізувати потенціал культур при формуванні врожаю: при нестачі вологи в ґрунті оболонка захищає насіння протягом 45-60 днів у несприятливих умовах; підвищує і синхронізує польову схожість; стимулює енергію проростання насіння; сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи.

Препарат містить продукти метаболізму грибів-ендофітів, такі як ауксини, цитокініни, гібереліни, ненасичені жирні кислоти, вітаміни (переважно групи В), амінокислоти, ферменти, ліпіди, фітолексини, лігніни та інші фізіологічно активні речовини.

«**МАРС ЕЛ**» знижує температуру замерзання клітинного соку і води в протоплазмі клітин, підвищуючи стійкість у зимовий період. Він також збільшує вміст цукрів у період кущення озимих культур, роблячи клітини рослин більш еластичними.

До складу препарату входять гумати, що містять 30 мікроелементів, серед яких переважають Zn, Mn, Cu, Ti, Mo, Al, Cr, Ni. Плівкоутворююча основа препарату «Марс-ЕЛ» не токсична, не накопичується в організмі та добре розкладається ґрунтовими бактеріями.

Квантум-АміНоФрост. Комплексний антистресовий препарат для підвищення стійкості рослин до пошкоджень низькими температурами, використовується як кріопротектор перед можливими заморозками, для виведення зі стресу та відновлення активної вегетації. Хімічний склад: кріопротектори – 30,0 % (300 г/л), амінокислоти – 9,0 % (90 г/л), органічні кислоти – 1,5 % (15 г/л), N – 0,5 % (5 г/л), В – 1,0 % (10 г/л), Zn – 0,5 % (5 г/л).

Містить кілька груп кріопротекторних та стимулюючих компонентів: поверхнево-активні речовини сприяють стабілізації клітинних мембран; за

рахунок збільшення вмісту розчинних речовин та зниження температури замерзання перешкоджають пошкодженням від утворення льоду в клітинах та міжклітинних просторах; прискорюють поглинання листовою поверхнею інгредієнтів продукту; антистресанти (амінокислоти та органічні кислоти) активують біохімічні механізми адаптації рослин, підвищують активність фітогормонів та антиоксидантних ферментів; стимулюють синтез стресових білків, осмолітів та проліну, сприяють швидкому відновленню рослин після впливу низьких температур; Zn та B підвищують холодостійкість через активацію антиоксидантних ферментів, стимуляцію синтезу ауксину та росту кореневої системи; сприяють накопиченню вуглеводів та синтезу фенольних сполук, які беруть участь у стійкості клітин до механічних навантажень, викликаних утворенням позаклітинного льоду; збільшують швидкість фотосинтезу при низьких температурах.

Як кріопротектор рекомендується застосовувати не пізніше ніж за 24 години до ймовірних приморозків або критичного зниження температури з нормою витрати: для польових та овочевих культур – 0,7-1,5 л/га, для плодово-ягідних – 0,3-0,4 л/100 л. У разі загрози нових заморозків (при сприятливих умовах для обробки) препарат можна застосовувати повторно. Обприскування слід проводити при високій ймовірності заморозків, особливо у критичні фази розвитку.

Як антистресант для прискорення відновлення після дії низьких температур або інших видів стресу протягом всього періоду вегетації, застосовують Квантум АміНоФрост (0,5-1,0 л/га) у поєднанні з Квантум АміноМакс 200 з нормою витрати 0,5 л/га.

SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ. Комплексний антистресовий препарат на основі фульвокислот, фулерену та органічних кислот, розроблений для передпосівної обробки насіння, а також для зняття стресу та відновлення активної вегетації рослин.

Препарат сприяє швидкому утворенню хлорофілу в клітинах, покращує

засвоєння корисних речовин з ґрунту, та допомагає рослинам швидко відновитися після впливу негативних факторів. Він впливає на клітинний і тканинний метаболізм, забезпечуючи надходження кисню до клітин. Завдяки виробленню пептидів, що регулюють захист від токсинів, препарат є потужним антиоксидантом. Він стимулює та зміцнює імунну систему рослин під час стресу, активуючи біохімічні механізми адаптації. Препарат також пришвидшує адаптацію рослин після висадки на постійне місце, тому його рекомендують застосовувати після пересадки.

Склад: 100 г/л фульвокислот, 20 г/л бурштинової кислоти, 7,5 г/л амінооцтової кислоти, 1 г/л фулерену.

Висновки до розділу 2:

1. Ґрунтово-кліматичні умови Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ) сприятливі для росту та розвитку павловнії, та є типовими для Правобережного Лісостепу України.

2. Погодні умови в роки виконання дослідів мали відхилення від середньобаторічних, проте були сприятливими для отримання достовірних показників.

3. Схема досліду та методика проведення досліджень відповідала вимогам до отримання достовірних наукових показників експериментальних досліджень та їх верифікації.

Розділ 3

РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ

Павловнія наразі отримала доволі широке поширення та комерційне використання і вирощується на великих площах в США, Бразилії, Парагваї та Індії [117]. Такі біологічні характеристики рослин, як глибоко проникаючий стрижневий корінь, досить невелике галуження, яке прибирається в ранньому віці пасинкуванням, та швидкий ріст, роблять павловнію перспективним видом для багатьох галузей, в тому числі біоенергетики та переробки [116].

Завдяки здатності до швидкого росту павловнія має гарний потенціал в аспектах використання для: реабілітації деградованих земель, формування біоенергетичних плантацій та отримання сировини для меблів, пакувальної та переробної промисловості.

В перший рік вегетації закладали плантації павловнії, використовуючи готові саджанці, тому частина молодих рослин втрачалась під впливом несприятливих умов середовища в процесі адаптації (таблиця 3.1).

Загалом, без застосування досліджуваних елементів технології догляду за плантаціями павловнії приживлюваність рослин була найнижчою – 74,2 %. При цьому ж головним фактором отримання кращого рівня виживання саджанців в варіантах без удобрень слугувало застосування кріопротектора МАРС ЕЛ, за якого приживлюваність зросла до 80,2 %.

Варіанти внесення органічного добрива «Вермикомпост» мали кращі показники приживлюваності рослин, понад 82,2 %, це пов'язане з тим, що органічне добриво не лише є джерелом макро- і мікроелементів, а й допомагає окультурювати ґрунт завдяки поліпшенню його структури, польової вологості та родючості загалом.

Кращі варіанти дослідів за відсотком рослин, що вижили, спостерігались саме за внесення органічного добрива «Вермикомпост» та обробки саджанців кріопротектором МАРС ЕЛ – 89,8-90,2 %.

Таблиця 3.1

Приживлюваність саджанців павловнії в перший рік вегетації, 2021 р.

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе Підживлення	Приживлюваність саджанців, %
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	74,2
		Квантум-АміНоФрост	75,6
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	76,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	80,2
		Квантум-АміНоФрост	83,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	82,7
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	82,2
		Квантум-АміНоФрост	84,6
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	84,7
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	89,8
		Квантум-АміНоФрост	90,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	90,2
НІР _{0,05}			1,0

Позакореневе підживлення незначно збільшувало приживлюваність рослин павловнії, проте воно було як фактор зменшення втрат рослин по вегетації ніж чинник ранньовесняного впливу.

В процесі росту і розвитку рослини павловнії проходять фази появи листків, повного формування крони, формування квіток, цвітіння, подальшого росту та осіннього опадання листки (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

**Тривалість міжфазних періодів рослин павловнії першого року вегетації,
2021 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Поява листків – Повне формування крони	Повне формування крони – формування квіток	Формування квіток – Цвітіння	Цвітіння - Опадання листіків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	24	36	14	126
		Квантум- АміНоФрост	24	32	14	130
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	24	33	14	129
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	22	36	14	128
		Квантум- АміНоФрост	22	32	14	132
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	22	33	14	131
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	24	36	14	126
		Квантум- АміНоФрост	24	32	14	130
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	21	32	14	133
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	21	36	14	129
		Квантум- АміНоФрост	21	32	14	133
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	21	32	14	133

Оскільки працювали з гібридним клоном Clone In Vitro 112, то фізіологічно цей сорт павловнії не формує насіння, тобто він цвіте, проте плоди не зав'язуються і він не плодоносить. В інших сортів павловнії притаманні фази розвитку, що мають відношення до утворення плодів, їх формування та визрівання і опадання. Проте, для умов України, такі сорти мають невисоку морозостійкість та зазвичай вимерзають навіть в умовах досить помірно прохолодних зимових періодів.

Також, як перевага досліджуваного сорту є те, що цвітіння та подальше формування насіння енергетично затратне, а також потребує додаткового контролювання сходів павловнії, які можуть з'явитись на плантаціях з насіння, що обсіпалось. Тому, для ефективного вирощування і отримання якісної сировини доцільно використовувати сорти, що не формують насіння.

Отже, загалом тривалість міжфазного періоду від появи листків до повного формування крони була в 2021 році 22,5 діб, а швидше всього цю фазу рослини павловнії проходили в випадку обробки їх кріопротектором МАРС ЕЛ (на 2 доби), а на удобреному агрофоні – на 3 доби. Аналогічно, в міжфазний період від повного формування крони до формування квіток за середньої тривалості в 33,5 діб найбільш швидкий розвиток павловнії спостерігався на варіантах застосування біологічно активних речовин – кріопротектора та позакореневого підживлення.

В цілому ж не спостерігалось впливу досліджуваних елементів технології на тривалість міжфазного періоду формування квіток – цвітіння. А от проміжок часу від цвітіння до опадання листків (в середньому 130 діб) мав відмінності в тривалості, проте вони пов'язані з проходженням попередніх фаз розвитку рослин. Адже вегетація рослин розпочалась рівномірно, а завершення періоду вегетації відбувалось за рахунок настання приморозків і дії низьких температур повітря восени. Тобто рослини павловнії мали довгий вегетаційний період, що по часу співпадав з тривалістю теплого безморозного періоду в умовах Правобережного Лісостепу України.

По мірі росту та розвитку павловнії на дослідних ділянках були визначені особливості наростання загальної висоти рослин по варіантах дослідів (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

Висота рослин павловнії першого року вегетації, 2021 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Поява листіків	Повне формуванн я крони	Цвітіння	Опадання листіків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	12,1	79,0	120,0	400,0
		Квантум-АміНоФрост	12,0	80,0	126,0	405,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	12,3	79,2	125,9	410,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	12,0	83,4	130,0	408,0
		Квантум-АміНоФрост	12,1	84,0	133,0	411,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	12,2	83,0	134,1	411,0
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	12,0	82,5	131,0	430,0
		Квантум-АміНоФрост	12,3	83,0	133,3	437,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	12,4	82,7	133,0	435,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	12,2	86,9	139,0	434,0
		Квантум-АміНоФрост	12,2	87,0	142,0	450,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	12,3	86,7	143,0	447,0
H _P 0,05			1,0	1,7	2,1	3,9

На час появи листків висота рослин павловнії фактично була однаковою, з незначними змінами по варіантах дослідів, адже, для закладання дослідів використовували розсаду отриману *in vitro* та досить гарно вирівняну за

біометричними показниками, в тому числі й висотою. Якщо ж висаджувати в польових умовах не вирівняну розсаду, особливо різновікову, то саджанці мають абсолютно різноманітні умови для подальшого росту і розвитку.

В фазу повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 79,0 см, тобто найменша по досліді. За обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ спостерігався кращий розвиток рослин на початку вегетації, тому отримали більш високоросліші плантації – 83,4 см.

Органічне добриво «Вермикомпост» сприяло більш активному росту рослин павловнії завдяки кращій доступності їм елементів живлення, тому навіть за базового такого варіанту досліді висота була 82,5 см. Проте накладання інших факторів впливу – біогенних елементів дозволило отримати ще кращі результати приросту. Так, за обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ, на удобреному варіанті досліді отримано висоту в 86,9 см.

На час цвітіння рослин павловнії, за середньої по досліді висоти в 132,5 см, більш високорослі рослини були на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» в поєднанні з кріопротектором МАРС ЕЛ. При цьому базовому поєднанні факторів обробка рослин додатково препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечувала кращий показник по досліді – 142,0 та 143,0 см відповідно.

До кінця вегетації, в період опадання листків, рослини павловнії першого року вегетації досягли досить значних показників висоти і в середньому було отримано значення в 423,2 см. При цьому, серед вагомих факторів впливу на формування показника висоти рослин залишився лише варіант удобрення посівів добривом «Вермикомпост». Так, на неудобрених посівах мали варіювання висоти з 400,0 до 411,0 см, коли за внесення добрива – 430,0-450,0 см. Так, звичайно що на варіантах позакореневого підживлення посівів в поєднанні з обробкою кріопротектором були кращі показники висоти. Проте то є наслідком початкового впливу на рослини аніж ефектами від пролонгованої дії препаратів.

В процесі вегетації рослини накопичували суху речовину в стеблах та формували фотосинтетично активний вміст пігментів в листкових пластинках на час повного формування крони (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4

Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії першого року вегетації, на час повного формування крони, 2021 рік

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєнєвє підживлення	Суха рєчовина, %	Хлорифіл а, мг/кг	Хлорифіл б, мг/кг	Сума хлорифілів
Бєз удобрєння	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	40,2	1,83	0,88	2,71
		Квантум-АміНоФрост	40,0	2,03	0,84	2,87
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,1	2,00	0,89	2,89
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	40,5	2,00	1,02	3,02
		Квантум-АміНоФрост	40,4	2,03	1,07	3,10
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,6	2,00	1,05	3,05
Органічне добриво «Вермикомпост»	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	40,4	2,12	1,10	3,22
		Квантум-АміНоФрост	40,7	2,17	1,12	3,29
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,7	2,17	1,10	3,27
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	41,0	2,17	1,21	3,38
		Квантум-АміНоФрост	41,2	2,20	1,18	3,38
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,5	2,15	1,20	3,35
НІР _{0,05}			0,20	0,09	0,05	0,10

В середньому спостерігали вміст сухої речовини на рівні 40,6 %, а вирощування рослин на удобреному фоні сприяло збільшенню показника на 0,6 %. При цьому, важливий вплив на ранніх етапах розвитку мав і

кріопротектор, застосування якого сприяло отриманню на 0,5 % сухої речовини в стеблах рослин. Саме за поєднання добрива та кріопротектора й було отримано вміст сухої речовини в 41,0-41,5 %.

Для ефективного фотосинтезу рослинам важливі фотопігменти групи хлорофілів, які відносяться до а та б, проте саме хлорофіли типу а є активними пігментами здатними засвоювати інтенсивні сонячні промені, на відміну від хлорофілів б – фотопігментів розсіяного світла.

В середньому, на час повного формування крони вміст хлорофілів а становив 2,1 мг/кг, а хлорофілів б – 1,1 мг/кг. При цьому, однозначно можна стверджувати, що кращі умови забезпечення рослин елементами живлення, за добрива органічним добривом «Вермикомпост» сприяли утворенню на 0,18 мг/кг більше хлорофілів а та на 0,19 мг/кг хлорофілів б.

Кращий вміст хлорофілів групи а було ідентифіковано на варіанті добрива плантацій органічним добривом «Вермикомпост», застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост – 2,20 мг/кг. При цьому ж виявлено, що позакоренева обробка рослин обома досліджуваними препаратами (Квантум-АміНоФрост та SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ) суттєво не впливала на зростання хлорофілів групи б.

За сумою хлорофілів кращими були варіанти досліду, в яких проводили добрива плантацій органічним добривом «Вермикомпост», а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ, адже за цих умов отримано вміст в 3,35-3,38 мг/кг. Тобто початкові умови забезпечення живлення рослин та захист від впливу низьких температур повітря на початку вегетації сприяли активному накопиченню фотосинтетичних пігментів в листках рослин, а вже в подальшому це могло позначитись на ростових показниках рослин.

Розглянемо також особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів на час цвітіння павловнії (таблиця 3.5).

В цілому, на час цвітіння рослин павловнії в їх стеблах спостерігався вміст сухої речовини в 44,8 %, тобто значення зростали по мірі старіння рослин. А по

факторах впливу можна стверджувати, що в цю фазу підвищився вплив саме органічних добрив, оскільки різниця між удобреним та не удобреним варіантом склала 1,6 %, коли кріопротектор визначав підвищення показника лише на 0,7 %.

Таблиця 3.5

Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії першого року вегетації, на час цвітіння, 2021 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суха речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
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	2,6	1,59	4,19
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	43,4	2,2	1,24	3,44
		Квантум-АміНоФрост	44,1	2,64	1,34	3,98
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	44,3	2,64	1,59	4,23
Органічне добриво «Вермикомпост»	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	2,7	1,64	4,34
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	45,7	2,75	1,35	4,10
		Квантум-АміНоФрост	46,4	2,8	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

Отже, було визначено, що кращий вміст сухої речовини спостерігався в стеблах рослин павловнії за удобрення плантацій органічним добривом

«Вермикомпост», а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ, що в поєднанні з позакореневим підживленням Квантум-АміНоФрост становив 46,41 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 46,91 %.

В середньому по досліді на час цвітіння мали вміст хлорофілів а в листках павловнії в 2,6 мг/кг, а на контрольному варіанті цей показник становив всього 2,14 мг/кг. Тобто дефіцит елементів живлення проявлявся, перш за все, в формуванні фізіологічних обмежень по накопиченню сухої речовини рослинами в процесі фотосинтезу.

Кращий вміст хлорофілу а отримано на варіанті удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 2,89 мг/кг.

За вмістом хлорофілів б варіант обробки посівів позакореневим добривом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ був досить ефективним по впливу саме за поєднання його з органічним добривом «Вермикомпост» – 1,64-1,65 мг/кг. При цьому середні показники по досліді були в 1,5 мг/кг.

А от сумарний вміст хлорофілів на контрольному варіанті складав всього 3,57 мг/кг, при цьому в середньому по досліді отримано показники в 4,1 мг/кг. Тоді як максимум забезпечував варіант удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост», а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ в поєднанні з позакореневим підживленням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 4,54 мг/кг.

Отже, вміст хлорофілів по вегетації також визначався застосуванням біогенних елементів в досліді. Причому в варіанті внесення добрива цілком зрозуміла його пролонгована дія за рахунок вивільнення в ґрунт та доступності рослинам елементів живлення. Проте застосування кріопротектора та позакореневого підживлення було ефективним в плані впливу на загальний фізіологічний стан рослини та закономірного формування такими посівами кращих адаптаційних властивостей.

Окрім того, варто проаналізувати й отримані дані вмісту сухої речовини та хлорофілів в другій половині вегетації павловнії (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6

**Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії першого року
вегетації, вересень 2021 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суха речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	49,4	3,66	1,98	5,64
		Квантум-АміНоФрост	50,8	3,93	2,38	6,31
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	50,3	3,93	2,38	6,31
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	49,2	3,88	2,33	6,21
		Квантум-АміНоФрост	48,9	3,94	2,23	6,17
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	50,8	4,06	2,33	6,39
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	50,4	3,67	2,33	6,00
		Квантум-АміНоФрост	50,6	3,83	2,38	6,21
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	51,8	3,93	2,33	6,26
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	52,2	3,84	2,18	6,02
		Квантум-АміНоФрост	52,6	3,88	2,38	6,26
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	52,8	4,04	2,32	6,36
НІР _{0,05}			0,22	0,08	0,09	0,14

В другій половині вегетації середній вміст сухої речовини в рослинах павловнії становив 50,8 %, тоді як чистий контроль мав лише 49,4 % вмісту. Варіанти з внесеним органічним добривом «Вермикомпост» істотно

відрізнялись в плані накопичення сухої речовини. В середньому різниця по удобрених варіантах досліду склала 1,83 %, коли застосування кріопротектора сприяло зростанню показника лише на 0,53 %.

За вмістом сухої речовини в рослинах павловнії було визначено, що краще поєднання факторів досліду було на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ. При таких умовах досліду отримано вміст сухої речовини в 52,2 %. При цьому, на цих варіантах за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост сухої речовини отримано 52,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 52,8 %.

В середньому вміст хлорофілів групи а в листках рослин павловнії становив 3,88 мг/кг, коли мінімальне значення в 3,66 мг/кг було на неудобреному контролі. Щодо впливу факторів досліду, то в другій половині вегетаційного періоду не спостерігали значної зміни показника під дією органічного добрива. Натомість, найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ у випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором MAPC ЕЛ – 4,06 та 4,04 мг/кг.

На відміну від хлорофілів типу а на формування хлорофілів б кращий вплив мало застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост, що сприяло отриманню на варіантах без кріопротектора показника в 2,38 мг/кг.

Сумарний вміст хлорофілів залежав від закономірностей зміни обох досліджуваних груп хлорофілів і в середньому по досліду він був на рівні 6,18 мг/кг. При цьому, на неудобреному фоні кращим за впливом виявилось поєднання кріопротектора MAPC ЕЛ та позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 6,39 мг/кг. Аналогічні комбінації факторів досліду за удобрення рослин «Вермикомпост» сприяли отриманню суми хлорофілів на рівні 6,36 мг/кг. Тобто обидва значення були кращими та достовірно не різнились за НІР досліду.

Також, впродовж періоду вегетації плантації павловнії мали певні закономірності формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу, на яких зупинимось більш детально (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7

Фотосинтетичні параметри павловнії першого року вегетації, 2021 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Фотосинтетичний потенціал насаджень	Чиста продуктивність фотосинтезу
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	4,29	0,36
		Квантум- АміНоФрост	4,47	0,36
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	4,37	0,37
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	4,61	0,37
		Квантум- АміНоФрост	4,89	0,36
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	4,91	0,35
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	4,94	0,39
		Квантум- АміНоФрост	5,00	0,40
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	5,08	0,40
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	5,27	0,41
		Квантум- АміНоФрост	5,31	0,42
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	5,46	0,41

Отже, фотосинтетичний потенціал впродовж вегетаційного періоду павловнії становив в середньому 4,88 млн. м²/га, при цьому ж встановлено, що

за використання різних фонів удобрення різниця становила 0,59 млн. м²/га, коли ж застосування кріопротектора рослин в цілому сприяло підвищення показника на 0,38 млн. м²/га. Також ефективним агрозаходом виявилась і обробка насаджень позакореневим підживленням.

Отже, кращі значення фотосинтетичного потенціалу були в розрізі варіантів досліду за удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечила умови до отримання кращого в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 5,46 млн. м²/га.

За чистою продуктивністю фотосинтезу отримано найменші значення в контрольному варіанті, без додаткових впливів на рослини – 0,36 г/м² за добу сухої речовини, коли в цілому по досліді – 0,38/м² за добу сухої речовини. Застосування кріопротектора незначно впливало на зміни показника накопичення сухої речовини посівами, а найбільш вагомим впливом забезпечило удобрення рослин, що сприяло отриманню в середньому на 0,05/м² за добу сухої речовини кращих значень.

Загалом було встановлено, що поліпшення показника чистої продуктивності фотосинтезу спостерігалось у випадку комплексу дії факторів досліду. Адже в такому випадку отримували гарний рівень живлення рослин та можливостей до подолання ними стресів, що виникають в процесі росту й розвитку. Отже, за удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ і позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост ЧПФ склав 0,42 г/м² за добу сухої речовини. Тобто, за таких умов отримано кращий показник по варіантах досліду.

Висновки за розділом 3:

Приживлюваність рослин павловнії на контрольних варіантах досліду була найнижчою – 74,2 %. При цьому, головним фактором отримання кращого рівня

виживання рослин в варіантах без удобрень слугувало застосування кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га), за якого приживлюваність зроста до 80,2 %. Кращі варіанти досліду за відсотком рослин, що вижили, спостерігались саме за внесення органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) та обробки саджанців кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) – 89,8-90,2 %.

На час цвітіння павловнії першого року вегетації більш високорослі рослини отримано на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) в поєднанні з кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому базовому поєднанні факторів обробка рослин додатково препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечувала кращий показник по досліду – 142,0 та 143,0 см відповідно.

В фазу повного формування крони, в перший рік вегетації, кращий вміст хлорофілів групи а було ідентифіковано на варіанті удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) – 2,20 мг/кг. При цьому ж виявлено, що позакоренева обробка рослин обома досліджуваними препаратами (Квантум-АміНоФрост та SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ) суттєво не впливала на зростання хлорофілів групи б.

На час цвітіння, в перший рік вегетації сумарний вміст хлорофілів на контрольному варіанті складав всього 3,57 мг/кг, при цьому в середньому по досліду отримано показники в 4,1 мг/кг. Тоді як максимум забезпечував варіант удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим підживленням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 4,54 мг/кг.

В другій половині вегетації 2021 року, за вмістом сухої речовини в рослинах павловнії було визначено, що краще поєднання факторів досліду було на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а

також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При таких умовах дослідіу отримано вміст сухої речовини в 52,2 %. При цьому, на цих варіантах за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост сухої речовини отримано 52,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 52,8 %.

Кращі значення фотосинтетичного потенціалу в 2021 році були в розрізі варіантів дослідіу за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання кращого в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 5,46 млн. м²/га.

Поліпшення показника чистої продуктивності фотосинтезу рослин першого року вегетації спостерігалось у випадку комплексу дії факторів дослідіу. Адже в такому випадку отримували гарний рівень живлення рослин та можливостей до подолання ними стресів, що виникають в процесі росту й розвитку. Отже, за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) і позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) ЧПФ склав 0,42 г/м² за добу сухої речовини.

Розділ 4

РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ДРУГОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ

Павловнія є рослиною, яка надзвичайно ефективно використовує сонячне випромінювання, тому при висадці насаджень слід досить багато уваги приділяти питанням оптимізації просторового розміщення рослин та власне їхньому рівню живлення. Адже, в подальшому, важко втрутитись в ці процеси, на відміну від одно- або навіть дворічних сільськогосподарських культур. Тому, за умови вирощування павловнії, оптимізаційні параметри, що формуються на початку вирощування культури змінити уже доволі важко під час вирощування. Власне через це й слід провести оцінювання станів рослин в різні роки вегетації, у міру їх зростання та накопичення більшої кількості вегетативної маси [3].

Листки павловнії розташовані 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 листки трикутно трьох- або п'ятилопате, цілокрає або зубчасте, густо опушене знизу, без прилистків, на довгих, опущених черешках [23].

Під час вегетації рослини швидко ростуть і формують велику площу для поглинання вуглекислого газу (CO_2) та виділення кисню. Тому й фактично в першій половині вегетації спостерігається повне формування крони рослини. 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 значне екологічне значення [23; 25].

Отже, аналогічно першому року, під час росту і розвитку на другий рік вегетації рослини павловнії проходять фази появи листків, повного формування крони, формування квіток, цвітіння, подальшого росту та осіннього опадання листків. (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1

**Тривалість міжфазних періодів рослин павловнії другого року вегетації,
2022 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Поява листків – Повне формування крони	Повне формування крони – формування квіток	Формування квіток – Цвітіння	Цвітіння - Опадання листіків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	22	34	12	136
		Квантум- АміНоФрост	22	32	12	138
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	22	32	12	138
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	20	34	12	138
		Квантум- АміНоФрост	20	33	12	139
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	20	32	12	140
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	22	34	12	136
		Квантум- АміНоФрост	22	33	12	137
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	22	33	12	137
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	20	34	12	138
		Квантум- АміНоФрост	20	32	12	140
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	20	32	12	140

В 2022 році було визначено, що загалом тривалість міжфазного періоду від появи листків до повного формування крони становила 21 добу, а більш прискорено цю фазу рослини павловнії проходили у випадку обробки їх кріопротектором MAPC ЕЛ (на 2 доби) незалежно чи вони вирощувались на контролі (без добрив), чи на удобреному агрофоні.

Тоді як в міжфазний період від повного формування крони до формування квіток за середньої тривалості періоду в 32,9 діб найбільш швидкий розвиток павловнії отримано на варіантах комбінованого застосування біологічно активних речовин – кріопротектора MAPC ЕЛ та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост, або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ. При цьому найкоротший період був за обробки обома препаратами на варіантах без впливу інших факторів досліду, а також у випадку внесення удобрення та застосування кріопротектора. Позитивний вплив на неудобрених фонах, пов'язаний якраз з безпосередньою дією позакореневого удобрення, тоді як на удобрених варіантах важлива комплексність дії факторів, оскільки добрива зазвичай мають тенденцію до продовження фенофаз сільськогосподарських культур.

Аналогічно попередньому року досліджень впливу досліджуваних елементів технології на тривалість міжфазного періоду формування квіток – цвітіння не було виявлено. Сумарно цей період досить короткий і на другий рік вегетації становив 12 діб, що пов'язано з погодними умовами на час проходження періоду рослинами.

Також було встановлено, що міжфазний період від цвітіння до опадання листків (в середньому 138,0 діб) залежав від проходження рослинами попередніх фаз розвитку. Рослини павловнії мали довгий вегетаційний період, що по часу співпадав з тривалістю теплого безморозного періоду в умовах Правобережного Лісостепу України, та який в умовах 2022 року становив сумарно 201 добу, коли в 2021 році він був 213 діб. Тобто лише настання приморозків зупиняло ростові процеси та викликало відмирання листків.

Також зупинимось на даних особливостей формування та наростання загальної висоти рослин по варіантах досліду на другий рік їх вегетації (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2

Висота рослин павловнії другого року вегетації, 2022 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Поява листіків	Повне формування крони	Цвітіння	Опадання листіків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	406,0	458,8	500,1	610,0
		Квантум- АміНоФрост	411,1	464,5	506,3	614,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	416,2	470,2	512,6	613,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	414,1	468,0	510,1	614,0
		Квантум- АміНоФрост	417,2	471,4	513,8	617,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	417,2	471,4	513,8	618,0
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	436,5	493,2	537,6	629,0
		Квантум- АміНоФрост	443,6	501,2	546,3	631,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	441,5	498,9	543,8	630,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	440,5	497,8	542,6	633,0
		Квантум- АміНоФрост	456,8	516,1	562,6	636,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	453,7	512,7	558,8	635,0
НІР _{0,05}			3,6	4,9	8,3	8,9

В умовах другого року вегетації, на час появи листків, висота рослин павловнії фактично залежала від особливостей вегетаційного періоду минулого року. Адже рослини першого року вегетації не зрізали, а на другий рік вони продовжували свій ріст і розвиток, оскільки рекомендовано технічний зріз павловнії виконувати не раніше четвертого року вирощування плантацій.

Отже, було визначено, що за середньої висоти в 429,5 см найбільш високорослими були варіанти досліду, де посіви павловнії удобрювали за допомогою органічного добрива «Вермикомпост», навіть за відсутності інших факторів впливу рослини мали висоту в 436,5 см. Кращим же варіантом досліду було поєднання удобрення з кріопротектором MAPC ЕЛ та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост, або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, що сприяло утворенню кращої висоти по досліду – 456,8 та 453,7 см відповідно.

У фазу повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 458,8 см, коли ж за варіантів поєднання удобрення, кріопротектора MAPC ЕЛ та позакореневого підживлення спостерігався кращий розвиток рослин. Аналогічно варіант підживлення Квантум-АміНоФрост мав висоту рослин 516,1 см, а варіант SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 512,7 см.

В фазу цвітіння рослин павловнії, за середньої по досліду висоти в 529,0 см, також більш високорослі рослини були на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» в поєднанні з кріопротектором MAPC ЕЛ. При базовому поєднанні факторів обробка рослин додатково препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечувала також кращий показник по досліду – 562,6 та 558,8 см відповідно.

На час опадання листків, рослини павловнії другого року вегетації в середньому мали висоту рослин в 623,3 см. При цьому, найбільш вагомим фактором впливу залишився варіант удобрення посівів добривом «Вермикомпост», за якого змогли гарно проявити свій вплив й інші варіанти досліду. Так, за комплексного застосування удобрення + кріопротектор + позакореневе удобрення висота рослин сягала 636,0 та 635,0 см відповідно.

Аналогічно даним попереднього року оцінимо показники вмісту сухої речовини в стеблах та формування фотосинтетично активного вмісту пігментів в листкових пластинках на час повного утворення крони (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3

Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії другого року вегетації, на час повного формування крони, 2022 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суха речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	42,0	1,69	0,79	2,48
		Квантум-АміНоФрост	42,4	1,71	0,78	2,49
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	42,9	1,68	0,73	2,41
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	42,3	1,66	0,76	2,42
		Квантум-АміНоФрост	42,7	1,69	0,81	2,50
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	42,9	1,68	0,8	2,48
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	43,0	1,85	0,85	2,70
		Квантум-АміНоФрост	42,8	1,87	0,87	2,74
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	42,9	1,84	0,86	2,70
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	43,0	1,83	0,84	2,67
		Квантум-АміНоФрост	43,0	1,87	0,89	2,76
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	43,2	1,83	0,82	2,65
НІР _{0,05}			0,21	0,08	0,08	0,12

Так, на другий рік вегетації в середньому спостерігався вміст сухої речовини на рівні 42,8 %, а вирощування рослин на удобреному фоні сприяло

збільшенню показника на 0,45 %, аналогічно, використання кріопротектора сприяло отриманню на 0,18 % сухої речовини в стеблах рослин.

Максимум накопичення сухої речовини отримали на варіанті удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост», застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 43,2 %.

На другий рік вегетації, в середньому, на час повного формування крони вміст хлорофілів а становив 1,77 мг/кг, а хлорофілів б – 0,82 мг/кг. При цьому, кращі умови забезпечення рослин елементами живлення, а відповідно й формування вмісту хлорофілів в листках, отримано за удобрення органічним добривом «Вермикомпост», що сприяло накопиченню на 0,16 мг/кг більше хлорофілів а та на 0,08 мг/кг хлорофілів б і суми хлорофілів більшої на 0,24 мг/кг.

Також виявлено, що більший вміст хлорофілів а було отримано на варіанті удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост», застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост – 1,87 мг/кг. При цьому ж встановлено, що позакоренева обробка рослин Квантум-АміНоФрост була ефективною навіть без обробки рослин кріопротектором. Тоді як вміст хлорофілів б був кращий по досліду на удобренні «Вермикомпост», застосуванні кріопротектора МАРС ЕЛ та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост – 0,89 мг/кг.

Отже, аналізуючи особливості формування суми хлорофілів, можна стверджувати, що кращими були варіанти досліду в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост». На базі застосування органічного удобрення проведення обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ, та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост забезпечило кращі значення по досліду на цей час – 2,76 мг/кг.

Отже, на другий рік вегетації культури найбільш вагомим заходом, що забезпечував гарний рівень вмісту хлорофілів в листках павловнії було надходження до рослин достатньої кількості елементів живлення.

Також цікаво визначити особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів на час цвітіння павловнії другого року вегетації (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4

Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії другого року вегетації, на час цвітіння, 2022 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суша речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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
Органічне добриво «Вермикомпост»	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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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
НІР _{0,05}			0,22	0,11	0,09	0,12

Загалом було визначено, що на час цвітіння рослин павловнії вміст сухої речовини складав 45,7 %, а конкретно в цю фазу вплив органічних добрив, становив 0,48 % прибавки до вмісту, коли кріопротектор визначав підвищення показника на 0,52 %. Тобто погодні умови 2022 року, в яких спостерігалось

пониження середньодобових температур повітря під час вегетації, підсилили саме роль кріопротектора – як сполуки здатної активізувати ростові процеси рослин при низьких температурах повітря, а не лише захищати їх від пошкодження.

Також визначено, що кращий вміст сухої речовини був в рослинах павловнії за удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» та обов'язково застосування обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ, а в поєднанні з позакореневим підживленням Квантум-АміНоФрост становив 46,3 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 46,2 %.

Якщо аналізувати вміст хлорофілів а, то в середньому по досліді, на час цвітіння в листках павловнії їх було 2,74 мг/кг, коли на контрольному варіанті цей показник становив всього 2,24 мг/кг. Кращий же вміст хлорофілу а отримано на варіанті удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 3,01 мг/кг.

Окрім того, встановлено, що за вмістом хлорофілів б варіант обробки посівів позакореневим добривом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ був досить ефективним по впливу саме за поєднання його з органічним добривом «Вермикомпост» – 1,71 мг/кг, коли ж на варіанті поєднання з кріопротектором отримано 1,70 мг/кг, тобто різниця істотно не відрізнялась за показниками досліді.

При цьому було встановлено, що сумарний вміст хлорофілів на контрольному варіанті становив 3,48 мг/кг, за середнього по досліді показника в 4,28 мг/кг. Максимум забезпечував варіант удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост», а також застосування обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ в поєднанні з позакореневим підживленням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 4,74 мг/кг. І це цілком передбачувано, оскільки такий варіант досліді визначав гарні показники по вмісту хлорофілів а та б в листках павловнії.

Проведемо також оцінювання показників вмісту сухої речовини та хлорофілів в другій половині вегетації павловнії в умовах 2022 року (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5

**Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії другого року
вегетації, вересень 2022 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суша речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	50,7	3,95	2,35	6,30
		Квантум-АміНоФрост	51,6	4,26	2,77	7,03
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	51,6	4,25	2,73	6,98
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	50,7	4,21	2,7	6,91
		Квантум-АміНоФрост	52,4	4,3	2,59	6,89
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	52,5	4,34	2,67	7,01
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	51,9	3,97	2,68	6,65
		Квантум-АміНоФрост	52,6	4,2	2,76	6,96
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	53,0	4,2	2,74	6,94
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	52,3	4,15	2,53	6,68
		Квантум-АміНоФрост	53,6	4,31	2,7	7,01
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	53,7	4,34	2,65	6,99
НІР _{0,05}			0,24	0,10	0,11	0,16

Отже, в другій половині вегетації середній вміст сухої речовини в рослинах павловнії становив 52,2 %, коли на чистому контролі було лише 50,7 %. Аналогічно варіанти з органічним добривом «Вермикомпост» мали кращі

показники накопичення сухої речовини і різниця по удобрених варіантах дослідів склала 1,26 %, коли застосування кріопротектора сприяло зростанню вмісту сухої речовини лише на 0,64 %.

Краще поєднання факторів дослідів отримано на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. При таких умовах та за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост отримано в другій половині вегетації вміст сухої речовини в 53,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 53,7 %.

Наприкінці вегетації вміст хлорофілів групи а в листках рослин павловнії становив 4,21 мг/кг, тоді як мінімальне значення було 3,95 мг/кг. Щодо впливу факторів дослідів, то в другій половині вегетаційного періоду найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ в випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. За таких умов на неудобреному фоні отримано вміст хлорофілів а 4,34, а на удобреному – 4,34 мг/кг.

Аналогічно попередньому періоду вегетації, на формування хлорофілів б кращий вплив мало застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост, що сприяло отриманню на варіантах без кріопротектора показника в 2,6-2,77 мг/кг.

За сумарним вмістом хлорофілів в середньому по дослідів отримано значення в 6,86 мг/кг, коли на контролі був всього 6,30 мг/кг. На неудобреному фоні оптимальне за впливом було поєднання кріопротектора МАРС ЕЛ та позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 7,01 мг/кг. Аналогічні комбінації препаратів за удобрення рослин «Вермикомпост» сприяли отриманню суми хлорофілів на рівні 6,99 мг/кг, а за внесення Квантум-АміНоФрост – 7,01 мг/кг. У варіанті ж чистого застосування Квантум-АміНоФрост отримано максимум по дослідів – 7,03 мг/кг. Проте, ці показники були в межах похибки дослідів, тобто відрізняються недостовірно.

Опишемо також закономірності формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу плантацій павловнії за вирощування їх на другий рік вегетації (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6

Фотосинтетичні параметри павловнії другого року вегетації, 2022 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Фотосинтетичний потенціал насаджень	Чиста продуктивність фотосинтезу
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	6,62	1,41
		Квантум-АміНоФрост	6,62	1,36
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,62	1,40
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	6,62	1,36
		Квантум-АміНоФрост	6,62	1,30
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,62	1,29
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	6,62	1,37
		Квантум-АміНоФрост	6,62	1,39
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,62	1,37
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	6,62	1,36
		Квантум-АміНоФрост	6,62	1,38
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,62	1,33

Фотосинтетичний потенціал вегетаційного періоду павловнії становив в середньому 5,91 млн. м²/га, при цьому встановлено, що за використання удобрення різниця була 0,71 млн. м²/га, тоді ж застосування кріопротектора рослин в цілому сприяло підвищенню показника на 0,47 млн. м²/га.

Кращі параметри фотосинтетичного потенціалу отримано в розрізі варіантів досліду за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (в середньому 6,27 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 6,62 млн. м²/га.

Також було визначено, що за чистою продуктивністю фотосинтезу в контрольному варіанті отримано кращі значення – 1,41 г/м² за добу сухої речовини, коли в цілому по досліді мали 1,36 г/м² за добу сухої речовини. Що пов'язано саме з ефективністю роботи дещо меншої листової поверхні, ніж у варіантах застосування максимуму дії факторів, а особливо удобрення. Адже, в перший рік вегетації, поки площа листків не досягла свого максимуму, спостерігались залежності кращого показника чистої продуктивності фотосинтезу від оптимуму впливу факторів досліду. При цьому, в другий рік вегетації накопичення надмірної площі листків автоматично веде до того, що на одиницю її припадає менше синтезованої сухої речовини.

Висновки за розділом 4:

В 2022 році загалом тривалість міжфазного періоду від появи листків до повного формування крони становила 21 добу, а більш прискорено цю фазу рослини павловнії проходили в випадку обробки їх кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) (на 2 доби). Тоді як в міжфазний період від повного формування крони до формування квіток за середньої тривалості періоду в 32,9 діб найбільш швидкий розвиток павловнії отримано на варіантах комбінованого застосування біологічно активних речовин – кріопротектора

МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га). При цьому найкоротший період був за обробки обома препаратами на варіантах без впливу інших факторів досліду, а також у випадку внесення удобрення та застосування кріопротектора.

На другий рік вегетації, час опадання листків, рослини павловнії другого року вегетації в середньому мали висоту рослин в 623,3 см. При цьому, найбільш вагомим фактором впливу залишився варіант удобрення плантацій добривом «Вермикомпост», за якого змогли гарно проявити свій вплив й інші варіанти досліду. Так, за комплексного застосування удобрення (400 кг/га) + кріопротектор (0,5 л/га) + позакореневе удобрення висота рослин сягала 636,0 та 635,0 см відповідно.

Також в 2022 році на час повного формування крони вміст хлорофілів а становив 1,77 мг/кг, а хлорофілів б – 0,82 мг/кг. При цьому, кращі умови забезпечення рослин елементами живлення, а відповідно й формування вмісту хлорофілів в листках, отримано за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), що сприяло накопиченню на 0,16 мг/кг більше хлорофілів а та на 0,08 мг/кг хлорофілів б і суми хлорофілів більшої на 0,24 мг/кг.

Також виявлено, що в другий рік вегетації кращими були варіанти досліду, в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост». На базі застосування органічного удобрення проведення обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га), та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) забезпечило кращі значення по досліду на цей час – 2,76 мг/кг.

У 2022 році, вміст хлорофілів а на час цвітіння становив 2,74 мг/кг, коли на контрольному варіанті цей показник був всього 2,24 мг/кг. Кращий же вміст хлорофілу а отримано на варіанті удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га)

в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 3,01 мг/кг.

В другій половині вегетації 2022 року, краще поєднання факторів дослідів отримано на варіантах удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При таких умовах та за застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) отримано вміст сухої речовини в 53,6 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 53,7 %.

Оптимальні параметри фотосинтетичного потенціалу, на другий рік вегетації, отримано на варіантах дослідів за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,27 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 6,62 млн. м²/га.

Розділ 5

РІСТ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ПАВЛОВНІЇ ТРЕТЬОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ

Зміни клімату призвели до швидкого зростання викидів вуглекислого газу (CO_2). Одним зі способів зменшення викидів CO_2 є використання альтернативних джерел енергії, зокрема біомаси. Різні прогнози передбачають постійне зростання попиту на використання деревини та матеріалів на основі деревини до щонайменше 2050 року [114; 58; 68].

У всьому світі швидко зростає інтерес до швидкорослих видів дерев, які можна використовувати для отримання біомаси. Як один з найшвидше зростаючих родів дерев у світі, рід Павловнія привернув величезну увагу з боку науковців та промисловості в останні роки. Було запущено кілька дослідницьких програм та проведено експерименти для перевірки можливості вирощування та використання деревини павловнії як сировини. Ці дослідницькі програми виконуються одночасно в різних галузях, і їх кількість зростає щомісяця. З одного боку, це позитивний розвиток подій, що веде до широкого дослідження можливостей використання павловнії, але з іншого боку, виявляються численні обмеження [43; 67; 44].

Також виникли сумніви щодо попереднього оптимізму стосовно універсальних швидкорослих видів. Рід Павловнія походить з Китаю, але швидко набув популярності по всій Азії, США, Австралії та Європі. Дослідження щодо його вирощування також проводилися в центральній Африці. Проте слід більш детально досліджувати особливості умов вирощування павловнії у європейських країнах та на Близькому Сході, оскільки в цих регіонах спостерігалось зростання інтересу до деревини павловнії за останні 20 років [126; 90; 1; 14].

Визначимо закономірності проходження фаз появи листків, повного формування крони, формування квіток, цвітіння, подальшого росту та осіннього опадання листки в рослин павловнії третього року вегетації (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1

**Тривалість міжфазних періодів рослин павловнії третього року вегетації,
2023 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Поява листків – Повне формування крони	Повне формування крони –	Формування квіток – Цвітіння	Цвітіння - Опадання листків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	26	31	16	120
		Квантум- АміНоФрост	26	28	16	123
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	26	28	16	123
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	23	31	16	123
		Квантум- АміНоФрост	23	29	16	125
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	23	28	16	126
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	26	31	16	120
		Квантум- АміНоФрост	26	28	16	123
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	26	28	16	123
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	23	31	16	123
		Квантум- АміНоФрост	23	28	16	126
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	23	29	16	125

В 2023 році встановлено, що загалом тривалість міжфазного періоду від появи листків до повного формування крони становила 24,5 діб, а прискорено цю фазу рослини павловнії проходили в випадку обробки їх кріопротектором МАРС ЕЛ не залежно чи вони вирощувались на контролі а, чи на удобреному агрофоні. При цьому тривалість фази зменшилась з 26 до 23 діб.

В період від повного формування крони до формування квіток за середньої тривалості періоду в 29,2 діб найбільш швидкий розвиток рослин павловнії було зафіксовано на варіантах застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ. При цьому найкоротший період був за обробки обома препаратами на варіантах без впливу інших факторів досліду – 28 діб. Аналогічно в випадку внесення кріопротектора в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, а також на варіанті удобрення та застосування кріопротектора і позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ тривалість міжфазного періоду була 28 діб.

Також встановили, що по аналогії з попереднім роком вегетації впливу досліджуваних елементів технології на тривалість міжфазного періоду формування квіток – цвітіння не було виявлено. Сумарно цей період досить на третій рік вегетації становив 16 діб, та по суті був найдовшим серед усіх років досліджень. Виявлені ж закономірності змін перебували в межах відхилень однієї доби, тобто фактично були мінімальними.

Окрім того, визначено, що міжфазний період від цвітіння до опадання листків тривав в середньому 123,3 діб та сумарна вегетація в умовах Правобережного Лісостепу України в 2023 році тривала 202 доби, коли в 2022 році вона була 201 добу. При цьому, фактори, що сприяли пришвидшенню фенофаз на початку вегетації фактично не обмежували тривалість їх в другій половині року. Тому, за обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ тривалість фенофаз цього періоду була найдовшою.

Також охарактеризуємо особливості формування та наростання загальної висоти рослин по варіантах досліду на третій рік їх вегетації (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2

Висота рослин павловнії третього року вегетації, 2023 рік

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєнєве підживлення	Поява листіків	Повне формування крони	Цвітіння	Опаданя листіків
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	620,4	688,6	753,3	800,0
		Квантум-АміНоФрост	624,4	693,1	758,3	812,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	623,4	692,0	757,0	810,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	624,4	693,1	758,3	822,0
		Квантум-АміНоФрост	627,5	696,5	762,0	834,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	628,5	697,6	763,2	830,0
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	639,7	710,1	776,8	860,0
		Квантум-АміНоФрост	641,7	712,3	779,3	864,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	640,7	711,2	778,0	866,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	643,8	714,6	781,7	870,0
		Квантум-АміНоФрост	646,8	718,0	785,4	875,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	645,8	716,8	784,2	876,0
НІР _{0,05}			8,0	8,3	8,9	10,0

Під час третього року вегетації, на час появи листків, середня висота рослин павловнії становила 633,9 см та найбільш високорослими були варіанти досліду, де посіви павловнії удобрювали за допомогою органічного добрива «Вермикомпост», навіть за відсутності інших факторів впливу рослини мали

висоту в 639,7 см. Кращим варіантом досліду було поєднання удобрення з кріопротектором МАРС ЕЛ та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, що сприяло утворенню кращої висоти по досліду – 646,8 та 645,8 см відповідно.

В міжфазний період повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 688,6 см, коли ж за варіантів поєднання удобрення, кріопротектора МАРС ЕЛ та позакореневого підживлення спостерігався кращий розвиток рослин. Аналогічно варіант підживлення Квантум-АміНоФрост сприяв отриманню показника висоти в 718,0 см, а варіант SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 716,8 см.

Також встановлено, що в фазу цвітіння рослин павловнії, за середньої по досліду висоти в 769,8 см, більш високорослі рослини спостерігались на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» в поєднанні з кріопротектором МАРС ЕЛ. При базовому поєднанні факторів, та додаткова обробка рослин препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечувала також кращий показник по досліду – 785,4 та 784,2 см відповідно.

В більш пізній період, на час опадання листків, рослини павловнії третього року вегетації в середньому формували висоту в 843,3 см. Аналогічно попереднім результатам досліджень по ранніх періодах розвитку, найбільш дієвим фактором впливу залишився варіант удобрення посівів добривом «Вермикомпост», за якого змогли проявити свій вплив й інші варіанти досліду. Так, за комплексного застосування удобрення «Вермикомпост» + кріопротектор МАРС ЕЛ + позакореневе удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ висота рослин сягала 875,0 та 876,0 см відповідно.

Отже, в другий та наступний роки вегетації визначальним для середньорічного приросту рослин павловнії є застосування агротехніки, що сприяє кращій доступності елементів живлення для рослин.

Оцінимо показники вмісту сухої речовини в стеблах та формування фотосинтетично активного вмісту пігментів в листових пластинках на час

повного утворення крони в рослин павловнії третього року вегетації (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3

Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії третього року вегетації, на час повного формування крони, 2023 рік

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєневе підживлення	Суша рєчовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
Бєз удобрєння	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	40,7	2,46	1,20	3,66
		Квантум-АмїНоФрост	40,4	3,06	1,59	4,65
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,6	3,09	1,59	4,69
	Рєгулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	41,2	2,49	1,15	3,63
		Квантум-АмїНоФрост	41,2	3,06	1,58	4,64
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,1	3,09	1,59	4,68
Органїчне добриво «Вермикомпост»	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	40,9	2,96	1,25	4,21
		Квантум-АмїНоФрост	41,5	3,19	1,57	4,76
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,3	3,20	1,65	4,85
	Рєгулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	41,2	3,03	1,46	4,48
		Квантум-АмїНоФрост	41,7	3,18	1,60	4,79
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,5	3,31	1,64	4,95
НІР _{0,05}			0,23	0,10	0,11	0,13

Отже, на третій рік вегетації в середньому мали вміст сухої речовини в рослинах павловнії на час повного формування крони на рівні 41,1 %, а вирощування рослин на удобреному фоні сприяло збільшенню показника на

0,48 %, аналогічно, використання кріопротектора сприяло отриманню на 0,42 % сухої речовини в стеблах рослин.

Кращі показники накопичення сухої речовини отримали на варіанті удобрення плантацій павловнії органічним добривом «Вермикомпост», застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост – 41,7 %.

Також було встановлено, що в 2023 році, на час повного формування крони, в середньому, вміст хлорофілів а становив 3,01 мг/кг, а хлорофілів б – 1,49 мг/кг. Кращі ж умови забезпечення рослин, а отже й формування ними вищого вмісту хлорофілів в листках, отримано за удобрення органічним добривом «Вермикомпост», що сприяло накопиченню на 0,27 мг/кг більше хлорофілів а та на 0,08 мг/кг хлорофілів б і також зростання суми хлорофілів на 0,38 мг/кг.

При цьому, більший вміст хлорофілів а було отримано на варіанті удобрення рослин органічним добривом «Вермикомпост», застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та внесення позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 3,31 мг/кг. Одночасно з тим встановлено, що позакоренева обробка рослин Квантум-АміНоФрост (на варіантах внесення органічного добрива) була ефективною навіть без обробки рослин кріопротектором, і на такому варіанті досліді отримано 3,19 мг/кг хлорофілів а в листках павловнії, коли ж при застосуванні кріопротектора МАРС ЕЛ та позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост – 3,18 мг/кг.

За показником суми хлорофілів кращими були варіанти досліді, в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост». На базі застосування органічного удобрення проведення обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ, та позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримано кращі значення по досліді на цей час – 4,95 мг/кг.

Опишемо визначені особливості накопичення сухої речовини та зміни вмісту хлорофілів на час цвітіння рослин павловнії третього року вегетації (таблиця 5.4).

**Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії третього року
вегетації, на час цвітіння, 2023 рік**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Суха речовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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
Органічне добриво «Вермикомпост»	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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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, в фазу цвітіння рослин павловнії вміст сухої речовини складав 51,5 %, а за внесення органічних добрив отримано прибавку в сухій речовині на 1,27 % до її вмісту, тоді як кріопротектор визначав підвищення показника на 0,65 %.

Окрім того, встановлено, що кращий вміст сухої речовини в цю фазу в умовах 2023 року був в рослинах павловнії за удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» та обов'язкового застосування обробки кріопротектором МАРС ЕЛ, а в поєднанні з позакореневим підживленням Квантум-АміНоФрост, та він становив 52,5 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 52,7 %.

За вмістом хлорофілів а, в середньому по досліді, на час цвітіння рослин третього року вегетації, в листках павловнії їх було 3,95 мг/кг, коли на контрольному варіанті цей показник становив всього 3,71 мг/кг. Кращий показник вмісту хлорофілу а забезпечував варіант удобрення органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 4,07 мг/кг, або ж Квантум-АміНоФрост – 4,05 мг/кг.

Визначено, що за вмістом хлорофілів б кращі значення отримано за застосування обробки посівів позакореневим підживленням Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ без інших факторів впливу. Так, варіанти без удобрення та без кріопротектора мали рівень вмісту хлорофілів б – 2,96 та 2,92 мг/кг, а за удобрення рослин позакореневе підживлення цими ж препаратами сприяло триманню – 2,95 та 2,93 мг/кг хлорофілів б.

Сумарний вміст хлорофілів на контрольному варіанті становив 6,22 мг/кг, за середнього по досліді показника в 6,79 мг/кг. Кращі показники отримано на варіанті удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост», а також застосування обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ в поєднанні з позакореневим підживленням Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, або ж у випадку поєднання кріопротектора з SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ. Проте, найкращий показник по досліді – 6,96 мг/кг був за обробки посівів Квантум-АміНоФрост.

Визначимо також закономірності формування показників вмісту сухої речовини та хлорофілів в другій половині вегетації павловнії третього року в умовах 2023 (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5

**Вміст сухої речовини та хлорофілів в рослинах павловнії третього року
вегетації, вересень 2023 рік**

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєневе підживлення	Суша рєчовина, %	Хлорофіл а, мг/кг	Хлорофіл б, мг/кг	Сума хлорофілів
Бєз удобрєння	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	48,6	3,78	2,31	6,09
		Квантум-АміНоФрост	49,9	4,04	2,75	6,79
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	48,5	4,04	2,75	6,79
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	48,4	3,99	2,69	6,68
		Квантум-АміНоФрост	48,1	4,05	2,59	6,64
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	49,9	4,16	2,69	6,85
Органічне добриво «Вермикомпост»	Бєз кріопротектора	Бєз підживлення	48,5	3,79	2,70	6,49
		Квантум-АміНоФрост	48,8	3,95	2,75	6,70
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	50,8	4,04	2,48	6,51
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Бєз підживлення	48,5	3,95	2,53	6,48
		Квантум-АміНоФрост	49,8	3,99	2,75	6,74
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	50,0	4,14	2,64	6,79
НІР _{0,05}			0,23	0,12	0,13	0,18

В другій половині вегетації 2023 року середній вміст сухої речовини в рослинах павловнії становив 49,15 %, тоді як на чистому контролі було лише 48,6 %. Варіанти з використання органічного добрива «Вермикомпост» мали кращі показники накопичення сухої речовини і різниця по удобрених

варіантах дослідів склала 0,49 %, коли застосування кріопротектора не сприяло отриманню істотних відмінностей.

На варіанті удобрення рослин павловнії органічним добривом «Вермикомпост», а також обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост отримано вміст сухої речовини в 49,8 %, а за обробки SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 50,0 %. Коли використання SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ на удобреному фоні забезпечило вміст сухої речовини в 50,8 %.

В другій половині вегетації 2023 року вміст хлорофілів групи а в листках рослин павловнії становив 3,99 мг/кг, тоді як мінімальний показник контрольного варіанту був 3,78 мг/кг. Також найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ в випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором MAPC ЕЛ. За таких умов на неудобреному фоні отримано вміст хлорофілів а 4,16, а на удобреному – 4,14 мг/кг.

Кращий вплив на формування хлорофілів б мало застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, що сприяло отриманню на варіантах без кріопротектора та на неудобреному фоні показника в 2,75 та 2,75 мг/кг. Аналогічно ефективним був Квантум-АміНоФрост на удобреному фоні в поєднанні або без обробки рослин павловнії кріопротектором.

Сума хлорофілів в середньому по досліді була на рівні 6,63 мг/кг, коли на контролі був всього 6,09 мг/кг. На неудобреному фоні гарним за впливом на показник було поєднання кріопротектора MAPC ЕЛ та позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ – 6,85 мг/кг. Аналогічні комбінації препаратів за удобрення рослин «Вермикомпост» сприяли отриманню суми хлорофілів на рівні 6,79 мг/кг.

Аналогічно попереднім рокам, важливим є висвітлення закономірностей формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності

фотосинтезу плантацій павловнії за вирощування їх на третій рік вегетації (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6

Фотосинтетичні параметри павловнії другого року вегетації, 2022 рік

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Фотосинтетичний потенціал насаджень	Чиста продуктивність фотосинтезу
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	5,79	2,59
		Квантум- АміНоФрост	6,04	2,52
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	5,91	2,57
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	6,23	2,50
		Квантум- АміНоФрост	6,60	2,41
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,64	2,41
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	6,67	2,61
		Квантум- АміНоФрост	6,76	2,60
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	6,86	2,55
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	7,11	2,53
		Квантум- АміНоФрост	7,18	2,56
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	7,38	2,49

Згідно отриманих даних, фотосинтетичний потенціал вегетаційного періоду 2023 року для плантацій павловнії становив в середньому 6,60 млн. м²/га,

при цьому за використання удобрення прибавка була 0,79 млн. м²/га, тоді ж застосування кріопротектора рослин в цілому сприяло підвищенню показника на 0,52 млн. м²/га.

Кращі значення фотосинтетичного потенціалу були зафіксовані за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (в середньому 6,99 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 7,38 млн. м²/га.

За чистою продуктивністю фотосинтезу кращими були варіанти дослід з використанням органічного удобрення плантацій павловнії «Вермикомпост» – 2,61 г/м² за добу сухої речовини та в поєднанні з позакореневою обробкою рослин Квантум-АміНоФрост – 2,60 г/м² за добу сухої речовини.

Також визначено кореляційну залежність між площею листків та фотосинтетичним потенціалом рослин (рис. 5.1).

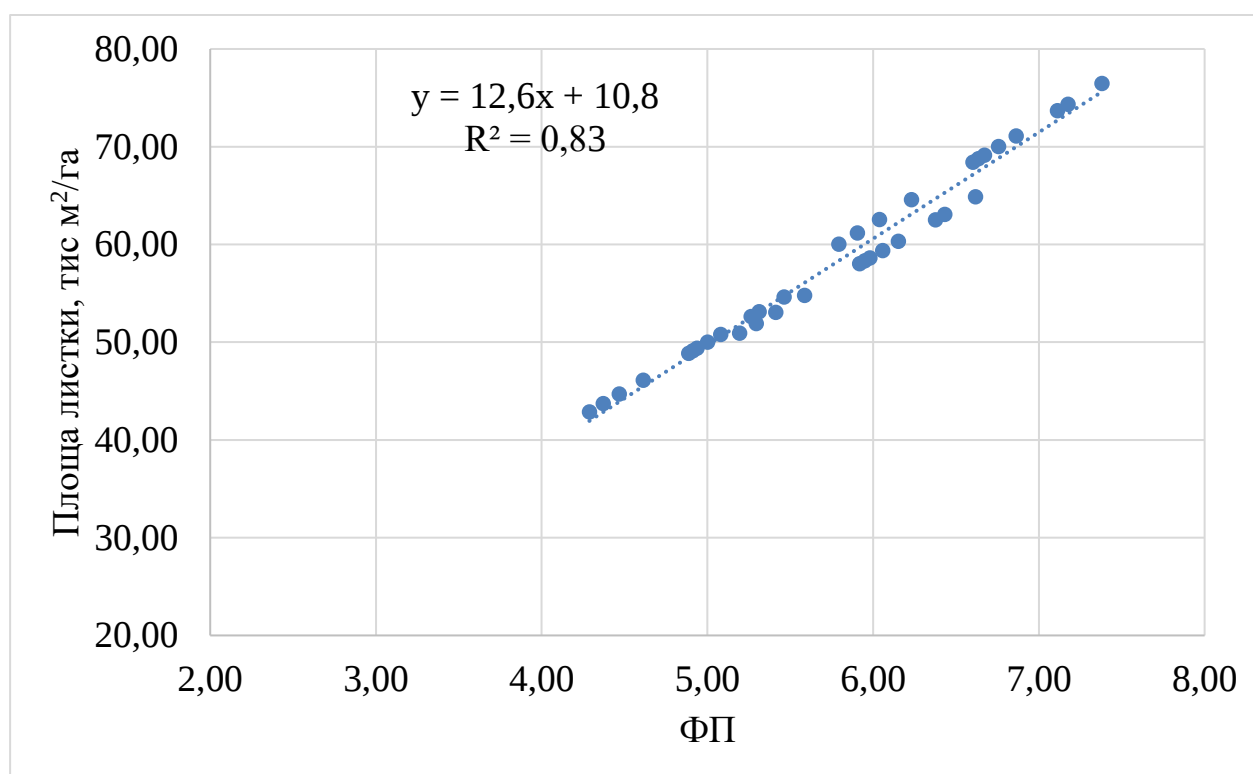


Рис. 5.1. Кореляційна залежність між площею листків та фотосинтетичним потенціалом рослин, в середньому за 2021-2023 рр.

Отриманий коефіцієнт кореляції має сильний тісний зв'язок, що підтверджує важливість визначення фотосинтетичних параметрів насаджень для аналізування стану рослин.

Висновки за розділом 5:

Встановлено, що на третій рік вегетації міжфазний період від цвітіння до опадання листків тривав в середньому 123,3 діб та сумарна вегетація в умовах Правобережного Лісостепу України в 2023 році тривала 202 доби, коли в 2022 році вона була 201 добу, а в 2021 – 213 діб. При цьому, фактори, що сприяли пришвидшенню фенофаз на початку вегетації фактично не обмежували тривалість їх в другій половині року. Тому, за обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) тривалість фенофаз цього періоду була найдовшою.

У 2023 році, в міжфазний період повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 688,6 см, коли ж за варіантів поєднання удобрення, кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого підживлення спостерігався кращий розвиток рослин. Аналогічно варіант підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) сприяв отриманню показника висоти в 718,0 см, а варіант SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 716,8 см. Тоді як на час опадання листків, за комплексного застосування удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га) + кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) + позакореневе удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) висота рослин сягала 875,0 та 876,0 см – тобто отримані кращі показники в досліді.

Встановлено, що за показником суми хролофілів на час повного формування крони в 2023 році, кращими були варіанти дослідів, в яких проводили удобрення плантацій органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га). На базі застосування органічного удобрення проведення обробки

рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га), та позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) отримано кращі значення по досліді на цей час – 4,95 мг/кг.

Кращий показник вмісту хлорофілу а, в фазу цвітіння в 2023 році забезпечував варіант удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (200 кг/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 4,07 мг/кг, або ж Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) – 4,05 мг/кг. Тоді як в другій половині вегетації 2023 року найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ у випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. За таких умов на неудобреному фоні отримано вміст хлорофілів а 4,16, а на удобреному – 4,14 мг/кг.

Згідно отриманих даних, кращі показники фотосинтетичного потенціалу вегетаційного періоду 2023 року були зафіксовані за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,99 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 7,38 млн. м²/га.

Розділ 6

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ ЯК ПРОДУКТУ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИКИ

Павловнія досить цікава та перспективна культура технічного напрямку переробки. Деревина низької якості може бути отримана з дерев віком 6-7 років, проте для отримання більш високоякісної продукції рекомендується збільшувати час культивування плантацій до 10 років, а не зрізати їх в молодому віці. Повністю сформоване дерево павловнії може досягати висоти від 10 до 20 метрів і мати прирости висоти до 3 метрів на рік за ідеальних умов. Десятирічне дерево може мати діаметр 30-40 см на висоті грудей і об'єм деревини 0,3-0,5 м³ [35; 21].

Кожне дерево павловнії може забезпечити кубометр деревини у віці 5-7 років, окрім того воно може рости в інтенсивних плантаціях з загущенням до 2000 дерев на гектарі. Виходячи з цього, можна розрахувати, що річний приріст біомаси становитиме 330 тон на гектар, а більш консервативний показник – близько 150 тон на гектар [73; 134].

Деревина павловнії м'яка, легка, з кільцеподібними порами, прямозерниста з атласним блиском. Середня питома вага деревини становить 0,35 г/см³. Деревина павловнії легко сушиться на повітрі без серйозних дефектів сушіння. Вона має високий коефіцієнт міцності до ваги, низький коефіцієнт усадки і не схильна до викривлення або розтріскування [24; 30]. Деревина добре піддається обробці. У Китаї та деяких інших азіатських країнах деревина павловнії використовується для різноманітних цілей, таких як меблі, будівництво, музичні інструменти, суднобудування, авіація, пакувальні ящики, труни, папір, фанера, виготовлення шаф та ліпнина [135]. Деревина павловнії в основному продається для спеціальних виробів з масиву дерева, орієнтовано-стружкових плит, шпону та для виробництва целюлози для виготовлення високоякісного паперу [30; 47; 2]. Її кора використовувалася в китайській народній медицині як складова частина засобів для лікування інфекційних захворювань, таких як гонорея і рожа [45].

Незважаючи на загальну ефективність вирощування павловнії найбільш цікавим питанням є чи за доволі короткий термін експлуатації плантації здатні забезпечити достатню кількість сировини саме як продукту для подальшої переробки на біоенергію. Адже, для України наразі актуально саме пошук швидкоростучих видів здатний кардинально підвищити збір біомаси та й відповідно вихід енергії з гектара площі, порівняно з іншими традиційними культурами регіону.

Таблиця 6.1

Вплив досліджуваних факторів на діаметр стовбура павловнії

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без удобрення	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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	7,4	11,5	16,6
		Квантум-АміНоФрост	7,5	11,7	16,7
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	7,5	11,7	16,8
Органічне добриво «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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	10,2	12,9	18,0
		Квантум-АміНоФрост	10,6	13,2	18,4
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	10,5	13,1	18,4
НІР _{0,05}			0,2	0,4	0,7

Зміни діаметру стовбура павловнії (таблиця 6.1) визначали в процесі неперервного вирощування її впродовж трьох років, тобто без проведення технічних зрізів. Адже, по аналогії з іншими деревними біоенергетичними культурами частота технічних зрізів не може бути меншим ніж один раз на три-чотири роки вирощування.

Якщо проаналізувати закономірності зміни діаметра стовбура павловнії в перший рік її вирощування, то за середнього по досліді показника в 8,8 см найбільш вагомо в кращий бік виділялись рослини, що вирощувались за застосування органічного удобрення «Вермикомпост». Так, рослини на варіантах, де вносилося органічне добриво мали на 3,0 см товстіший стовбур, тоді як різниця між варіантами з застосуванням або без використання 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 дія їх була найкращою і за удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ діаметр стовбура був кращим по досліді – 10,6 та 10,5 см відповідно.

Оскільки рослини не зрізали, то на другий рік вегетації формування товщини стовбура залежало і від приростів минулого року та умов впливу факторів поточного року. Середній діаметр стовбура був 12,2 см, застосування органічного удобрення сприяло отриманню на 1,5 см кращого показника, а кріопротектора – зростання значень на 0,3 см. Аналогічно до першого року вегетації комбіноване поєднання органічне добриво + кріопротектор + позакореневе підживлення забезпечило кращі значення діаметра стовбура рослин павловнії.

На третій рік вегетації середній діаметр стовбура був 17,3 см, застосування органічного удобрення сприяло отриманню на 1,7 см кращого показника, а кріопротектора – на 0,4 см. За удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-

АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ діаметр стовбура був кращим по досліді – 18,4 та 18,4 см відповідно.

Отже, за отримання щорічних лінійних приростів діаметру стовбура найбільш вагомий вплив на ознаку спостерігався в випадку застосування таких факторів досліді як основне удобрення органічним добривом «Вермикомпост».

Аналогічно, що стосується й маси сухої речовини в рослинах павловнії – по мірі їх росту з року в рік він лише накопичувався, і зміни факторів впливу минулого року звичайно, щодо певної міри знаходили своє відображення в показниках наступного року вегетації (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

Маса сухої речовини в одній рослині павловнії за впливу факторів, кг

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєневе підживлення	2021	2022	2023
Без удобрення	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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	2,74	12,2	25,0
		Квантум-АміНоФрост	2,78	12,3	25,4
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	2,77	12,3	25,6
Органічне добриво «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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	3,49	13,9	28,8
		Квантум-АміНоФрост	3,60	14,2	29,4
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	3,58	14,1	29,4
H _{IP} 0,05			0,2	0,4	0,7

В перший рік вегетації рослин павловнії було визначено, що за підсумком вони накопичили 3,0 кг/рослину масу сухої речовини, при цьому ж удобрення сприяло отриманню на 0,7 кг/рослину кращої маси, а кріопротектор гарантував прибавку в 0,3 кг/рослину. Отже, при комбінованій дії факторів дослідів, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по дослідів – 3,60 та 3,58 кг/рослину.

В наступний рік вегетації середня маса сухої речовини в одній рослині склала 12,9 кг/рослину, прибавка від органічного добрива була 1,7 кг/рослину, а від кріопротектора – 0,6 кг/рослину. Проте, аналогічно попередньому року, за поєднання усіх факторів дослідів, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по дослідів – 14,2 та 14,1 кг/рослину.

Отже, на відміну від першого року вегетації, за впливом факторів спостерігали підсилення саме вкладу органічного удобрення, адже рослини на другий рік росту потребують та споживають значно більше елементів живлення для формування приростів біомаси. Також зростання внеску кріопротектора показує, що на початку вегетаційного періоду в умовах 2022 року було більше днів з погодними умовами здатними викликали стрес в рослин саме за рахунок впливу понижених температур повітря. Причому навіть не приморозків, а саме зниження температур повітря вночі до 5-8°C, що як наслідок – уповільнює лінійний ріст і розвиток павловнії.

На третій рік вегетації середня маса сухої речовини накопичена в одній рослині павловнії сягнула 26,7 кг/рослину, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 3,8 кг/рослину більшої маси. При цьому, за рахунок періодів з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зросла ще більше і варіанти там, де він

вносився забезпечували прибавку в накопиченні сухої речовини в 1,2 кг/рослину.

Саме комплексний вплив факторів досліду, так само як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на накопичення сухої речовини рослинами павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліду, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по досліду – 29,4 та 29,4 кг/рослину.

В продовження встановлення закономірностей впливу факторів досліду на формування індивідуального показника продуктивності – маси сухої речовини однієї рослини визначили частки впливу факторів досліду – рис. 6.1.

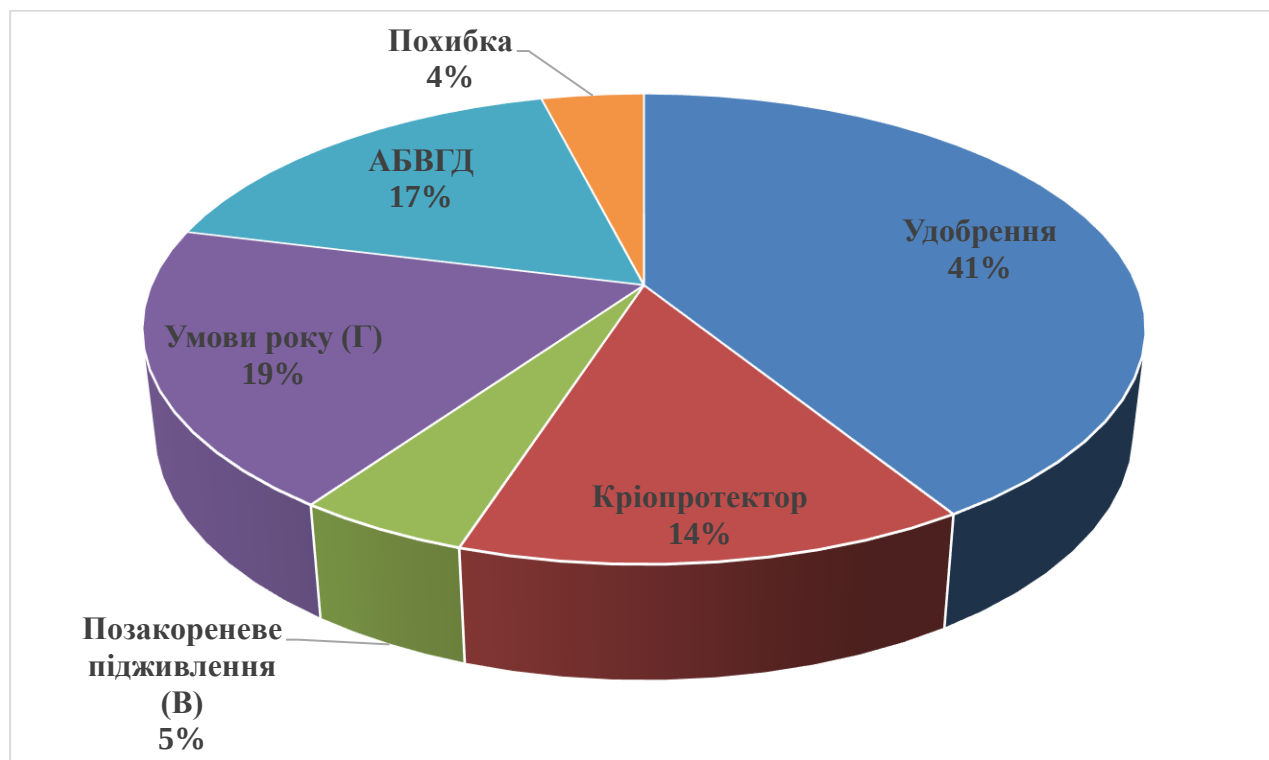


Рис. 6.1. Частка впливу факторів досліду на масу сухої речовини в одній рослині павловнії

За частками впливу факторів спостерігаємо закономірно великий вплив удобрення та кріопротектора і поєднання комплексу факторів досліду, при цьому

умови року також визначають коливання змін маси сухої речовини в рослинах павловнії.

Отже, урожай сухої речовини, отриманий з гектарної площі, є фактично показником «ефективності роботи» рослинної системи з агрономічної точки зору (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3

Урожайність сухої речовини павловнії за впливу факторів, т/га

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без удобрення	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
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	1,71	7,60	15,6
		Квантум-АміНоФрост	1,74	7,70	15,9
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	1,73	7,70	16,0
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	1,94	8,20	17,4
		Квантум-АміНоФрост	2,00	8,40	17,6
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	2,01	8,40	17,5
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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

Так, за підсумком першого року вегетації плантацій павловнії було визначено, що вони накопичили урожайність 1,88 т/га сухої речовини, при цьому

ж удобрення сприяло отриманню на 0,45 т/га кращої маси, а кріопротектор гарантував прибавку в 0,19 т/га.

Було виявлено, що за комбінованої дії факторів дослідів, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ маса сухої речовини накопичена в середньому плантацією павловнії була кращою по досліді – 2,25 та 2,24 т/га.

В умовах 2022 року урожайність сухої речовини з плантації павловнії зросла до 8,04 т/га, прибавка від органічного добрива була 1,06 т/га, а від кріопротектора – 0,39 т/га. Аналогічно попередньому року, за поєднання усіх факторів дослідів, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ склалися сприятливі умови, що забезпечили кращу по досліді урожайність – 8,90 та 8,80 т/га.

На третій рік вегетації урожайність сухої речовини сягала 16,68 т/га, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 2,40 т/га більшої маси. Також спостерігаємо, що як і в випадку формування індивідуальної сухої маси, за рахунок періодів з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зросла ще більше, і варіанти там де він був застосований забезпечували прибавку в накопиченні сухої речовини в 0,73 т/га.

Отже, визначено, що комплексний вплив факторів дослідів, так само як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на формування урожайності сухої речовини рослинами павловнії. Так, за поєднання усіх факторів дослідів, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ урожайність сухої речовини була кращою по досліді – 18,4 та 18,4 т/га.

Отже, аналогічно до показників отриманих при оцінюванні змін індивідуального накопичення сухої речовини урожайність павловнії по мірі

дорослішання плантацій все більше залежала від застосування органічного добрива. Так, в перший рік прибавка урожайності становила лише 0,45 т/га, коли в другий рік – 1,06 т/га а на третій – 2,40 т/га. При цьому, роль кріопротектора також важливо враховувати, оскільки він визначає стійкість рослин павловнії до понижених температур на початку періоду вегетації та найбільш вагомі прибавки від його застосування спостерігались на другий (0,39 т/га) та третій роки вегетації (0,73 т/га), що відповідало рокам з короткочасними пониженнями температури повітря після відновлення вегетації рослин павловнії.

Оцінимо також закономірності впливу факторів дослідів на урожай сухої речовини з плантації павловнії (рис. 6.2).

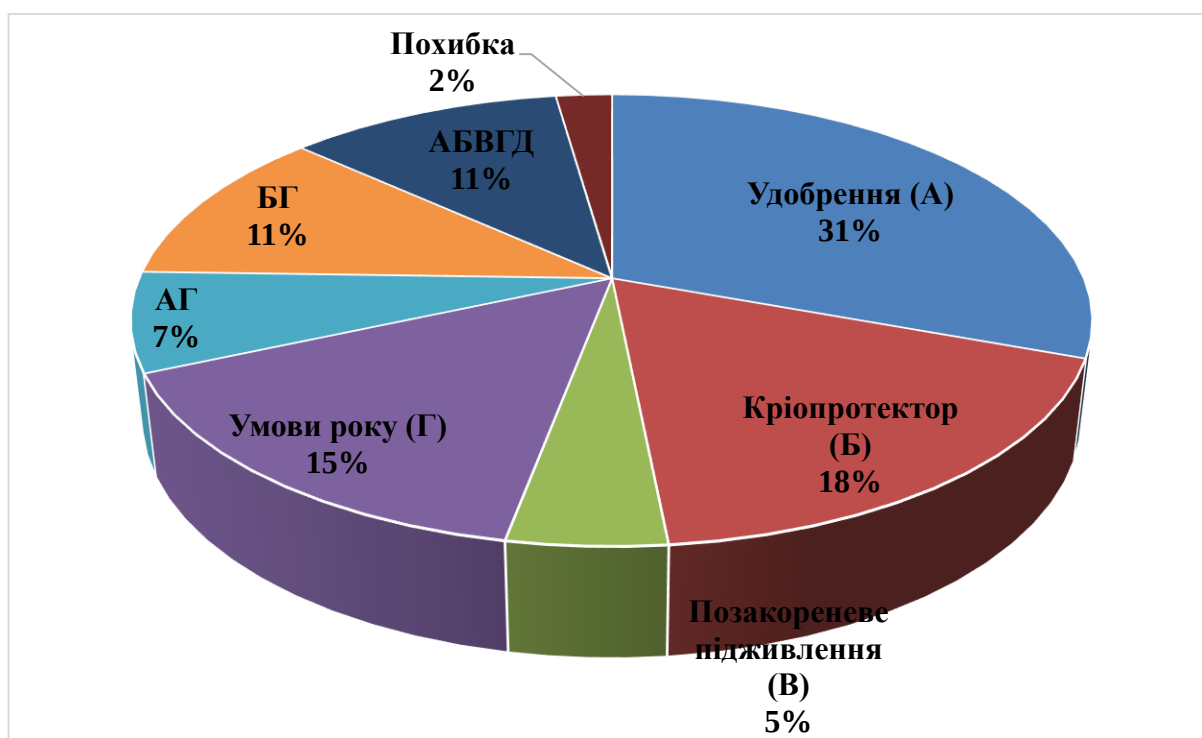


Рис. 6.2. Вплив факторів дослідів на урожайність сухої речовини з павловнії

Як бачимо за результатами дисперсійного аналізу – найбільш вагомо впливало на формування урожайності павловнії саме основне удобрення з використанням «Вермикомпост» (400 кг/га), проте і роль кріопротектора була вагомою (18 %), саме завдяки рокам з пониженнями температури повітря на початку вегетації павловнії. В той же час позакореневе підживлення як окремий

фактор впливу визначало всього 5 % змін урожайності, хоча сумарна частка впливу та взаємодії факторів була також вагомою – 11 %.

Окрім того вважаємо, що необхідно проаналізувати й якісні показники вмісту в отриманій сировині лігніну, целюлози та золи (таблиця 6.4, додаток А).

Таблиця 6.4

Якісні показники біомаси павловнії за впливу факторів досліду, %, середнє за 2021-2023 рр.

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Целюлоза	Лігнін	Зола
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	42,7	20,2	1,10
		Квантум-АміНоФрост	43,1	19,9	1,07
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	43,2	19,9	1,10
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	43,4	20,5	1,11
		Квантум-АміНоФрост	43,4	20,5	1,10
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	43,6	20,0	1,14
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	43,8	20,2	1,11
		Квантум-АміНоФрост	44,2	20,4	1,14
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	44,3	20,5	1,10
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	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 ж за застосування органічного удобрення отримали прибавку

вмісту на 1,05 %, а обробка рослин кріопротектором сприяла зростанню вмісту целюлози на 0,41 %.

Що стосується факторів досліду, то по усіх удобрених варіантах рослини почували себе краще з фізіологічної точки зору, а тому й отримано вищі показники вмісту целюлози. При цьому ж, у випадку поєднання таких факторів досліду, а саме – удобрення «Вермикомпост» та обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ їх дія підсилювалась і вміст целюлози був кращим по досліді – 44,5 %.

Середній вміст лігніну в рослинах павловнії був 20,3 %, а внесення органічного добрива сприяло отриманню прибавки в 0,29 %, коли застосування кріопротектора забезпечувало передумови до формування прибавки в 0,24 %. При цьому ж кращі показники вмісту лігніну в рослинах отримано на варіанті досліді за поєднання удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення 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 вивчались не впливало на зміни цього параметру якості біомаси рослин.

Висновки за розділом 6:

На третій рік вегетації рослин павловнії, середній діаметр стовбура був 17,3 см, застосування органічного удобрення сприяло отриманню в середньому приросту показника на 1,7 см, а кріопротектора – на 0,4 см. За удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) діаметр стовбура був кращим по досліді – 18,4 та 18,4 см відповідно.

В перший рік вегетації рослин павловнії органічне удобрення сприяло отриманню на 0,7 кг/рослину кращої маси, а кріопротектор гарантував прибавку в 0,3 кг/рослину. В наступний рік вегетації прибавка від органічного добрива була 1,7 кг/рослину, а від кріопротектора – 0,6 кг/рослину. На третій рік вегетації середня маса сухої речовини накопичена в одній рослині павловнії сягнула 26,7 кг/рослину, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 3,8 кг/рослину більшої маси. При цьому, за рахунок періодів з пониженими температурами повітря в умовах весни 2023 року роль кріопротектора зростає ще більше і варіанти там, де він вносився забезпечували прибавку в накопиченні сухої речовини в 1,2 кг/рослину. Отже, з року в рік спостерігались підсилення саме вкладу органічного удобрення в формування накопичення сухої речовини, адже рослини потребують та споживають значно більше елементів живлення для формування приростів біомаси ніж в перший рік.

Комплексний вплив факторів досліджу, так само як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на накопичення сухої речовини рослинами павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліджу, а саме – удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по досліджу – 29,4 та 29,4 кг/рослину.

Встановлено, що за поєднання усіх факторів досліджу, а саме – удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) урожайність сухої речовини була кращою по досліджу. Так, в перший рік отримано 2,25 та 2,24 т/га, на другий – 8,90 та 8,80 т/га, а на третій відповідно – 18,4 та 18,4 т/га.

Також виявлено, що урожайність павловнії по мірі дорослішання плантацій все більше залежала від застосування органічного добрива. Так, в перший рік прибавка урожайності становила лише 0,45 т/га, коли в другий рік – 1,06 т/га, а на третій – 2,40 т/га. При цьому, роль кріопротектора також важливо

враховувати, оскільки він визначає стійкість рослин павловнії до понижених температур на початку періоду вегетації та найбільш вагомі прибавки від його застосування спостерігались на другий (0,39 т/га) та третій роки вегетації (0,73 т/га), що відповідало рокам з короткочасними пониженнями температури повітря після відновлення вегетації рослин павловнії.

Вміст целюлози в рослинах павловнії був на рівні 43,8 %, при застосуванні органічного удобрення отримали прибавку на 1,05 %, а обробка рослин кріопротектором сприяла зростанню вмісту целюлози на 0,41 %. Тому у випадку поєднання таких факторів досліджу, а саме – удобрення «Вермикомпост» та обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ (0,5 л/га), вміст целюлози був кращим по досліджу – 44,5 %.

Вміст лігніну в рослинах павловнії був 20,3 %, а внесення органічного добрива сприяло отриманню прибавки в 0,29 %, коли застосування кріопротектора забезпечувало 0,24 % прибавки. Кращі показники вмісту лігніну в рослинах отримано на варіанті досліджу за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором MAPC ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 20,7 %.

Розділ 7

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ

Плантації павловнії, орієнтовані на виробництво біомаси наразі набувають все більшого поширення як по всьому світу, так і в Україні. Це дерево може накопичувати стільки ж біомаси за рік, скільки інші види можуть за кілька років. А тому є надзвичайно цікавим для вирощування на переробку на біопаливо [97; 81; 108].

Будучи деревом із високою швидкістю росту, але низькою щільністю деревини, павловнія майже не годиться для виробництва пелет. Порівняння пелет з точки зору європейських стандартів, вироблених з молодих плантацій *P. elongata* *P. fortunei*, показало їх низьку якість порівняно з пелетами *Pinus radiata* та *Eucalyptus nitens*. Проте в дослідженні, яке оцінювало виробництво брикетів і пелет з тирси, було отримано задовільний енергетичний ефект для *P. tomentosa* і *P. Elongata* [37; 61; 121; 57; 10].

Однак, сучасна економіка вимагає набагато більш швидких результатів в плані вирощування сировини, ніж ті, які можна отримати в результаті багаторічних культивувань класичних і поширених в регіоні культур. А тому павловнія розглядається як сировина для виробництва біопалива та рослина, що може мати комбінований тип переробки – на біопаливо різних поколінь, бути сировиною для паперової та деревообробної промисловості, зазнавати більш глибокого ступеня переробки [140; 111; 85; 103; 127].

А тому, дослідження з вивчення можливості виробництва біопалива з отриманої сировини павловнії актуальні в аспекті забезпечення нашої країни сировиною для швидкого поповнення запасів палива на шляху до позбавлення енергетичної залежності від викопних видів палива.

Для кращого розуміння потенційних можливостей павловнії в накопиченні біопалива вираховуємо особливості розрахункового збору біопалива з плантацій павловнії за впливу факторів досліду, що вивчались (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1

**Розрахунковий збір біопалива з плантації павловнії за впливу факторів,
т/га**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	2021	2022	2023
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	1,72	8,03	16,5
		Квантум-АміНоФрост	1,75	8,10	16,7
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	1,76	8,14	16,7
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	1,88	8,36	17,2
		Квантум-АміНоФрост	1,91	8,47	17,5
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	1,90	8,47	17,6
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	2,13	9,02	19,1
		Квантум-АміНоФрост	2,20	9,24	19,4
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	2,21	9,24	19,3
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	2,40	9,57	19,8
		Квантум-АміНоФрост	2,48	9,79	20,2
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	2,46	9,68	20,2
НІР _{0,05}			0,12	0,23	0,41

Коли оцінюємо збір біопалива першого та другого року вегетації, то мови про збирання цих рослин фізично не має, оскільки це є фактично приростом сухої біомаси перерахованим в біопаливо. Отже, в середньому в перший рік вегетації

збір біопалива становив 2,07 т/га, а на другий рік вегетації – 8,84 т/га, що досить мало з позиції ефективного використання такої біомаси.

На третій рік вегетації середній збір біопалива становив 18,4 т/га, а при використанні удобрення органічним добривом прибавка склала 2,64 т/га, коли обробка рослин кріопротектором дала лише прибавку в 0,81 т/га. Отже, за поєднання удобрення «Вермикомпост», обробки кріопротектором МАРС ЕЛ та Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ збір біопалива був кращим по досліді – 20,2 та 20,2 т/га.

Також визначили розрахунковий збір енергії з отриманим біопаливом з плантації павловнії за впливу факторів досліді (таблиця 7.2).

Сумарно, за перший рік вегетації посівів в середньому по досліді накопичувалось 30,8 ГДж/га енергії, коли ж варіанти внесення органічного добрива забезпечили кращий збір на 7,2 ГДж/га, а кріопротектор сприяв отриманню на 3,0 ГДж/га більше енергії з одиниці площі.

Також виявлено, що за комбінованої дії факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ збір енергії з врожаєм павловнії був кращим по досліді – 36,8 та 36,4 ГДж/га.

На другий рік вегетації збір енергії з плантації павловнії підвищився до 131,6 ГДж/га, прибавка від органічного добрива була 17,4 ГДж/га, а від кріопротектора – 6,3 ГДж/га. Аналогічно, за поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ склалися сприятливі умови, що забезпечили кращий збір енергії – 146,0 та 143,4 ГДж/га.

На третій рік вегетації збір енергії сягнув 273,4 ГДж/га, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 38,9 ГДж/га більше енергії з урожаєм біомаси, а використання кріопротектора сприяло отриманню на 11,5 ГДж/га більше. Отже, комплексний вплив факторів

дослід, так само як і в першій і другий рік вегетації був кращим за дією на формування збору енергії з одиниці площі поля павловнії. Так, за поєднання усіх факторів дослід, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ збір енергії з біомасою був кращим по дослід – 301,3 та 299,6 ГДж/га.

Таблиця 7.2

**Розрахунковий збір енергії з отриманим біопаливом з плантації павловнії
за впливу факторів, ГДж/га**

Удобрєння	Застосування кріопротектора	Позакорєневе підживлення	2021	2022	2023
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	25,7	119,5	246,5
		Квантум-АміНоФрост	26,1	120,6	249,5
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	26,3	121,4	249,5
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	28,2	124,0	256,0
		Квантум-АміНоФрост	28,5	125,8	260,0
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	28,3	126,6	262,2
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	31,9	133,7	284,7
		Квантум-АміНоФрост	32,8	137,8	288,7
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	32,9	137,9	287,0
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	35,8	143,0	295,9
		Квантум-АміНоФрост	36,8	146,0	301,3
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	36,4	143,4	299,6
НІР _{0,05}			1,9	9,7	11,4

Для того, щоб вирахувати показники валового прибутку та витрат на догляд плантацій павловнії користувались цінами 2023 року на матеріали, добрива, послуги та всі інші складники використані для забезпечення посадки рослин в полі та трирічного догляду за плантаціями (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3

**Валовий прибуток та витрати на догляд павловнії, в цінах
2023 року, тис. грн.**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Валовий прибуток	Вартість саджанців	Витрати на догляд	Сумарні витрати
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	189,8	117,9	4,7	122,6
		Квантум-АміНоФрост	192,3	116,6	6,3	122,9
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	192,3	116,3	7,2	123,5
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	197,3	112,3	5,6	117,9
		Квантум-АміНоФрост	201,1	109,7	7,2	116,9
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	202,4	110,0	8,1	118,1
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	220,1	110,4	8,5	118,9
		Квантум-АміНоФрост	222,6	108,2	10,1	118,3
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	221,4	108,1	11,0	119,1
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	227,7	103,3	9,4	112,7
		Квантум-АміНоФрост	232,8	103,1	11,0	114,1
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	232,8	102,9	11,9	114,8

Різниця в вартості саджанців за різних варіантів дослідів полягала в тому, що в випадку високого відсотку випадання рослин в перший рік додатково проводилося формування плантації та досаджування рослин замість випавших.

Адже зрідження плантації понад оптимальні кількості рослин неприпустиме, оскільки веде до значного скорочення продуктивності та ефективності.

Отже, було встановлено, що за середнього по досліді рівня валового прибутку отриманого за вирощування та переробки отриманого врожаю павловнії на біопаливо в 211,0 тис. грн./га найменший рівень його в 189,8 тис. грн./га був на контрольних варіантах досліді.

Комплексна дія факторів, а саме: удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, завдяки високій урожайності отриманої біомаси сприяли й кращому по досліді рівню валового прибутку – 232,8 та 232,8 тис. грн./га.

За результатами дослідження виявлено зростання витрат на вирощування саджанців павловнії, на варіанті з позакореневим підживленням від 102,9-103,1 тис. грн./га. до 117,9 тис. грн./га за поєднання органіки та кріопротектора. Тобто, фактично застосування додаткових агроприйомів до павловнії виявилось ефективним фактором економії посадкового матеріалу загалом.

Витрати на догляд за посівами склались з необхідних агротехнічних операцій по щорічному догляду та включали в тому числі й вартість кріопротектора та препаратів для позакореневого підживлення, які застосовувались щорічно для обробки плантацій павловнії на початку вегетації. Органічне ж добриво вносили раз – при закладанні плантацій павловнії.

Отже, цілком закономірно, що чим більше додаткових засобів застосовувати, то й збільшувалась вартість витрат на догляд і в випадку удобрення «Вермикомпост», обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ вони становили 11,0 та 11,9 тис. грн./га, коли на контролі були лише 4,7 тис. грн./га.

Сумарні ж витрати на вирощування павловнії впродовж трьох років склались з витрат на посадковий матеріал та догляд за плантацією, і як не

дивно, проте збільшення виживання саджанців павловнії позначилось на змінах цього показника і на контролі він був найвищим – 122,6-122,9 тис. грн./га, коли ж на варіантах комплексного поєднання факторів дослідів отримано було найменше значення – 112,7-114,8 тис. грн./га.

Розглянемо також питання формування чистого прибутку, собівартості та рентабельності вирощування плантацій павловнії (таблиця 7.4).

Таблиця 7.4

**Чистий прибуток, собівартість та рентабельність вирощування павловнії,
в цінах 2023 року, тис. грн.**

Удобрення	Застосування кріопротектора	Позакореневе підживлення	Чистий прибуток	Собівартість 1 т	Рентабельність, %
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	67,1	7,43	155
		Квантум-АміНоФрост	69,4	7,35	156
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	68,8	7,38	156
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	79,4	6,87	167
		Квантум-АміНоФрост	84,2	6,68	172
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	84,3	6,71	171
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	101,2	6,21	185
		Квантум-АміНоФрост	104,4	6,11	188
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	102,3	6,19	186
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	115,0	5,69	202
		Квантум-АміНоФрост	118,6	5,64	204
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	117,9	5,67	203

Як наслідок – чистий прибуток був найменшим на контрольних варіантах досліду – 67,1 тис. грн./га, при цьому, за удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ він був більшим на 51,5 та 48,6 тис. грн./га.

Отже, собівартість однієї тони виробленого біопалива була найвищою на тих же контрольних варіантах досліду – 7,43 тис. грн./га. При використанні удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримана на 1,79 та 1,68 тис. грн./на менша собівартість за більшого на 49,2 та 46,3 % рівня рентабельності.

Висновки за розділом 7:

В середньому в перший рік вегетації збір біопалива становив 2,07 т/га, а на другий рік вегетації – 8,84 т/га, що досить мало з точки зору ефективного використання такої біомаси. На третій рік вегетації середній збір біопалива становив 18,4 т/га, а при використанні удобрення органічним добривом прибавка склала 2,64 т/га, коли обробка рослин кріопротектором дала лише прибавку в 0,81 т/га. Отже, за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) збір біопалива був кращим по досліді – 20,2 та 20,2 т/га.

На третій рік вегетації збір енергії сягнув 273,4 ГДж/га, а удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинам накопичити на 38,9 ГДж/га більше енергії з урожаєм біомаси, а використання кріопротектора сприяло отриманню на 11,5 ГДж/га більше. Отже, комплексний вплив факторів досліду, так само як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на формування збору енергії з одиниці площі поля павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліду, а саме – удобрення «Вермикомпост», обробка рослин

кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ збір енергії з біомасою був кращим по досліді – 301,3 та 299,6 ГДж/га.

Встановлено, що за удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримано найвищий валовий прибуток – 232,8 та 232,8 тис. грн./га, кошти витрачені на саджанці павловнії були найменшими по досліді – 103,1 та 102,9 тис. грн./га, оскільки на цьому варіанті спостерігалась краща приживлюваність рослин, тобто потрібно було значно менше досаджувати нових саджанців для формування високопродуктивної плантації. Максимум додаткових факторів впливу сприяв тому, що витрати на догляд становили 11,0 та 11,9 тис. грн./га, коли на контролі були лише 4,7 тис. грн./га. Проте, за комплексу впливу елементів агротехніки сумарні витрати були меншими по досліді – 112,7-114,8 тис. грн./га, коли на контролі вони сягали 122,6-122,9 тис. грн./га. Отже, забезпечення гарної приживлюваності дороговартісного посадкового матеріалу є досить ефективним агрозаходом зниження вартості витрат на промислове вирощування павловнії.

Також встановлено, що за використання удобрення «Вермикомпост», обробки рослин кріопротектором MAPC ЕЛ та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ отримано на 51,5 та 48,6 тис. грн./га більший чистий прибуток, на 1,79 та 1,68 тис. грн./га менша собівартість однієї тони продукції та на 49,2 та 46,3 % вищий рівень рентабельності.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне та практичне вирішення важливого наукового завдання – оптимізації елементів технології вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України.

1. Визначено, що приживлюваність рослин павловнії на контрольних варіантах досліді була найнижчою – 74,2 %. При цьому, головним фактором отримання кращого рівня виживання рослин в варіантах без удобрень слугувало застосування кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га), за якого приживлюваність зросла до 80,2 %. Кращі варіанти досліді за відсотком рослин, що вижили, спостерігались саме за внесення органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) та обробки саджанців кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) – 89,8-90,2 %.

2. Встановлено, що на час цвітіння павловнії першого року вегетації більш високорослі рослини отримано на варіантах застосування органічного добрива «Вермикомпост» (400 кг/га) в поєднанні з кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому базовому поєднанні факторів обробка рослин додатково препаратами для позакореневого підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечувала кращий показник по досліді – 142,0 та 143,0 см відповідно. На другий рік вегетації, час опадання листків, рослини павловнії другого року вегетації в середньому мали висоту рослин в 623,3 см. При цьому, найбільш вагомим фактором впливу залишився варіант удобрення посівів добривом «Вермикомпост», за якого змогли добре проявити свій вплив й інші варіанти досліді. Так, за комплексного застосування удобрення (400 кг/га) + кріопротектор (0,5 л/га) + позакореневе удобрення висота рослин сягала 636,0 та 635,0 см відповідно.

3. В 2023 році, в міжфазний період повного формування крони на варіантах чистого контролю висота рослин павловнії була 688,6 см, коли ж за варіантів поєднання удобрення, кріопротектора МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого підживлення спостерігався кращий розвиток рослин. Аналогічно варіант

підживлення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) сприяв отриманню показника висоти в 718,0 см, а варіант SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 716,8 см. Тоді як на час опадання листків, за комплексного застосування удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га) + кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) + позакореневе удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) висота рослин сягала 875,0 та 876,0 см – тобто отримані кращі показники в досліді.

4. Кращий показник вмісту хлорофілу а, в фазу цвітіння в 2023 році забезпечував варіант удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (200 кг/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) в поєднанні з позакореневим удобренням SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 4,07 мг/кг, або ж Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) – 4,05 мг/кг. Тоді як в другій половині вегетації 2023 року найбільш ефективним виявилось застосування позакореневого підживлення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ в випадку поєднання цього фактору з обробкою рослин кріопротектором МАРС ЕЛ. За таких умов на неудобреному фоні отримано вміст хлорофілів а 4,16, а на удобреному – 4,14 мг/кг.

5. Досліджено, що кращі параметри фотосинтетичного потенціалу, на другий рік вегетації, отримано в розрізі варіантів досліду за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,27 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 6,62 млн. м²/га. А кращі показники фотосинтетичного потенціалу вегетаційного періоду 2023 року були зафіксовані за удобрення органічним добривом «Вермикомпост» (400 кг/га) (в середньому 6,99 млн. м²/га), а також обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га). При цьому додаткова обробка посівів препаратом SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечила умови до отримання максимального в досліді показника фотосинтетичного потенціалу – 7,38 млн. м²/га.

6. Встановлено, що на третій рік вегетації рослин павловнії, середній діаметр стовбура був 17,3 см, застосування органічного удобрення сприяло отриманню в середньому приросту показника на 1,7 см, а кріопротектора – на 0,4 см. За удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) діаметр стовбура був кращим по досліді – 18,4 та 18,4 см відповідно.

7. В перший рік вегетації органічне удобрення сприяло отриманню на 0,7 кращої маси, а кріопротектор гарантував прибавку в 0,3 кг/рослину. В наступний рік вегетації прибавка від органічного добрива була 1,7, а від кріопротектора – 0,6, а на третій рік вегетації удобрення плантацій органічним добривом допомагало рослинами накопичити на 3,8 кг/рослину більшої маси. Комплексний вплив факторів досліді, так само як і в перший і другий рік вегетації був кращим за дією на накопичення сухої речовини рослинами павловнії. Так, за поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) маса сухої речовини накопичена однією рослиною була кращою по досліді – 29,4 та 29,4 кг/рослину.

8. В випадку поєднання усіх факторів досліді, а саме – удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та застосування позакореневого удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) урожайність сухої речовини була кращою по досліді. Так, в перший рік отримано 2,25 та 2,24 т/га, на другий – 8,90 та 8,80 т/га, а на третій відповідно – 18,4 та 18,4 т/га.

9. За вмістом целюлози в рослинах павловнії, визначено що в середньому він був на рівні 43,8 %, при застосуванні органічного удобрення отримали прибавку на 1,05 %, а за обробки кріопротектором – 0,41 %. Отже, за поєднання таких факторів досліді як «Вермикомпост» та кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) вміст целюлози був кращим по досліді – 44,5 %. Тоді як вміст лігніну в рослинах

павловнії був 20,3 %, а внесення органічного добрива сприяло отриманню прибавки в 0,29 %, застосування кріопротектора забезпечувало 0,24 % прибавки. Кращі показники вмісту лігніну отримано на варіанті досліді за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневого удобрення SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) – 20,7 %.

10. На третій рік вегетації середній збір біопалива становив 18,4 т/га, а за поєднання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробки кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) збір біопалива був кращим по досліді – 20,2 та 20,2 т/га. Також середній збір енергії сягнув 273,4 ГДж/га, коли комплексний вплив факторів досліді сприяв отримання збору енергії з біомасою на кращому по досліді рівні – 301,3 та 299,6 ГДж/га.

11. Використання удобрення «Вермикомпост» (400 кг/га), обробка рослин кріопротектором МАРС ЕЛ (0,5 л/га) та позакореневе удобрення Квантум-АміНоФрост (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) забезпечувало кращий валовий прибуток – 232,8 та 232,8 тис. грн./га, кошти витрачені на саджанці павловнії були найменшими – 103,1 та 102,9 тис. грн./га, витрати на догляд становили 11,0 та 11,9 тис. грн./га, коли на контролі були лише 4,7 тис. грн./га. Проте, сумарні витрати на вирощування були меншими – 112,7-114,8 тис. грн./га, коли на контролі вони сягали 122,6-122,9 тис. грн./га. Також за поєднання цих варіантів досліді отримано на 51,5 та 48,6 тис. грн./га більший чистий прибуток, на 1,79 та 1,68 тис. грн./га меншу собівартість однієї тони продукції та на 49,2 та 46,3 % вищий рівень рентабельності.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою перспективного вирощування павловнії сорту Clone In Vitro 112 в умовах Лісостепу України рекомендується:

- для отримання максимального рівня збору біомаси вносити органічне добриво «Вермикомпост» до закладання плантації павловнії (400 кг/га);

- застосовувати регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ (0,5 л/га) на початку відростання листків для захисту від впливу низьких температур повітря на початку вегетації;

- вносити Квантум-АміНоФрост, (1,5 л/га) або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ (2,0 л/га) при появі перших 3-4 листків культури для загального стимулювання рослин та зняття стресів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abreu M., Reis A., Moura P., Fernando A.L., Luís A., Quental L., Patinha P., Gírio F. Evaluation of the Potential of Biomass to Energy in Portugal Conclusions from the CONVERTE Project. *Energies* 2020, 13, 937.
2. Adach W., Z'uchowski J., Moniuszko-Szajwaj B., Szumacher-Strabel M., Stochmal A., Olas B., Cieslak A. In Vitro Antiplatelet Activity of Extract and Its Fractions of Paulownia Clone in Vitro 112 Leaves. *Biomed. Pharmacother.* 2021, 137, 111301.
3. Akyildiz M., Kol H. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of environmental biology.* 2010. 31. 351-355.
4. Alagawany M., Farag M. R., Sahfi M. E., Elnesr Sh. S., Alqaisi O., S. El-Kassas, Al-wajeeh A. S., Taha A. E. & Abd E-Hack M. E. Phytochemical characteristics of Paulownia trees wastes and its use as unconventional feedstuff in animal feed. *Animal Biotechnology.* 2020. №33. 586-593. 10.1080/10495398.2020.1806074
5. Angelova-Romova M., Koleva A., Antova G., Zlatanov M., Stoyanova M., Dobрева K., Denev P., Damianova S., Angelov B., Stoyanova A. Lipid Composition of Paulownia Seeds Grown in Bulgaria. *Trakya University Journal of Sciences.* 2011. 13(2). 101-111.
6. Ashori, A., Nourbakhsh, A. Studies on Iranian cultivated paulownia - A potential source of fibrous raw material for paper industry. *Holz Roh. Werkst.* 2009. №67. 323-327.
7. Ates S., Ni Y., Akgul M., Tozluoglu A. Characterization and evaluation of Paulownia elongata as a raw material for paper production. *Afr. J. Biotechnol.* 2008. №7(22). 4153-4158.
8. Ayan S., Sadla I., Sivaciödlü A. Paulownia Sieb. & Zucc: a new exotic genus for multi-purpose uses in Kastamonu-Turkey. *Decision Support for Multiple Purpose Forestry.* 2003. №4. 23-25.

9. Ayan S., Silvacioglu A., Billir N. Growth variation of Paulownia Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu. Turkey. J. Environ. Biol. 2006. №27(3). 499-504.
10. Ayan S., Sivacioglu A., Bilir N. Growth Variation of Paulownia Sieb. and Zucc. Species and Origins at the Nursery Stage in Kastamonu-Turkey. J. Environ. Biol. 2006, 27, 499–504.
11. Azzarello E., Pandolfi C., Giordano Cr., Rossi M., Mugnai S., Mancuso St. Ultramorphological and physiological modifications induced by high zinc levels in Paulownia tomentosa. Environmental and Experimental Botany. 2012. №81. 11-17. 10.1016/j.envexpbot.2012.02.008.
12. Bahri B. In vitro propagation of a forest tree Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. A valuable medicinal tree species. Albanian J. Agric. Sci. 2013. №12. 37-42.
13. Barton I., Nicholas I., Ecroyd C. Paulownia. For. Res. Bull. 2007. №231. 5-68.
14. Berdón Berdón J., Montero Calvo A.J., Royano Barroso L., Parralejo Alcobendas A.I., González Cortés J. Study of Paulownia's Biomass Production in Mérida (Badajoz), Southwestern Spain. Environ. Ecol. Res 2017, 5, 521–527.
15. Berdon J., Montero Calvo A.J., Royano Barroso L., Parralejo Alcobendas A.I., Gonzalez Cortés J. Study of Paulownia's biomass production in Mérida (Badajoz), Southwestern Spain. Environ. Ecol. Res. 2017. №5. 521-527.
16. Bergmann B.A. Propagation method influences first year field survival and growth of Paulownia. New Forests. - 1998. - №16. - P. 251-264 .
17. Bergmann B.A., Moon H.K. In vitro adventitious shoot production in Paulownia. Plant Cell Reports. 1997. №16. 315-319. 10.1007/BF01088288
18. Bergmann, B.A., Whetten, R. In vitro rooting and early greenhouse growth of micropropagated Paulownia elongata shoots. New Forests 15, 1998. 127-138 10.1023/A:1006591704075

19. Bodnar A., Pajor F., Steier J., Kispal T., Poti P. Bodnar A. Nutritive value of paulownia (*Paulownia* spp.) hybrid tree leaves. Hungarian Agricultural Research. 2014. № 23(4). 27-32.
20. Buzan R.L., Maxim A., Odagiu A., Balint Cl., Hartagan R. M. Paulownia sp. Used as an Energetic Plant, for the Phytoremediation of Soils and in Agroforestry Systems. ProEnvironment. 2018. 11(34).
<https://journals.usamvcluj.ro/index.php/promediu/article/view/13206/10814>
21. Candan Z., Gonultas O., Gorgun H.V., Unsal O. Examining Parameters of Surface Quality Performance of Paulownia Wood Materials Modified by Thermal Compression Technique. Dry. Ind. 2021, 72, 231–236.
22. Carmen S. J., Cernadas Ma J., Corredoira E. Histology of the regeneration of Paulownia tomentosa (Paulowniaceae) by organogenesis. Revista de Biologia Tropical. 2014. 62. 809-818.
23. Carpenter S.B., Immel M.J., Smith N.D. Effect of Photoperiod on the Growth and Photosynthetic Capacity of Paulownia Seedlings. Castanea. 1983. №48(1). 13-18
24. Chen L., Wang S., Meng H., Wu Z., Zhao J. Study on Gas Products Distributions During Fast Co-Pyrolysis of Paulownia Wood and PET at High Temperature. Energy Procedia 2017, 105, 391–397.
25. Clatterbuck W.K. Tree Crops for Marginal Farmland: Paulownia - with a Financial Analysis. University of Tennessee. 2004.
http://www.paulownia.rs/pub/download/137960705585_paulowniastudijaisplativostibwiliustracijaeng_3.pdf
26. Corredoira E., Ballester A., Vieitez A. Thidiazuron Induced High-Frequency Plant Regeneration from Leaf Explants of Paulownia tomentosa Mature Trees. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2008. 12. 197-208.
27. Costea M., Danci M., Ciulca S., Sumalan R.. Genus Paulownia: versatile woodspecies with multiple uses - a review. LSSD. 2021. 2(1). 32-40.
28. DePamphilis C.W., Young N.D., Wolfe A.D. Evolution of plastid gene rps2 in a lineage of hemiparasitic and holoparasitic plants: many losses of

photosynthesis and complex patterns of rate variation. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1997. №94. 7367-7372.

29. Di Baccio D., R. Tognetti, L. Sebastiani, C. Vitaglian Responses of *Populus Deltoides* *Paulownia Nigra* (*Paulownia Euramericana*) Clone I-214 to High Zinc Concentrations. New Phytologist. 2003. №159. 443-452.

30. Domínguez E., Río P.G., del Romaní A., Garrote G., Domingues L. Hemicellulosic Bioethanol Production from Fast-Growing *Paulownia* Biomass. Processes 2021, 9, 173.

31. Doumet, S., Azzarello, E., Fibbi, D., Mancuso, S., Mugnai, S., Petruzzelli, G., Del Bubba, M. Influence of the application renewal of glutamate and tartrate on Cd, Cu Pb and Zn distribution between contaminated soil and *Paulownia tomentosa* in a pilot-scale assisted phytoremediation study. Int. J. Phytoremediation. 2011. №13. 1-17.

32. Doumet, S., Lamperi, L., Checchini, L., Azzarello, E., Mugnai, S., Mancuso, S., Petruzzelli, G., Del Bubba, M. Heavy metal distribution between contaminated soil and *Paulownia tomentosa*, in a pilot-scale assisted phytoremediation study: influence of different complexing agents. Chemosphere. 2008. №72. 1481-1490.

33. Du X., Shi Y.P., Li Z.G., Li Y. Isolation and structural elucidation of flavones from flower of *Paulownia tomentosa*. Chinese Traditional and Herbal Drugs. 2004. №35. 245- 247.

34. Erbar C., Gulden C. Ontogeny of the flowers in *Paulownia tomentosa* - A contribution to the recognition of the resurrected monogeneric family Paulowniaceae. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2011. 206(3). 205-218. 10.1016/j.flora. 2010.05.003.

35. Esmailpour A., Taghiyari H.R., Golchin M., Avramidis S. On the Fluid Permeability of Heat Treated *Paulownia* Wood. Int. Wood Prod. J. 2019, 10, 55–63.

36. Essl F. From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Paulownia tomentosa*. Preslia. 2007. №79(4). 377-389.

37. Filipova L., Matskevych V., Karpuk L., Andriievsky V., Vrublevsky A., Pavlichenko A., Krupa N. Features of Pavlovia Plants Post-Septic Adaptation. In Proceedings of the Multidisciplinary Conference for Young Researchers, Bila Tserkva, Ukraine, 22 November 2019; <http://193.138.93.8/handle/BNAU/3293>
38. Filipova L.M., Matskevych V.V., Karpuk L.M., Stadnyk A.P., Andriievsky V.V, Vrublevsky A.T., Krupa N.M., Pavlichenko A.A. Features of Rooting Paulownia in vitro. *Egypt.J.Chem.* 2019. 57-63.
39. Garcia-Morote F. A., Lopez-Serrano F. R., Martinez-Garcia E., Andrés-Abellan M., Dadi T., Candel D., Lucas-Borja M. E. Stem biomass production of Paulownia elongata P. fortunei under low irrigation in a semi-arid environment. *Forests.* 2014. №5(10). 2505-2520.
40. Giri C.C., Shyamkumar B., Anjaneyulu C. Progress in tissue culture, genetic transformation and applications of biotechnology to trees: an overview. *Trees,* 18(2), 2004. 115-135.
41. Gyuleva V. Micropropagation of hybrid paulownia from long-term preserved seeds. *Silva Balcan.* 2010. №11(1). 45-58.
42. Gyuleva V. Project 'Establishment of geographical plantations of Paulownia elongata hybrids in Bulgaria' - contract No 37 with State Agency of Forests (2007-2010). *News Bulg. Acad. Sci.* 2008. №12. 2-4.
43. Haldar A., Sethi N. Effect of Institutional Quality and Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions an Empirical Investigation for Developing Countries. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021, 28, 15485–15503.
44. Hamdan H.Z., Hourri A.F. CO₂ Sequestration by Propagation of the Fast-Growing Azolla Spp. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2022, 29, 16912–16924.
45. He T., Vaidya B.N., Perry Z.D., Parajuli P., Joshee N. Paulownia as a Medicinal Tree: Traditional Uses and Current Advances. *Eur. J. Med. Plants* 2016, 14, 1–15.
46. Hua Z.Z., Yu L.X., Guo X.Y. Research on Paulownia. The Forestry Academy, Beijing, 1980

47. Huang H., Szumacher-Strabel M., Patra A.K., Ślusarczyk S., Lechniak D., Vazirigohar M., Varadyova Z., Kozłowska M., Cieślak A. Chemical and Phytochemical Composition, in Vitro Ruminant Fermentation, Methane Production, and Nutrient Degradability of Fresh and Ensiled *Paulownia* Hybrid Leaves. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 2021, 279, 115038.
48. Humentyk M., Kharytonov M., Shuvar A., Pyrih H., Humentyk V. The growth dynamics of paulownia trees cultivated as energy plantations in the forest-steppe zone of Ukraine. *Scientific papers Series B. Horticulture*. Volume LXVII, №1. 2023. 397-403.
49. Icka P., Damo R., Icka E. *Paulownia tomentosa*, a fast growing timber. *Ann. Valahia Univ. Targoviste, Agric.* 2016. №10(1). 14-19.
50. Imad A., Al-Tinawi Khuzama A.Q., Wasseem, I.M., Nabil, A.B., Ahmad M. Development of in vitro propagation system for *Paulownia tomentosa* L. using tissue culture techniques. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 2010. 617-628.
51. Immel M. J.; Tackett E. M.; Carpenter S. B. *Paulownia* seedlings respond to increased daylength. *Tree Plant. Notes.* 1980. №31(1). 3-5
52. Innes R. J. *Paulownia tomentosa*, in fire effects information system. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer) 2009.
53. Ipekci Z, Altinkut A, Kazan K, Bajrovic K, Gozukirmizi N. High frequency plant regeneration from nodal explants of *Paulownia elongata*. *Plant Biol.* 3. 2001. 113–115.
54. Ipekci Z., Gozukirmizi N. Direct somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. *Plant Cell.* 2003. 22. 16-24. 10.1007/s00299-003-0650-5
55. Jakubowski M. Cultivation Potential and Uses of *Paulownia* Wood: A Review. *Forests.* 2022. №13. 668. 10.3390/f13050668
56. Jakubowski M., Dobroczynski M. Density of wood of 10-year *Paulownia* plantation damaged by wind in Poland. *Forestry Letters.* 2020. №113. 8-11.

57. Jakubowski M., Tomczak A., Jelonek T., Grzywiński W. The use of wood and the possibility of planting trees of the *Paulownia* genus. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.* 2018, 17, 291–297.
58. Jamil K., Liu D., Gul R.F., Hussain Z., Mohsin M., Qin G., Khan F.U. Do Remittance and Renewable Energy Affect CO₂ Emissions? An Empirical Evidence from Selected G-20 Countries. *Energy Environ.* 2021.
59. Janjic, Z., Janjic, M. *Paulownia*, its characteristics and use value. *Knowledge. International Journal.* 2017. №20(5). 2387-2392. <http://ikm.mk/ojs/index.php/kij/article/view/3785>
60. Jay A. *Paulownia Plantation Experiences and Profitable Timber Production.* Australian Forest Growers, Conference Proceedings, Lismore, 1998. 199-214.
61. Jensen J.B. An Investigation into the Suitability of *Paulownia* as an Agroforestry Species for UK & NW European Farming Systems. Master's Thesis, Department of Agriculture & Business Management, Scotland's Rural College, Edinburgh, UK, 2016.
62. Joshi, N. R., Karki, S., Adhikari, M. D., Udas, E., Sherpa, S., Karki, B. S., Ning, W. Development of allometric equations for *Paulownia tomentosa* (Thunb) to estimate biomass and carbon stocks: An assessment from the ICIMOD Knowledge Park, Godavari, Nepal. Kathmandu, Nepal: International Centre for Integrated Mountain Development. 2015. https://www.researchgate.net/publication/298790049_Development_of_allometric_equations_for_Paulownia_tomentosa_Thunb_to_estimate_biomass_and_carbon_stocks_An_assessment_from_the_ICIMOD_Knowledge_Park_Godavari_Nepal
63. Judd W.S., Olmstead R.G. A survey of tricolpate (eudicot) phylogenetic relationships. *Am. J. Bot.* 2004. №91. 1627-1644.
64. Kalmukov K. Effect of Initial Density on Condition and Growth of *Paulownia tomentosa*. Experimental Station for Rapid Forest-like Species, 2009. 129-131.

65. Kaygin B., Kaplan D., Aydemir D. Paulownia tree: Possibilities of an alternative raw material for pencil manufacturing industry. *Bioresources*. 2015. №10. 3426-3433.
66. Kaymakci A., Bektas I., Bal B. Some mechanical properties of paulownia (*Paulownia elongata*) wood. W: International Caucasian Forestry Symposium. 2013. 24-26.
67. Kircher M. Economic Trends in the Transition into a Circular Bioeconomy. *J. Risk Financ. Manag.* 2022, 15, 44.
68. Kirikkaleli D., Güngör H., Adebayo T.S. Consumption-Based Carbon Emissions, Renewable Energy Consumption, Financial Development and Economic Growth in Chile. *Bus. Strategy Environ.* 2022, 31, 1123–1137.
69. Kobayashi S., Asai T., Fujimoto Yo., Kohshima Sh. Anti-herbivore Structures of Paulownia tomentosa: Morphology, Distribution, Chemical Constituents and Changes During Shoot and Leaf Development. *Annals of Botany*. 2008. 101(7). 1035-1047. 10.1093/aob/mcn033
70. Koman S. Quality characteristics of the selected variant of Paulownia tomentosa (robusta) wood cultivated in Hungary. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. 2022. 10.4067/S0718-221X2023005XXXXXX.
71. Koman, S., Feher, S. Physical and mechanical power to the clone Paulownia in vitro 112. *Euro. J. Wood Prod.* 2020. №78. 421-423. 10.1007/s00107-020-01497-x
72. Leifert C., Ritchie J.Y. Waites W.M. Contaminants of plant-tissue and cell cultures. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 1991. №7. 452-469. 10.1007/BF00303371
73. Li H., Jiang X., Ramaswamy H.S., Zhu S., Yu Y. High-Pressure Treatment Effects on Density Profile, Surface Roughness, Hardness, and Abrasion Resistance of Paulownia Wood Boards. *Trans. ASABE* 2018, 61, 1181–1188.
74. Li P., Oda J. Flame retardancy of paulownia wood and its mechanism. *J. Mater. Sci.* 2007. №42. 8544-8550. 10.1007/s10853-007-1781-9

75. Li W., Weiqing L., Hai F., Ding Z. Interlaminar Behavior of Paulownia Wood Sandwich Composites with Grooves. Proceedings of the 5th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering. September 27-29, 2010, Beijing, China. 123-126.
76. Lobna, S. Taha, Soad, Ibrahim M.M., Farahat, M.M. A Micropropagation protocol of Paulownia kowakamii through in vitro culture technique. Australian Journal Basic Applied Sciences, 2(3). 2008. 594-600.
77. 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.
78. Lopez F.A., Perez M. A., Zamudio M., De Alva H. E., Garcia J. C. Paulownia as Raw Material for Solid Biofuel and Cellulose Pulp. Biomass and Bioenergy. 2012. №45. 77-86.
79. Luca R., Camen D., Danci M., Petolescu C. Research regarding the influence of culture conditions upon the main physiological indices at Paulownia shan tong. J. Hortic. For. Biotechnol. 2014. №18(4). 74-77.
80. Markovic M., Vilotic D., Popovic M. Propagation of Paulownia elongata S. Y. Hu by axillary shoots. Propagation of Ornamental Plants, 13 (2), 2013. 73-77.
81. Mohamad M.E., Awad A.A., Majrashi A., Esadek O.A.A., El-Saadony M.T., Saad A.M., Gendy A.S. 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 J. Biol. Sci. 2021, 29, 1598–1603.
82. Mou J., Zhu S.F., Lin C.L., Tian G.Z., Xu X., Zhao W.J. Transcriptomic Analysis of Paulownia Infected by Paulownia Witches'-Broom Phytoplasma. Public Library of Science. 2013. №8. 77-217.
83. Muthuri C.W., Ong C.K., Black C.R., Ngumi V.W., Mati B.M. Tree and Crop Productivity in Grevillea, Alnus and Paulownia-Based Agroforestry Systems in SemiArid Kenya. Forest Ecology and Management. 2005. №212. 23-39.

84. Navroodi I. H. Comparison of growth and wood production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan province (Iran). Ind. J. Sci. Technol. 2013. №6. 2.
85. Navroodi I.H. Comparison of Growth and Wood Production of *Populus deltoides* and *Paulownia fortunei* in Guilan Province (Iran). Ind. J. Sci. Technol. 2013, 6, 84–88.
86. Newman S.M., Bennett K., Wu Y. Performance of Maize, Beans and Ginger as Intercrops in *Paulownia* Plantations in China. Agroforestry Systems. 1997. №39. 23-30.
87. Niraj K.Y., Brajesh N.V., Henderson K., Lee J.F., Stewart W.M., Dhekney S.A., Joshee N. A Review of *Paulownia* Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. American Journal of Plant Sciences. 4(11). 2013. 270-282.
88. Olmstead R.G., DePamphilis C.W., Wolfe A.D., Young N.D., Elisons W.J., Reeves P.A. Disintegration of the Scrophulariaceae. Amer. J. Bot. 2001. №88(2). 348-361.
89. Olmstead R.G., Reeves P.A. Evidence for the polyphyly of the Scrophulariaceae based on chloroplast *rbcL* and *ndhF* sequences. Ann. M.O. Bot. Gard. 1995. №82. 176-193.
90. Ols C., Bontemps J.-D. Pure and Even-Aged Forestry of Fast-Growing Conifers under Climate Change: On the Need for a Silvicultural Paradigm Shift. Environ. Res. Lett. 2021, 16, 024030.
91. Oxelman B., Kornhall P., Olmstead R.G., Bremer B. Further disintegration of Scrophulariaceae. Taxon. 2005. №54. 411-425.
92. Ozaslan M., Can C., Aytekin T. Effect of explant source on in vitro propagation of *Paulownia tomentosa* Steud. Biotechnology and Biotechnological Equipment, 19(3), 2005. 20-26.
93. Ozelgam H., Ipgak H. H., Ozuretmen S., Canbolat O. 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 De Zootecnia. 2021. №50. 10.37496/rbz5020210057

94. Pergl J., Sadlo J., Petrusek A., Lastuvka Z., Musil J., Perglova I., Sanda R. Black, grey and watch lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. NeoBiota. 2016. №28, 1-37.

95. Popova T.P., Kirov V.K., Kaleva M.D., Baykov B.D. Comparative Study of Microflora of New Energy Crops for Biogas Production. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2014. 3(11). 539-548.

96. Popovic J., Radosevic G. Paulownia elongata S. Y. Hu - Anatomical and chemical properties of wood fibers. Prerada Drveta. 2011. №9(34-35). 15-22.

97. Poz'oga M., Olewnicki D., Jabłon'ska L. In Vitro Propagation Protocols and Variable Cost Comparison in Commercial Production for Paulownia tomentosa Paulownia fortunei Hybrid as a Renewable Energy Source. Appl. Sci. 2019, 9, 2272.

98. Pozoga M., Olewnicki D., Jablonska L. In Vitro Propagation Protocols and Variable Cost Comparison in Commercial Production for Paulownia tomentosa Paulownia fortune Hybrid as a Renewable Energy Source. Appl. Sci. 2019. №9. 2272. 10.3390/app9112272

99. Ptach W., Langowski A., Rolbiecki R., Rolbiecki S., Jagosz B., Grybauskiene V., Kokoszewski M. The influence of irrigation on the growth of paulownia trees at the first year of cultivation in a light soil. Proceedings of the 8 th International Scientific Conference Rural Development, 2017

100. Qi Y., Jang J. H., Park S. H., Kim N. H. Anatomical and physical characteristics of Korean paulownia (*Paulownia coreana*) branch wood. J. Korean Wood Sci. Technol. 2014. №42(5). 510-515.

101. Qi Y., Jang J., Hidayat W., Lee A., Park S., Lee S., Kim N. Anatomical Characteristics of Paulownia tomentosa Root Wood. Journal of the Korean Wood Science and Technology. 44 (2). 2016. 157-165.

102. Rad J.E., Mirkala S.R.M. Irrigation effects on diameter growth of 2-year-old Paulownia tomentosa saplings. J. For. Res. 2015. №26. 153-157. 10.1007/s11676-014-0007-7

103. Rad J.E., Mirkala S.R.M. Irrigation Effects on Diameter Growth of 2-Year-Old *Paulownia tomentosa* Saplings. *J. For. Res.* 2015, 26, 153–157.
104. Radu S., Cristescu V., Dumitru-Tataranu I. Cercetari privind cultura forestiera a speciei *Paulownia tomentosa*. Editura Silvica, Bucharest, 1977.
105. Rahman M.A., Rahman F., Rahmatullah M. In vitro regeneration of *Paulownia tomentosa* Steud. plants through the induction of adventitious shoots in explants derived from selected mature trees, by studying the effect of different plant growth regulators. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*. 2013. 7(4). 259-268
106. Rao C., Goh C., Kumar P.P. High frequency adventitious shoot regeneration from excised leaves of *Paulownia* spp. cultured in vitro. *Plant Cell Rep.* 1996. №16. 204-209.
107. Richardson D., Pysek P., Rejmanek M., Barbour M., Panetta F., West C. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 2000. №3. 14-93. 10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x.
108. 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 J. Biotechnol.* 2018, 6, 11–15. <https://www.nepjol.info/index.php/NJB/article/download/22330/19016>
109. San H.P., Long L.K., Zhang Ch.Z., Hui T.Ch., Seng W.Y., Fong, W.K. Anatomical features, fiber morphological, physical and mechanical properties of three years old new hybrid paulownia: green paulownia. *Res. J. For.* 2019. №10. 30-35.
110. Sanderson K. D. Effect of photoperiod on the growth of empress tree (*Paulownia tomentosa*) seedlings. *Ala. Agric. Expt. Sta. Hort. Ser.* 1972. №18. 10-11.
111. Sedlar T., Šefc B., Drvodeli'c D., Jambrekovi'c B., Ku'cini'c M., Ištok I. Physical Properties of Juvenile Wood of Two *Paulownia* Hybrids. *Drv. Ind. Znan. Časopis Pitanja Drv. Tehnol.* 2020, 71, 179–184.
112. Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Karceva T., Kraptchev B. Micropropagation of six *Paulownia* genotypes through tissue culture. *Journal of Central European Agriculture*. 2014. 15(4), 147-156. 10.5513/JCEA01/15.4.1523

113. Sidan L., Zhenbo L., Yixing L., Haipeng Y., Yinglai H. 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.
114. 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? *Renew. Energy* 2021, 165, 758–772.
115. Silvestre A.J.D., Evtuguin D.V., Sousa A.P.M., Silva A.M.S. Lignans from a hybrid Paulownia wood. *Biochem. Syst. Ecol.* 2005. №33. 1298-1302.
116. Singh C., Dhyani, S., Raizada A. Integrating Paulownia in agroforestry systems – Prospects and potential in India. *Indian Journal of Agroforestry.* 3. 2003. 100-106.
117. Singh C., Arora, Y.K. Paulownia- the tree for the future. *Indian Farming*, 49(6):15, 1999.
118. Smejkal K, Grycova' L, Marek R, Lemie're F, Jankovska' D, Forejtni'kova' H, Vanco J, Suchy' V. C-geranyl compounds from Paulownia tomentosa fruits. *Journal of natural products.* 2007. №70. 1244-1248.
119. Smejkal K, Holubova P, Zima A, Muselik J, Dvorska M. Antiradical activity of Paulownia tomentosa (Scrophulariaceae) extracts. *Molecules.* 2007. 12. 1210-1219.
120. Snow W. A. Ornamental, crop, or invasive? The history of the Empress tree (Paulownia) in the USA, *For. TihreoeosdsLive.* 2015. №24(2). 85-96. 10.1080/14728028.2014.952353
121. Snow W.A. Ornamental, Crop, or Invasive? The History of the Empress Tree (Paulownia) in the USA. *For. Trees Livelihoods* 2015, 24, 85–96.
122. Sobhani M., Khazaeian A., Tabarsa T., Shakeri A. Evaluation of physical and mechanical properties of paulownia wood core and fiberglass surfaces sandwich panel. *Key Eng. Mater.* 2011. 471-472.

123. Takhtajan, A.L. Diversity and Classification of Flowering Plants. Columbia Univ. Press, New York. 620 p.
124. Ting H., Brajesh V., Zachary P., Prahlad P., Nirmal J. Paulownia as a Medicinal Tree Traditional Uses and Current Advances. European Journal of Medicinal Plants. 2016. Vol. 14(1). 1-15. doi: 10.9734/EJMP/2016/25170
125. Turner G. D., Lau R. R., Young D.R. D.Effect of Acidity on Germination and Seedling Growth of Paulownia tomentosa. Journal of Applied Ecology. 1988. №25(2). 561-567. 10.2307/2403844
126. Ty'skiewicz K., Konkol M., Kowalski R., Rój E., Warmiński K., Krzyżaniak M., Gil Ł., Stolarski M.J. Characterization of Bioactive Compounds in the Biomass of Black Locust, Poplar and Willow. Trees 2019, 33, 1235–1263.
127. Ulu F., Çetiner S., Eren N., Ayan S. Results of the Field Stage in Third Year of Species and Provenances Trials of Paulownia Sieb. & Zucc. in Eastern Black Sea Region. Kast. Univ. 2005. <http://earsiv.kastamonu.edu.tr:8080/jspui/handle/1234>
128. Vilotić D., Popović J., Mitrović S., Sijacic- Nikolić M., Ocokoljić M., Novović J., Veselinović, M. Dimensions of mechanical fibres in Paulownia elongata S. Y. Hu wood from different habitats. Drvna Industr. 2015. №66(3). 229-234.
129. Wang J., Li W. Zhang Ch., Ke, Sh. Physiological responses and detoxification mechanisms to Pb, Zn, Cu and Cd in young seedlings of Paulownia fortunei. Journal of environmental sciences (China). 2010. №22. 1916-22. 10.1016/S1001-0742(09)60339-9.
130. Wang, J., Zhang, C.B., Jin, Z.X. The distribution and phytoavailability of heavy metal fractions in rhizosphere soils of Paulownia fortunei (seem) Hems near a Pb/Zn smelter in Guangdong, PR China. Geoderma. 2009. №148. 299-306.
131. Wozniak M, Galzka A., Frc M. Paulownia? Szybko rosnące, wielofunkcyjne drzewo bioenergetyczne. KOSMOS. 2018. Vol. 67, 4. 781-789 10.36921/kos.20182425
132. Yang X. Paulownia agroforestry systems in China, Poster. Proceedings of the International Ecoagriculture Conference and Practitioners. Fair. Vol. 2: Conference abstracts. Nairobi 2004

133. Young S., Lundgren M. C4 photosynthesis in Paulownia? A case of inaccurate citations. *Plants, People, Planet*. 2022. №5. 10.1002/ppp3.10343.
134. Yu Y., Jiang X., Ramaswamy H.S., Zhu S., Li H. Effect of High-Pressure Densification on Moisture Sorption Properties of Paulownia Wood. *BioResources* 2018, 13, 2473–2486.
135. Zhang Q., Jin P., Li Y., Zhang Z., Zhang H., Ru G., Jiang D., Jing Y., Zhang X. Analysis of the Characteristics of Paulownia Lignocellulose and Hydrogen Production Potential via Photo Fermentation. *Bioresour. Technol.* 2022, 344, 126361.
136. Zhao-Hua Z., Ching-Ju C., Xin-Yu L., Yao Gao X. Paulownia in China: Cultivation and Utilisation. Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre. 1996. Available at: <https://paulowniamp.files.wordpress.com/2010/05/paulownia-in-china.pdf>.
137. Zhou Q.-M., Liu G.-L., Wang S., Li H.-Q. Familial placement of *Wightia* (Lamiales). *Plant Syst. Evol.* 2014. №300(9). 2009-2017
138. Zhu Z.-H., Chao C.- J., Lu X.-Y. and Xiong Y. G. Paulownia in China: Cultivation and Utilization. Singapore: Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre, 1986.
139. Zuazo V. I. D., Bocanegra J. A. J., Torres F. P., Pleguezuelo C. R. R., Martinez J. R. F. Biomass yield potential of paulownia trees in a semi-arid Mediterranean environment (S Spain). *Int. J. Renew. Ener. Res.* 2013. №3(4). 789-793.
140. Zuazo V.H.D., Bocanegra J.A.J., Torres F.P., Pleguezuelo C.R.R.; Martínez, J.R.F. Biomass Yield Potential of Paulownia Trees in a Semi-Arid Mediterranean Environment (S Spain). *Int. J. Renew. Energy Res. IJRER* 2013, 3, 789–793.
141. Адамове дерево (Павловнія): особливості вирощування та догляду. <http://dachadecor.com.ua/kustarniki/adamovo-derevo-pavlovniya-osobennosti-viraschivaniya-i-uchoda.htm>.
142. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування Я.Д. Фучило, М.І. Ониськів, М.В. Сбитна. К; ННЦ ІАЕ, 2016. 194 с.

143. Бондар В.С., Гументик М.Я. Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні. Економіка АПК. 2018. № 3. 17-25
144. Бондар В.С., Фурса А.В. Економічне обґрунтування технологій вирощування і переробки рослинної біосировини на тверді види палива. Економіка АПК. 2015. № 3. 22-27.
145. Бордусь О.О. Оцінка впливу елементів технології та інших факторів на вирощування живцевих саджанців тополі. Новітні агротехнології. 2023. 11(3), 10.47414/na.11.3.2023.288676
146. Вирощування павловнії повстяної – рідкість в саду. <https://gorsad.com.ua/dachni-porady/vyraschivanie-pavlovnii-voylochnoy-redkost-v-sadu>.
147. Відновлювана енергетика в Україні: сьогодення та перспективи. Українська асоціація відновлюваної енергетики. vse.energy/docs/OEW-orgel.pdf
148. Власенко М.Ю., Вельямінова-Зернова Л. Д., Мацкевич В.В. Фізіологія рослин з основами біотехнології. Біла Церква, 2006. 504 с.
149. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Кучерук П.П., Олійник Є.М. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. 2018. <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>
150. Гументик М.Я. Оцінка ефективності перероблення біомаси енергетичних культур на біопаливо. Біоенергетика. 2016. № 2 (8). 10-12.
151. Гументик М.Я., Бордусь О.Ю. Вдосконалення технології вирощування павловнії як сировини для виробництва біопалива. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Тенденції розвитку відновлювальної енергетики в умовах глобалізації» (12 липня 2023 року, м. Кам'янець-Подільський) - м. Кам'янець-Подільський: 2023. 98-100.
152. Гументик М.Я., Бордусь О.Ю. Особливості росту, розвитку та формування хімічного складу біомаси видів павловнії. Новітні агротехнології. 11(3), 2023. doi: 10.47414/na.11.3.2023.288672.

153. Гументик М.Я., Бордусь О.Ю. Удосконалення агротехнічних умов вирощування павловнії у Лісостепу України. Біоенергетика. 2023. № 21-22 (1-2). 17-20.
154. Гументик М.Я., Ягольник О.О. Павловнія – високопродуктивна культура для виробництва біопалива та деревини. Біоенергетика. 2020. № 2 (16). 6-8.
155. Дармограй Р.Є., Лисюк Р.М. Павловнія пухнаста (*Paulownia tomentosa* (Thunb). Steud.) - перспективна лікарська рослина. Відкриваємо нове сторіччя: здобутки та перспективи: матеріали науковопрактичної конференції з міжнародною участю, присвяченої 100-річчю Національного фармацевтичного університету, м. Харків, 10 вересня 2021 р. / редкол.: А. А. Котвіцька та ін. Харків: НФаУ, 2021. 185-186.
156. Дубова О. В. Розвиток генеративних органів рослин *Paulownia tomentosa* Steud. в умовах промислового міста Запоріжжя. Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, збереженні та охороні рослинного світу: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 23-25 квітня 2018 р. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. 104.
157. Дубова О.В., Фендюр Л.М. Морфолого-фізіологічні особливості рослин *Paulownia tomentosa* Steud. в умовах промислового міста та перспективи її інтродукції. Інтродукція рослин. №4. 2009. 68-71.
158. Енергетичні плантації в Україні. UABIO. <https://uabio.org/statistics/energetychni-plantatsiyi-v-ukrayini/?fbclid=IwAR3fi7RM3TJg3n-VML4K7MdlbB9Hj-EhlGgED13FyGp lO5SxhxQZHtZfJE>
159. Железняк И. Павловния как альтернативный источник энергии. <http://atmwood.com.ua/2017/06/21/pavlovniya-kak-alternativnyj-istochnik-energii>.
160. Заячук В.Я. Дендрологія. Підручник: видання друге, зі змінами та доповненнями. Львів : Сполом, 2014. 676 с.
161. Іванюк А., Заячук В., Лисюк Р., Дармограй Р. Перспективи використання деревини павловнії повстистої *Paulownia tomentosa* (Thunb.)

Steud.. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology. 2023. 52. 38-46. <https://doi.Org/10.32782/agrobio.2023.2.5>.

162. Іванюк А.П., Заячук В.Я., Лисюк Р.М. Перспективи вирощування Павловнії повстистої (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) в Україні. Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин - від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки) МАТЕРІАЛИ VII Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VIII наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах - 2023», 2 березня 2023 р., с. Крути, Чернігівська обл.). 1(52). 38-46. 10.32782/agrobio.2023.2.5.

163. Іванюк А.П., Заячук В.Я., Харачко Т.І., Колодій Т.В., М'якуш Б.М. Фізичні властивості деревини павловнії повстистої *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. Науковий вісник НЛТУ України: зб.наук.-тех. праць. - Львів: НЛТУ України, - 2021. - Том. 31, №4. 71-75. 10.36930/40310411

164. Іванюк Т.М. Деревні інтродуценти в лісовому фонді ДП «Коростишівський лісгосп АПК» // Наукові читання 2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів та аспірантів НІІ Екології та лісу (м. Житомир, 16 червня 2023 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2023. 53-55.

165. Івченко А.І. Від малопоширених деревних рослин інтродукованих видів до інвазійного стану їх популяцій: проблеми і застереження. Наук. вісник УкрДЛТУ: Дослідження, охорона, та збагачення біорізноманіття Львів: УкрДЛТУ. 2004. 14(8). 263-267

166. Івченко А.І., Пацура І.М., Мельник А.С. Акліматизація деревних інтродуцентів та можливість впровадження їх в озеленення та лісове господарство. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвід. наук.-техн. зб. 2006. 32. 38-43.

167. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія: навч. посіб. К.: Вища школа, 2003.199 с.

168. Катеринчук І. Павловнія – зелена перспектива біоенергетики Ж. Пропозиція № 10 2019.с.34-39.

169. Кичилук О. В., Гетьманчук А. І., Бортнік Т. П., Войтюк В. П., Андреева В. В. Насінництво : методичні рекомендації до лабораторних робіт. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. 52 с.

170. Ковальчук Н. С., Бордусь О.Ю. Біотехнологічний метод розмноження *Paulownia* SSP. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць. - Рівне : НУВГП, 2023. 3(103). 116-129.

171. Ковальчук Н.С., Бордусь О.Ю. Розмноження деяких видів та гібридів роду *Paulownia* Siebold & Zuss. методом *in vitro*. Науковий вісник НЛТУ, 2023, 33(4) 19-24. 10.36930/40330403

172. Кохно М.А., Кузнецов С.І. Методичні рекомендації щодо добору дерев та кущів для інтродукції в Україні. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 48с.

173. Кукош О.Ю. Оптимізація складу субстрату саджанців *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. у контейнерній культурі. Ліс і зелена економіка України : тези доповідей учасників 71-ої всеукраїнської науково-практичної студентської конференції (23-24 березня 2017 року) 75-76.

174. Лісовий М.М., Григорюк Б.П., Мацкевич О.В. Біотехнологічні, фізіологічні та екологічні особливості розмноження гібриду павловнії (*Paulownia*) в культурі *in vitro*. Інноваційні агротехнології: матеріали Всеукраїнської наукової конференції 28 березня. Умань, 2018. 16-17.

175. Математика агробізнесу: вирощування павловнії. URL: <https://kurkul.com/blog/563-matematika-agrobiznesu-viroschuvannya-pavlovniyi>.

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

177. Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А., Філіпова Л.М. Мікроклональне розмноження окремих видів рослин (протоколи технологій) Науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 84 с.

178. Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Кравченко Н.В., Подгаєцький А.А. Проблеми постасептичної адаптації рослин. Abstracts of the 7th International

scientific and practical conference “Dynamics of the development of world science” (March 18-20, 2020). Vancouver, Canada. 2020. 662-674.

179. Мацкевич О.В., Лісовий М.М. Особливості розмноження гібриду павловнії (*Paulownia*) *in vitro*. Біотехнологія: звершення та надії: Збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої до 120-річчя НУБП України (14-16 листопада 2017 року, м. Київ). Київ: Компринт., 2017. 218-219.

180. Мацкевич О.В., Лісовий М.М. Особливості розмноження гібриду павловнії (*Paulownia*) *in vitro*. Біотехнологія: звершення та надії : Збірник тез VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої до 120-річчя НУБП України (14-16 листопада 2017 року, м. Київ). Компринт. С. 218–219.

181. Мацкевич О.В., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В., Андрієвський В.В. Павловнія: Науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 80 с.

182. Мосякін С.Л. Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі. Український ботанічний журнал. 2013. 70(3), 289-307.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2013_70_3_3.

183. Опис та характеристика рослини Павловнія. <https://agrarii-razom.com.ua/plants/pavlovniya>.

184. Павловнія Clone In vitro 112 – самый эффективный способ использования земли, Кировоградская обл. <http://agro-ukraine.com/ru/trade/m-634322/pavlovniya-clone-in-vitro-112-samyj-ehffektivnyj-sposob-ispolzovaniya-zemli/>.

185. Павловнія – квітуче дерево дракона. Поради з вирощування та догляду. URL:[http://sadoviukr.ru/rizne/dendrologija/44004-krasivocvetushhie-dereva-drakon a.html](http://sadoviukr.ru/rizne/dendrologija/44004-krasivocvetushhie-dereva-drakon-a.html).

186. Павловнія "алюмінієве" дерево – новий напрямок в агробізнесі. <http://www.ndipvt.com.ua/news/>.

187. Павловнія тренд у деревопереробній промисловості та біоенергетиці. <https://zpu.kr.ua/ekonomika/2147-pavlovniia-trend-u-derevopererobnii-promyslovosti-ta-bioenerhetytsi>.

188. Павловнія. Який прибуток ховають в собі ці високі дерева? <https://agro-online.com.ua/ru/public/blog/46547/details>.

189. Павловнія: вирощування, розмноження, посадка і догляд. URL:<https://parnyk.com/pavlovnija-viroshhuvannja-rozmnozhennja-posadka-i>.

190. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.

191. Розмноження павловнії насінням або вегетативно. Cathaia International – Paulownia. <https://www.cathaia.com/paulownia/plants/in-vitro/8-in-vitro-versus-seeds>

192. Роїк М.В., Сінченко В.М, Бондар С.В., Фурса А.В, Гументик М.Я. Концепція розвитку біоенергетики в Україні до 2035 року. Біоенергетика. 2019. 2(14). 4-10.

193. Роїк М.В., Шафаренко Ю.А., Сінченко В.М., Гументик М.Я., Ганженко О.М., Фучило Я.Д., Бондар В.С., Фурса А.В., Квак В.М., Гончарук Г.С., Харитонов М.М., Лопушняк В.І., Балагура О.В., Чернуський В.В., Мандровська С.М., Ковальчук Н.С., Бех Н.С., Корнєєва М.О., Кателевський В.М., Гументик В.М., Кукош О.Ю. Рекомендації з технології вирощування та використання павловнії в умовах Лісостепу України. За ред. М. Я. Гументик, О.О. Ягольник. К.: ЦП «Компринт», 2020. 67 с.

194. Сікура Й.Й., Капустян В.В. Інтродукція рослин (її значення для розвитку цивілізації, ботанічної науки та збереження біорізноманіття рослинного світу). К.: Фітосоціоцентр, 2003. 280 с.

195. Сумченко В. Павловнія. Який прибуток ховають в собі ці високі дерева? Kurkul.com, 2017. <https://kurkul.com/blog/489-pavlovniya-yakiy-pributok-hovayut-v-sobi-tsi-visoki-dereva>

196. Теслюк Н.І., Аврамович І. Клональне мікророзмноження Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*). Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві : матеріали XIII наук. конф. молодих 33 вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Нац. академії аграрних наук

України (м. Чернігів, 24-25 жовтня 2018 р.). Національна академія аграрних наук України, Ін-т сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Чернігів., 2018. 235

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

198. Фучило Я.Д., Ониськів М.І., Сбитна М.В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. К: ННЦ ІАЕ, 2016. 194 с.

199. Цимбалюк З.М. Філогенетичне положення роду *Paulownia*: порівняльний аналіз паліноморфологічних свідчень. Український ботанічний журнал. 2014. 71(6). 660-664. http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2014_71_6_4

200. Юхновський В., Урлюк Ю. Інноваційне лісівництво кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій. Сайт Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2023. <https://nubip.edu.ua/node/124728>

ДОДАТКИ

Таблиця А.1

**Вміст в біомасі павловнії целюлози, лігніну та золи за впливу факторів
дослідів, %, за 2021 р.**

Удобрення	Застосування	Позакореневе підживлення	Целюлоза	Лігнін	Зола
Без удобрення	Без кріопротектора	Без підживлення	40,3	19,6	0,90
		Квантум-АміНоФрост	40,5	19,1	0,92
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,4	19,3	0,91
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	40,5	19,9	0,94
		Квантум-АміНоФрост	40,7	19,8	0,91
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	40,9	19,2	0,92
Органічне добриво «Вермикомпост»	Без кріопротектора	Без підживлення	41,0	19,6	0,93
		Квантум-АміНоФрост	41,6	19,8	0,92
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,8	19,8	0,91
	Регулятор росту кріопротектор МАРС ЕЛ	Без підживлення	41,7	19,8	0,92
		Квантум-АміНоФрост	41,7	19,9	0,91
		SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ	41,6	20,0	0,93
НІР _{0,05}			0,30	0,14	0,06

Таблиця А.2

**Вміст в біомасі павловнії целюлози, лігніну та золи за впливу факторів
дослідів, %, за 2022 р.**

Удобрєння	Застосування	Позакорєнєвє пїдживлення	Целюлоза	Лїгнїн	Зола
Бєз удобрєння	Бєз крїопротєктора	Бєз пїдживлення	40,0	20,4	1,3
		Квантум-АмїНоФрост	40,3	20,0	1,2
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	40,4	20,0	1,3
	Рєгулятор росту крїопротєктор МАРС ЕЛ	Бєз пїдживлення	40,8	20,6	1,2
		Квантум-АмїНоФрост	41,0	20,6	1,3
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	41,0	20,5	1,3
Органїчне добриво «Вєрмикопост»	Бєз крїопротєктора	Бєз пїдживлення	40,7	20,4	1,2
		Квантум-АмїНоФрост	41,1	20,6	1,3
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	41,2	20,4	1,2
	Рєгулятор росту крїопротєктор МАРС ЕЛ	Бєз пїдживлення	41,6	20,4	1,2
		Квантум-АмїНоФрост	42,0	20,6	1,2
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	42,1	20,8	1,2
НІР _{0,05}			0,28	0,16	0,12

Таблиця А.3

**Вміст в біомасі павловнії целюлози, лігніну та золи за впливу факторів
дослідів, %, за 2023 р.**

Удобрєння	Застосування	Позакорєневе пїдживлення	Целюлоза	Лїгнїн	Зола
Бєз удобрєння	Бєз крїопротєктора	Бєз пїдживлення	47,8	20,8	1,1
		Квантум-АмїНоФрост	48,6	20,4	1,1
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	48,9	20,5	1,1
	Рєгулятор росту крїопротєктор МАРС ЕЛ	Бєз пїдживлення	48,9	21,0	1,2
		Квантум-АмїНоФрост	48,5	21,0	1,1
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	48,8	20,3	1,2
Органїчне добриво «Вєрмикопост»	Бєз крїопротєктора	Бєз пїдживлення	49,8	20,7	1,2
		Квантум-АмїНоФрост	50,0	20,8	1,2
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	49,8	21,3	1,2
	Рєгулятор росту крїопротєктор МАРС ЕЛ	Бєз пїдживлення	50,1	21,1	1,1
		Квантум-АмїНоФрост	49,6	20,9	1,2
		SMARTGROW ВїДНОВЛЕННЯ	49,9	21,4	1,1
НІР _{0,05}			0,37	0,20	0,14

АКТ

впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування павловнії, спрямовані на формування високого потенціалу продуктивності, а саме: внесення органічного добрива «Вермикомпост» до закладання плантації (400 кг/га); застосовування регулятора росту кріопротектору МАРС ЕЛ (0,5 л/га) на початку відростання листків для захисту від впливу низьких температур повітря на початку вегетації; внесення Квантум-АміНоФрост, 1,5 л/га або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, 2,0 л/га при появі перших 3-4 листків культури.
2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до впровадження, і його авторка: Білоцерківський національний аграрний університет, Тітаренко В.А.
3. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: вченою радою агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету.
4. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження: ТДВ «Терезине» Київська обл. Білоцерківський р-н, смт. Терезине, вул. Першотравнева, буд.2.
5. Рік і обсяг впровадження (план, фактично): у 2022 році план 1,1 га, фактично 1,1 га.
6. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. п.) і на весь обсяг впровадження: порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування павловнії отримано на всю площу додаткового прибутку 76,0 тис. грн.

Акт складено 31 січня 2023 року

Представник ЗВО

здобувач, Мірош Віктор ТІТАРЕНКО

Керівник господарства



АКТ

впровадження науково-технічного досягнення (НТД) як результат закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. Назва НДР, що впроваджується: елементи технології вирощування павловнії, спрямовані на формування високого потенціалу продуктивності, а саме: внесення органічного добрива «Вермикомпост» до закладання плантації (400 кг/га); застосовування регулятора росту кріопротектору МАРС ЕЛ (0,5 л/га) на початку відростання листків для захисту від впливу низьких температур повітря на початку вегетації; внесення Квантум-АміНоФрост, 1,5 л/га або SMARTGROW ВІДНОВЛЕННЯ, 2,0 л/га при появі перших 3-4 листків культури.
2. Яким закладом вищої освіти одержано НТД та запропоновано до впровадження, і його авторка: Білоцерківський національний аграрний університет, Тітаренко В.А.
2. Коли і ким прийнято рішення про впровадження НТД: вченою радою агробіотехнологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету.
3. Назва господарства і його адреса, де проводиться впровадження: *ТОВ «Еліта» Київська область Білоцерківський р-н смт. Терезине, вул. Першотравнева, буд.2.*
4. Рік і обсяг впровадження (план, фактично): *у 2023 році план 1,5 га, фактично 1,5 га.*
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. п.) і на весь обсяг впровадження: *порівняно з прийнятою в господарстві технологією вирощування павловнії отримано на всю площу додаткового прибутку 86,0 тис. грн.*

Акт складено 01 лютого 2024 року

Представник ЗВО
здобувач, Лізу

Віктор ТИТАРЕНКО

Керівник господарства



СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Карпук Л.М., **Тітаренко В.А.** Уміст сухої речовини та хлорофілів у рослинах павловнії різних років вегетації в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. №31. С. 38–46. <https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292388> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).
2. Карпук Л.М., **Тітаренко В.А.** Урожайність та якість деревини павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. № 12 (1). <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.304813> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).
3. Карпук, Л. М., **Тітаренко, В. А.** Біоенергетична ефективність вирощування павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. № 12 (2). <https://doi.org/10.47414/na.12.2.2024.304842> (65 %, виконання експерименту, аналіз та опис результатів, підготовка статті).

Матеріали науково-практичних конференцій:

4. **Тітаренко В.А.**, Карпук Л.М. Особливості росту й розвитку рослин павловнії першого року вегетації. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції АГРАРНА ОСВІТА ТА НАУКА: ДОСЯГНЕННЯ, РОЛЬ, ФАКТОРИ РОСТУ «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві» (20 жовтня 2022 р.). Білоцерківський НАУ. С. 95-96.
5. **Тітаренко В.А.**, Карпук Л.М. Особливості формування продуктивності рослин павловнії. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції магістрантів і молодих вчених «НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ У ХХІ СТОЛІТТІ» Інноваційні технології в агрономії, землеустрої та садово-

парковому господарстві: (26 жовтня 2023 року). Білоцерківський НАУ. С. 96-97.

Інші публікації:

6. Matskevich V., Filipova L., Karpuk L., **Titarenko V.A.** (2022). Біотехнологічні методи у розсадництві та селекції павловнії. The scientific heritage. No. 83 (2). P. 3-10.