

УДК 633.262.631.5599

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ГУМЕНТИК М. Я. -

доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, ORCID 0000-0001-9052-9650

БОРДУСЬ О. Ю. -

аспірант, молодший науковий співробітник,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: hmy@ukr.net

Вступ. Вирощування павловнії та створення на її основі енергетичних плантацій спонукає до активних дискусій з початком появи даної культури в Україні — від захоплення обіцяною продуктивності деревини до розчарування. У більшості виробники даної культури зіткнулися з проблемою морозостійкості нових гібридів павловнії, ефективної технології догляду та суперечливим визначенням інвазивності даної культури, оскільки в гібридів павловнії насіння не плодonoсить. Але для промислового вирощування плантацій павловнії потрібні детальніші дослідження з інтродукції рослин у різних ґрунтово-кліматичних зонах. Враховуючи, що територія України розташована в трьох кліматичних регіонах, які також мають своє районування й воно залежить від типології ґрунтів, рельєфу, континентальності клімату та мікроклімату території. В літературних джерелах з'явилися суперечливі дані щодо економічної та екологічної доцільності вирощування даної культури в Україні, що є актуальним предметом для дослідження науковцями. Павловнія визнана однією з швидкокорслих рослин у світі, але різні її види відрізняються за цим показником між собою: приміром, якщо для отримання деревини з павловнії сорту Clone in vitro 112 потрібно 5–6 років, то для досягнення такої ж продуктивності павловнії повстистої (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) необхідно 8–10 років.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення концентрації вуглекислого та парникових газів у атмосфері землі є одними з основних причин зміни клімату на землі, що спонукають до пошуку нових шляхів господарювання та ефективних технологій. Для вирішення даного питання ведеться пошук та інтродукція нових високопродуктивних біоенергетичних культур, які поряд з си-

ровиною для виробництва біопалива активно поглинають з атмосфери вуглекислий газ і виділяють значну кількість кисню [1;2;3]. Подальше використання лісових ресурсів та існуючого потенціалу деревини в Україні в якості палива та виробництва будівельних матеріалів є неприпустимим, оскільки середня залісненість території України становить менше 16%, що є одним із найнижчих показників серед країн Європи [4;5]. В останні роки в зв'язку з воєнними діями на Півдні України знищено біля 3 млн. га лісу та лісонасаджень, що спричиняє масштабні прояви ерозійних процесів та опустелення території. Для усунення даних проблем на малопродуктивних землях необхідно створювати спеціальні енергетичні плантації на основі високопродуктивних біоенергетичних культур [4;5;6;7]. До основних переваг рослинної біомаси як джерела альтернативної енергії належать екологічна чистота викидів порівняно з викопними видами палива та відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згоряння біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу виділяється така ж кількість вуглекислого газу, яка поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, при тому утворюється в десять разів менше оксиду сірки порівняно з викопним паливом [8;9]. Для сільгоспвиробників багаторічні біоенергетичні культури є альтернативою інтенсивному сільському господарству як з екологічної, так і з економічної точки зору, що забезпечують високу рентабельність галузі [4;9]. Енергетичні плантації на основі деревних культур за мінімальний період забезпечують отримання значного обсягу високоякісної деревної продукції.

Для створення енергетичних плантацій із коротким терміном вегетації необхідно використовувати переважно швидко-рослі види дерев, що дозволяють скоротити термін вегетації з 10–20 до 5–6 років [9;10;11]. Деревину зі спеціально створених плантацій можна використовувати як ділову в будівельній промисловості, а 50% відходів — як сировину для виготовлення паливної тріски. В літературних джерелах зазначено, що насадження павловнії здатне запобігати ерозійним явищам у родючих ґрунтових горизонтах, відновлювати в найкоротші терміни ділянки землі, що постраждали від пожеж, зсувів, селів та інших природних руйнувань. Листки павловнії завдяки великим розмірам вбирають у 10 разів більше CO₂, ніж будь-які інші широколисті дерева. Плантація павловнії площею 1 га здатна за рік переробити 120–140 т діоксиду вуглецю [10].

В Україні під плантаційним вирощуванням павловнії доцільно використати малопродуктивні землі, що вийшли з-під сільськогосподарського використання та інші їх категорії (перезволені, еродовані тощо). Крім отримання значної кількості деревної та енергетичної сировини, це дозволить також значно підвищити ефективність використання таких земель, суттєво поліпшити екологічний стан довкілля й сприяти створенню умов для зайнятості сільського населення [9].

Мета досліджень. Метою дослідження є вдосконалення агротехнічних умов вирощування павловнії повстистої та її штучно виведеного сорту Clone in vitro 112 у зоні центрального Лісостепу України.

Матеріали та методика дослі-

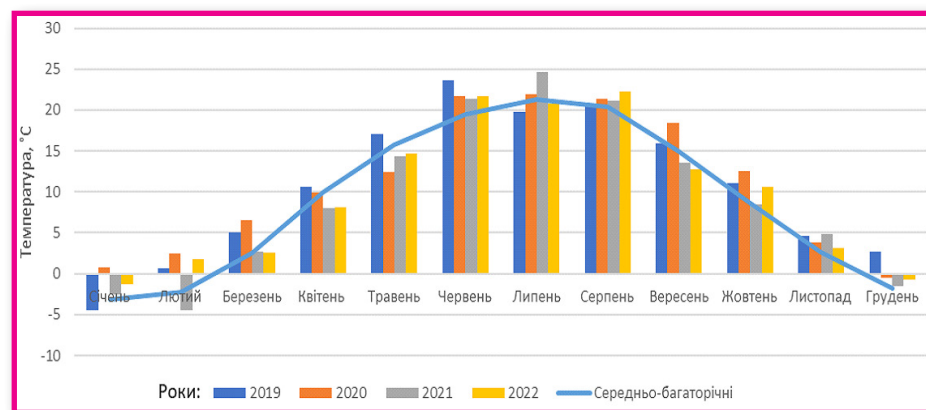


Рис. 1. Температура повітря за 2019-2022 рр. Дослідне поле ІБКіЦБ НААН України.

джен. Дослідження проводили впродовж 2019–2022 рр. у відділі селекції сталих технологій вирощування біоенергетичних культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (ІБКіЦБ). ґрунт дослідного поля — дерново-підзолистий супіщаний, який має наступну агрохімічну та фізико-хімічну характеристику орного (0–20 см) шару: рН сольове — 5,3–5,5; загальний вміст гумусу за Тюрнімом — 0,50–0,62%; рухомий фосфор та калій за Кірсановим — відповідно, 62–74 та 50–65 мг/кг ґрунту; лужногідролізований азот за Корнфілдом — 39–45 мг/кг ґрунту. Дослідна ділянка має низьку природну родючість ґрунту.

Аналіз динаміки погодних умов вегетаційних періодів 2019–2022 рр. свідчить про те, що вони в роки досліджень за температурним режимом і кількістю опадів мали відхилення від середніх багаторічних показників, що дозволило більш повно оцінити адаптивність до них рослин павловнії та їх здатність реалізувати свій біологічний потенціал.

За сумою активних температур, кількістю опадів і періодом вегетації територія дослідного поля відноситься до мікрокліматичного району, який характеризується м'яким, достатньо зволеним, помірно континентальним кліматом.

Сума позитивних температур понад 10°C становила 2350...2500°C з тривалістю вегетаційного періоду 165–170 днів. Протягом цього періоду випадає 550...600 мм опадів, а за рік — 670...700 мм, величина гідротермічного коефіцієнта — 0,9...1,5.

Погодні умови, що склалися в зоні досліджень упродовж 2019–2022 рр., наведено на рис. 1. Зокрема, температурні режими протягом вегетаційних періодів 2019–2022 рр. в цілому можна охарактеризувати як середньозважені, без екстремальних викидів. За режимом опадів найбільш посушливим саме в період активної вегетації був 2020 рік. Вегетаційні періоди 2019 і 2021 — найбільш оптимальні за характером зволоження. 2022 рік характеризувався дефіцитом вологи в першій половині вегетації та збільшенням норми в другій половині. Дослідження були проведені згідно загальноприйнятих методик досліджень, розроблених в ІБКіЦБ НААН [12; 13; 14]. Перед закладкою дослідів передбачалась наступна схема посадки рослин павловнії: 1). 4×4 м., що відповідає 625 рослин на одному на гектарі; 2). 4×3 м, що відповідає 833 шт/га рослин. Перед посадкою павловнії здійснено відповідну підготовку ґрунту, а саме: восени внесли гербіциди та провели оранку на глибину 30–32 см. Весною провели культивування та мотобуром створювали лунки діаметром 50 см на глибину 40 см, у які

вносили мінеральні та органічні добрива. Саджанці, що були вирощені способом *in vitro*, перед висадкою у відкритий ґрунт піддавали двотижневій адаптації до природного освітлення та перепаду добових температур.

Схема досліду: Види павловнії. Фактор А. 1). павловнія Clone *in vitro* 112, 2) павловнія повстиста. Фактор Б. Густота садіння рослин. 1) 500 шт/га; 2) 625 шт/га; 3) 833 шт/га; 4) 1050 шт/га.

Результати дослідження. Рослини павловнії характеризують волого- та світло вибагливими здатностями стрімко нарощувати біомасу, їх швидкорослість забезпечується інтенсивним проходженням біохімічних процесів, внаслідок чого утворюється значна маса біологічних речовин, які використовуються на формування вегетативних та генеративних органів. Швидкість проходження цих процесів значною мірою характеризує інтенсивність транспірації та фотосинтезу.

Важливе значення для максимальної врожайності біомаси павловнії має густота рослин, що тісно пов'язана з площею живлення. Для реалізації повного енергетичного потенціалу культури враховували особливості формування по-

казників площі листової поверхні. При збільшенні густоти посадки понад 1050 шт рослин на га, площа листків рослини зменшується порівняно з меншою їх кількістю, а це, в свою чергу, призводить до зниження врожайності біомаси в цілому. За результатами досліджень встановлено, що оптимальною густрою є 625 дерев на га. За такої кількості рослин на одиниці площі приріст висоти рослин павловнії за перший рік вегетації у виду Clone *in vitro* 112 склав 425 см, а за чотири роки, відповідно, 1020 см, а у виду павловнії повстистої — 260 см та 660 см відповідно (рис. 3.)

Підвищити ефективність використання сонячної енергії в ході фотосинтезу можна, розмістивши рослини на оптимальній відстані одна від одної під час садіння. В зріджених посадках значна частина світла не буде використана рослинами, а в загущених — рослини затінують одні одних. Тому важливим заходом під час закладання промислової плантації є оптимальне формування густоти стояння рослин. Дослідженнями встановлено, що за оптимальних умов водопостачання і мінерального живлення розміри листової поверхні рослин павловнії та врожайність біомаси збіль-

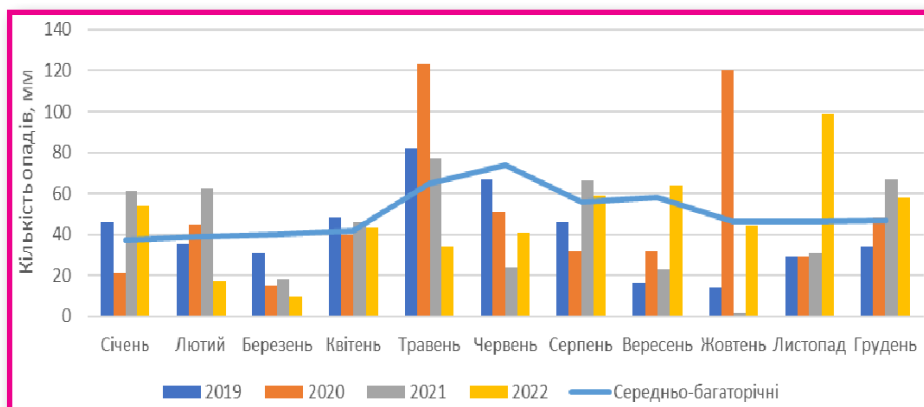


Рис. 2. Кількість опадів протягом вегетаційних періодів 2019-2022 рр. Дослідне поле ІБКіЦБ НААН України.

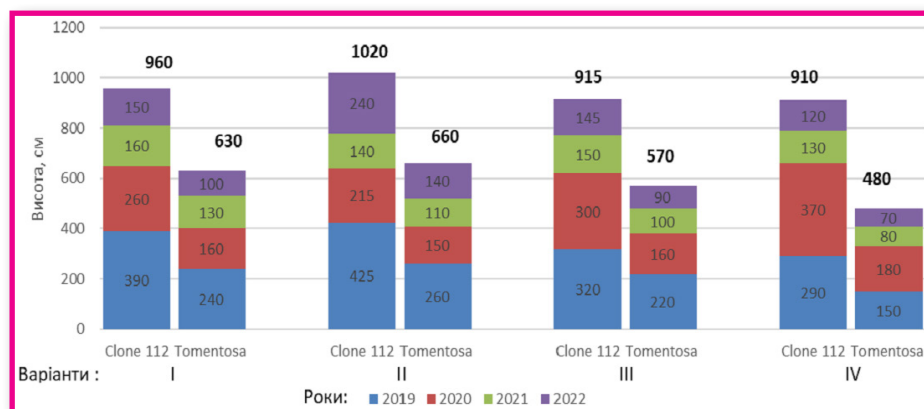


Рис. 3. Висота рослин павловнії різних видів, см. Дослідне поле ІБКіЦБ НААН 2019-2022 рр.

шуються і між ними існує пряма залежність — чим менше рослин на плантації, тим більший розмір їх листків. На другий рік вегетації рослини павловнії весною зрізали на висоті 2–3 см від поверхні ґрунту. У відповідності з технологією вирощування здійснювали «технічний зріз» з метою покращення відростання нових пагонів. Формування врожаю біомаси деревних культур обумовлене факторами зовнішнього середовища та біологічними особливостями росту й розвитку рослин, де суттєве значення має площа листової поверхні. Вона знаходиться в прямій залежності від загального розвитку надземної маси рослини, тому що більшу частину її складають листки. Листкова поверхня відіграє основну роль у поглинанні CO₂ та продукуванні органічної речовини в процесі фотосинтезу. Кількість поглиненої фотосинтетичної активної радіації листками павловнії великою мірою визначається розміром асиміляційного апарату рослин. Важливою його характеристикою є листовий індекс, тобто площа зелених листків рослин на одиниці площі ґрунтового покриву. Результатами попередніх досліджень доведено, що зменшення асиміляційної поверхні рослин

приводить до зниження їх продуктивності. На відібраних рослинах на дослідній ділянці павловнії заміряли висоту та кількість листків на них, потім рослини зрізали й визначали загальну площу листової поверхні та масу кожного стебла з листками.

За даними досліджень, найбільший приріст висоти рослин павловнії Clone in vitro 112 за період вегетації відбувся в червні і становив 95 см, а повстистої — 80 см, найменший — у жовтні, 20 см і 12 см, та, відповідно, у травні місяці — 40 та 30 см (рис. 4).

Встановлено, що в зоні центрального Лісостепу України однорічний стовбур дерева павловнії Clone in vitro 112 після технічного зрізу на висоті 1 м в середньому досягає діаметра 5–6 см, повстистої (Paulownia tomentosa) — 3–4 см, дворічний Clone in vitro 112–8–10 см, повстистої — 6–7 см, трирічний Clone in vitro 112–15–16 см, повстистої — 10–11 см, а чотирьохрічний Clone in vitro 112–12–23 см, повстистої — 14–15 см (рис. 5).

Важливе значення для максимальної врожайності біомаси павловнії має густота рослин, що тісно пов'язана з площею живлення. Для реалізації пов-

ного енергетичного потенціалу культури враховують особливості формування показників площі листової поверхні. В даному випадку, при збільшенні густоти більше 833 шт/га, площа листя однієї рослини зменшувалась, а це, в свою чергу, призводить до зниження врожайності біомаси в цілому. За результатами досліджень встановлено, що найкраща динаміка росту насаджень двох видів Clone in vitro 112 та повстистої (Paulownia tomentosa) спостерігається при квадратному розміщенні 4x4 м, що становить 625 дерев на одному гектарі.

Встановлено, що в перший рік вегетації в зоні центрального Лісостепу України в рослини інтенсивно відбувається формування кореневої системи. Із початком нового сезону вегетації від кореневої системи павловнії видаляли нові пагони, які набагато товстіші й вищі, ніж торішні. Завдяки більшому діаметру стовбура підвищується можливість перенесення достатньої кількості води й поживних речовин. У перший рік вегетації молоді пагони павловнії не дерев'яніють, тому зимою верхівки однорічних пагонів на рівні 15–20 см підмерзали. Для отримання високоякісної деревини потрібно, щоб рослина сформувала довгий і прямий стовбур. Тому в перший рік вегетації після технічного зрізу видаляли молоді новоутворені, ще не задерев'янілі, зелені пагони (пасинки), що не перевищували в розмірі 10–12 см, та нижні 2–3 яруси листя, залишаючи стовбур гладким. Особливо значний приріст листя відбувається в перший та другий рік вегетації рослин. Завдяки високому вмісту азоту листя можна використовувати як корм для худоби та добрива. Після листопаду листкова маса, що опадає, збагачує ґрунт азотом і покращує його структуру.

Висновки

З метою створення сировинної бази для біоенергетики та покращення екологічного стану довкілля на малопродуктивних землях необхідно розширювати площі під посадками енергетичних плантацій деревних високопродуктивних біоенергетичних культур, таких як павловнія.

За результатами досліджень встановлено, що в перший рік вегетації в зоні центрального Лісостепу України в рослини павловнії інтенсивно відбувається формування кореневої системи. Найбільший приріст біомаси павловнії формується в перший та другий рік вегетації — при густоті посадки 625 шт рослин на одному гектарі. Перед посадкою рослин павловнії у відкритий ґрунт на промислову плантацію вони повинні пройти поступову адаптацію до температурних умов зони вирощування протягом двох-трьох тижнів.

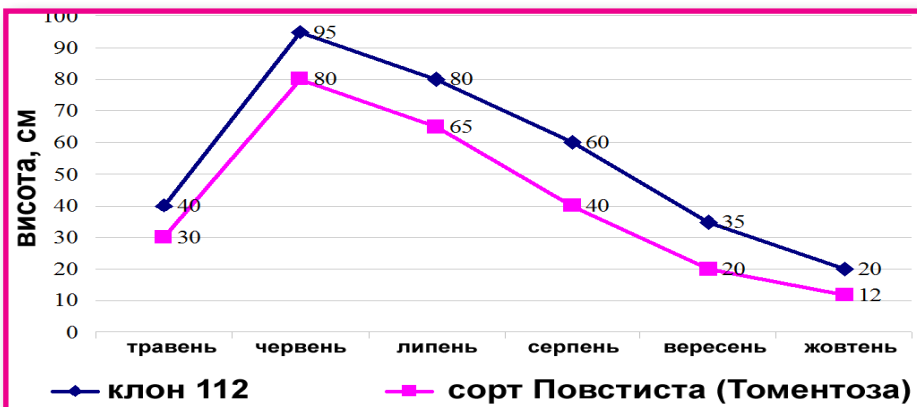


Рис. 4. Приріст висоти рослин павловнії Clone in vitro 112 та повстистої, дослідна ділянка ІБКЦБ НААН, 2019-2022 рр.

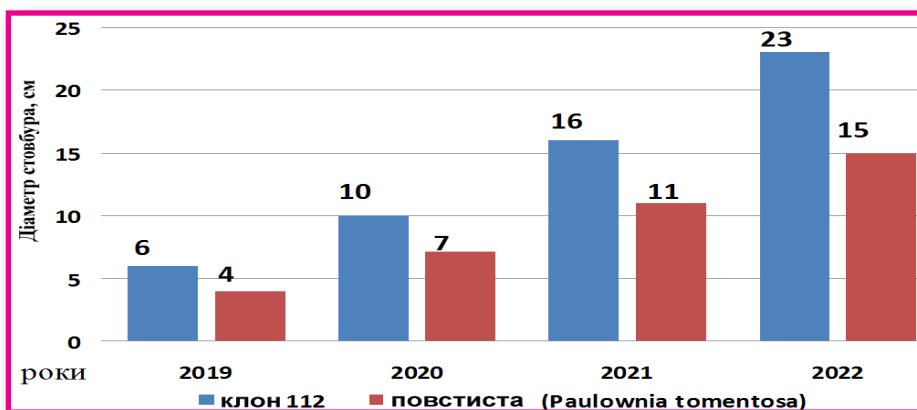


Рис. 5. Діаметр стовбура рослин павловнії за роки вегетації, дослідна ділянка ІБКЦБ НААН, 2019-2022 рр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sinchenko V. M., Bondar V. S., Gumentyk M. Ya., Pastukh Yu. A. Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development. Ukrainian Journal of Ecology Ukrainian Journal of Ecology, 2020. № 10(1), С. 85–89, 10.15421/2020_13 UDC620.95(477).
2. В. С. Бондар, А. В. Фурса. Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні. Економіка агропромислового виробництва. — Вип. 8, 2018. С. 17–23.
3. Bondar V, Fursa A, Gumentyk M, Svystunova I. Climate Change: Apocalyptic Prognosis and Reality. Ukrainian Journal of Ecology, 2020, 273–278, doi: 10.15421/2020_96 UDC504.4:551.588.
4. Піриг Г, Гаган М. Правова охорона лісу в Україні: сучасний стан, перспективи розвитку. Весняні наукові зібрання. XLV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. м. Суми, 2020. Ч. 4, С. 21–26.
5. Гументик М. Я. Технологічні основи створення промислових плантацій високородуктивних біоенергетичних культур. Біоенергетика, 2020. № 1 (15). — С. 13–17.
6. Heletukha H. N., Zheliezna T. A., Kucheruk P. P., & Oliinyk Ye. M. Suchasnyi Stan ta perspektivu rozvytku bioenerhetyky v Ukraini. 2018. <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>.
7. М. В. Роїк, В. М. Сінченко, В. С. Бондар, А. В. Фурса. Концепція розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року. Біоенергетика, 2019. № 2 (14). С. 4–10.
8. Гументик М. Я., Ягольник О. О. Павловнія — високородуктивна культура для виробництва біопалива та деревини. Біоенергетика, 2020. № 2 (16). С. 6–8.
9. Роїк М. В., Шафаренко Ю. А., Сінченко В. М., Фучило Я. Д., Ганженко О. М., та ін. Технологія вирощування та використання павловнії в умовах Лісостепу України. Рекомендації, 2020. с. 75.
10. Мацкевич О. В., Філіпова Л. М., Мацкевич В. В., Андрієвський В. В. Павловнія: Науково-практичний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2019. 80 с.
11. Koleva A., Dobrova K., Stoyanova M. Paulownia-a source of biologically active substances. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans vol.14, 5. 2011. (1061–1068).
12. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М., та ін. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь: Монографія. К.: ТОВ «ЦП «Компринт». 2018. 137 с.
13. Гордієнко, М. І., Маурер В. М., Ковалевський С. Б.. Методичні вказівки до вивчення та дослідження лісових культур. К.: Логос. 2000. 101 с.
14. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь. Науково-методичні рекомендації К.: Логос. 2009. 80 с.

АНОТАЦІЯ

UDC 633.262.631.5599.

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ПАВЛОВНІЇ УЛІССТЕПУ УКРАЇНИ.

Гументик М. Я. — доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, ORCID0000-0001-9052-9650,

Бордусь О. Ю. — аспірант, молодший науковий співробітник. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: hmy@ukr.net

Мета. Метою дослідження є вдосконалення агротехнічних умов вирощування павловнії повстисті та її штучно виведеного сорту Clone in vitro 112 у зоні Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, візуальний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. **Результати.** В статті наведено результати досліджень з удосконалення агротехнічних умов вирощування та встановлення показників росту й розвитку рослин павловнії в умовах центрального Лісостепу України. Обґрунтовано способи садіння, оптимальну ширину міжрядь та вдосконалено варіанти догляду за плантацією рослин. Встановлено, що в перший рік вегетації в рослині павловнії інтенсивно відбувається формування кореневої системи. Для отримання високоякісної деревини після першого року вегетації необхідно робити технічний зріз на висоті 2–3 см від поверхні землі та видалити молоді новоутворені пагони (пасинки). Найбільша висота стовбура формується в перший та другий рік вегетації у Clone in vitro 112, що становила 5–6 м, оптимальна густина посадки — 625 рослин на одному гектарі. **Висновки.** Встановлено, що розсада павловнії in vitro перед посадкою у відкритий ґрунт має пройти адаптацію до температурних умов зони вирощування протягом двох-трьох тижнів.

Ключові слова: павловнія, біомаса, стовбур, пагони, промислові плантації, ширина міжрядь, способи садіння та догляду, елементи технології вирощування.

ABSTRACT

UDC633.262.631.5599.

Improvement of agrotechnical conditions of growing paulownia in the Forest Steppe of Ukraine

Humentyk M. Ya., Bordus O. Yu.

Purpose. The purpose of the study was to improve the agrotechnical conditions for growing paulownia and its artificially bred variety Clone in vitro 112 in the Forest Steppe zone of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, visual, measuring and weighing, mathematical and statistical. **Results.** The article presents the results of research on the improvement of agrotechnical growing conditions and establishment of indicators of growth and development of paulownia plants in the Central Forest Steppe of Ukraine. The methods of planting, the optimal width between the rows, and the options for caring for the plantation of plants have been substantiated. It was established that in the first year of vegetation, the root system of paulownia plants is intensively formed. In order to obtain high-quality wood, after the first year of vegetation, it is necessary to make a technical cut at a height of 2–3 cm from the surface of the ground and remove young newly formed shoots (tillers). The highest trunk height of Clone in vitro 112 was formed in the first and second year of vegetation and reached 5–6 m. The optimal planting density is 625 plants per hectare. **Conclusions.** It was established that paulownia seedlings in vitro should undergo adaptation to the temperature conditions of the growing area for two to three weeks before planting in open ground.

Keywords: paulownia, biomass, trunk, shoots, industrial plantations, row width, methods of planting and care, elements of growing technology.

УДК 633:62

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН СОРГО ЦУКРОВОГО НА ҐРУНТАХ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ РОДЮЧОСТІ

ГАНЖЕНКО О. М. —

д.с.-г.наук, с.н.с.;

ГОНЧАРУК Г. С. —

к.с.-г.н., с.н.с. (Ялтушківська дослідно-селекційна станція);

ПРАВДИВА Л. А. —

к.с.-г.н., с.н.с.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: ganzhenko74@gmail.com

Вступ. У наш час світ переживає серйозну енергетичну та екологічну кризу, що спонукає людство до розширення виробництва та використання відновлювальних джерел енергії [1]. Незважаючи на залежність від імпортованих енергоносіїв частка відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в Україні становить лише 6,6% від загальних обсягів постачання

первинної енергії [2]. Враховуючи сприятливі ґрунтово-кліматичні умови найбільш перспективним сектором ВДЕ для нашої держави може стати біоенергетика, натомість у структурі кінцевого споживання енергії частка енергії з біомаси складає лише 4,2% [2]. Однією з причин низького рівня розвитку біоенергетики є відсутність системного підходу до формування сировинної бази на основі біоенергетичних культур.

З огляду на глобальні зміни клімату, що супроводжуються підвищенням температури повітря та зменшенням кіль-

кості опадів, сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) стає однією з найперспективніших культур для виробництва біопалива [3, 4]. Відносячись до рослин з C4 типом фотосинтезу, сорго цукрове стабільно формує високі врожаї цукромісткої біомаси навіть на ґрунтах із низьким рівнем родючості та в умовах дефіциту вологи [5, 6, 7, 8].

Продуктивність посівів сорго цукрового та обсяги виробництва з нього різних видів біопалива залишаються недостатніми через відсутність науково-обґрунтованої технології вирощуван-

Таблиця 1.

Схема дослідів

Фактор А: Сортові особливості:	Фактор В: Строки сівби насіння:	Фактор С: Дози добрив:
Сорт 'Силосне 42' Гібрид 'Медовий F1'	III декада квітня I декада травня II декада травня	без добрив N80 P80 K80 N160 P160 K160