

УДК 633.262.631.559

Особливості росту, розвитку та формування хімічного складу біомаси видів павловнії

 М. Я. Гументик*,  О. Ю. Бордусь

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

Мета. Установити особливості росту, розвитку рослин та формування хімічного складу біомаси видів павловнії у зоні Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. **Результати.** Установлено біологічні властивості двох видів павловнії *Clone in vitro-112* та повстистої. Максимальна кількість листків на одній рослині павловнії *Clone in vitro-112* у кінці вегетації становила 24–26 шт., а в павловнії повстистої – 22–24 шт. Загальна площа листків однієї рослини становила 5,0–5,5 та 4,0–4,5 м² за видами відповідно. Основний період накопичення деревини відбувається в перші три роки вегетації і має один з найвищих показників продуктивності біомаси. За п'ять років вегетації з одного дерева можна отримати приріст деревини павловнії *Clone in vitro-112* приблизно 0,35 м³ та 0,24 м³ з павловнії повстистої. У дослідженнях визначали вміст елементів живлення, недостача або надлишок яких особливо негативно впливає на якість біомаси. Основна кількість азоту у досліджуваних видів павловнії концентрується в листках (2,3–2,6 %) та черешках (0,67–1,1 %). Уміст фосфору в листовій масі є досить низьким: у листових пластинках – 0,33–0,36 %, у черешках – 0,22–0,23 %. Рослини виносять з листками значну кількість калію: *Clone in vitro-112* – 1,25 %, павловнія повстиста – 0,75 %. **Висновки.** Для вирощування в зоні Правобережного Лісостепу України можна рекомендувати павловнію *Clone in vitro-112*, яка за 5–6 років вегетації з 1 га може сформувати 200–250 м³ ділової деревини і таку ж кількість біомаси гілок. Сировина павловнії у вигляді гілок може бути використана для виробництва паливних гранул та тріски, що характеризуються низькою зольністю (0,8–1,5 %). Водночас листки та черешки павловнії мають підвищену зольність (3,9–7,1 %) унаслідок високого вмісту в них елементів живлення, зокрема азоту, тому використовувати їх як сировину для виробництва твердих видів біопалива не доцільно, проте вони придатні як сировина для виробництва біогазу.

Ключові слова: діаметр стовбура; площа листка; біомаса; уміст макроелементів; зола; уміст сухої речовини; об'єм ділової деревини.

Вступ

Поліпшення потенційних можливостей біоенергетики в Україні потребує вирощування високоякісної сировини для виробництва біопалива. Своєю чергою Україна є країною з найбільшим земельним ресурсом для збільшення виробництва енергії з поновних джерел енергії та декарбонізації промисловості. В Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН проводяться дослідження з новими біоенергетичними культурами, які можуть використовуватись як сировина для виробництва енергії [1, 2]. Серед широкого спектра біоенергетичних культур перспективною рослиною є павловнія (*Paulownia*), яка за мінімальний термін дає можливість отримати значний обсяг деревної продукції високої якості. Найбільш адаптованим для вирощування в Україні є клон павловнії *Clone in Vitro-112*. Це спеціально виведений морозостійкий гібрид дерева, що має міжнародно визнаний європейський паспорт, сертифікат якості та комерційну ліцензію [3]. Завдяки особливій будові клітинної структури деревина павловнії стійка до впливу води, містить незначну кількість олій та смол, має високий вміст таніну (дубильна кислота), що робить її стійкою до гниття, пошкодження короїдами та грибними хворобами. Біомаса павловнії вважається хорошою сировиною для виробництва твердих видів біопалива і

може відігравати значну роль в Україні у вирішенні енергетичної кризи. Для цього необхідно збільшувати ринок цієї сировини, що, зі свого боку, сприятиме безперервній роботі підприємств переробної промисловості з виробництва біопалива.

Останніми роками в Україні проблема вирощування біомаси на сільськогосподарських землях стикається з об'єктивним протиріччям між виробництвом біопалива та продуктами харчування, необхідних для забезпечення продовольчих потреб. Незважаючи на значну кількість прийнятих законодавчих актів щодо розвитку ринку біопалива в Україні, темпи його розвитку залишаються низькими [4]. Інтенсивне використання лісових ресурсів та наявного потенціалу деревини як палива та будівельних матеріалів є неприпустимим, оскільки середня залісненість території України становить менше 16 %, що є одним з найнижчих показників серед країн Європи [5, 6]. У зв'язку з війною лише на півдні України знищено приблизно 3 млн га лісів та лісонасаджень.

Для усунення цих проблем необхідно створювати спеціальні енергетичні плантації на основі високопродуктивних біоенергетичних культур [7, 8]. Для сільськогосподарських підприємств багаторічні біоенергетичні культури є альтернативою інтенсивному сільському господарству як з екологічної, так і з економічної точки зору, що забезпечують високу рентабельність галузі. Енергетичні плантації на основі деревних культур за мінімальний період забезпечують отримання значного обсягу високоякісної деревної продукції. Для створення енергетичних плантацій з коротким терміном вегетації необхідно використовувати переважно швидкорослі види дерев, що дають змогу скоротити термін отримання ділової деревини з 10–20 до 5–6 років [9, 10]. Деревину зі спеціально створених плантацій можна використовувати як ділову в будівельній промисловості, а 50 % відходів – як сировину для виготовлення різних видів біопалива [11, 12].

Одним із представників деревних рослин, що має біологічні властивості до швидкого росту деревини, є павловнія. Зважаючи на швидкість росту для догляду за плантаціями, заходи, використовувані за класичного вирощування деревних культур, є непридатними. А тому, потрібно вивчати біологічні особливості росту й розвитку павловнії в умовах центральних та північних регіонів України з метою розроблення заходів догляду, що сприятимуть забезпеченню щорічної стабільно високої енергетичної продуктивності та стійкості до дії біо- та абіотичних стрес-факторів [13]. Саме тому, вивчення закономірностей росту й розвитку різних видів та сортів павловнії є актуальним питанням.

Мета досліджень – установити особливості росту, розвитку рослин та формування хімічного складу біомаси видів павловнії у зоні Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2018–2022 рр. у відділі селекції сталих технологій вирощування біоенергетичних культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (ІБКІЦБ). Схемою досліду передбачено визначення прояву біологічних властивостей павловнії *Clone in vitro-112* [*Paulownia elongata* S.Y.Hu × *P. fortunei* (Seem.) Hemsl.] та павловнії повстистої [*P. tomentosa* (Thunb.) Steud.] на ріст і розвиток рослин та якість сировини для виробництва біопалива.

Ґрунт дослідного поля – дерново-підзолистий супіщаний, що має таку 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.

Дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками, розробленими в ІБКІЦБ [16, 17].

На основі метеорологічних даних за роки досліджень визначено гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у теплий період року з температурою повітря понад 10 °С. У деякі роки умови зволоження за величиною ГТК значно відрізнялися від середніх багаторічних, але загалом у зоні Лісостепу умови для вирощування павловнії характеризувалися оптимальним зволоженням (табл. 1).

Аналіз динаміки погодних умов вегетаційних періодів 2018–2022 рр. свідчить про те, що впродовж років досліджень за температурним режимом і кількістю опадів вони мали відхилення від середніх багаторічних показників, що дало змогу повніше оцінити адаптивність до них рослин павловнії та їхню здатність реалізувати свій біологічний потенціал.

Гідротермічний коефіцієнт у зоні проведення досліджень (2018–2022 рр.)

Рік	Місяць					
	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
2018	1,4	1,5	0,8	1,1	0,6	0,4
2019	1,5	1,6	0,9	1,2	0,7	0,3
2020	1,3	2,3	0,8	0,7	0,5	0,6
2021	1,9	1,7	0,4	0,8	1,0	0,6
2022	1,8	0,7	0,6	0,6	0,9	1,7
Середні багаторічні	1,5	1,1	1,5	1,4	1,1	1,2

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft та методичних рекомендацій [14, 15].

Результати досліджень

Попередніми дослідженнями авторів встановлено, що оптимальною густиною насаджень рослин павловнії є 625 шт./га, що відповідає схемі садіння 4 × 4 м [9].

Для визначення впливу біологічних особливостей видів павловнії на формування хімічного складу та якості сировини для виробництва біопалива здійснювали спостереження за ростом і розвитком рослин упродовж вегетації. Встановлено тісну кореляційну залежність між діаметром стовбура рослин павловнії *Clone in vitro-112*, та повстистої та їх окружністю, особливо в *Clone in vitro-112*, у діапазоні 25–30 см діаметра та 60–70 см окружності. Ці залежності лінійні та становлять 0,34 x у співвідношенні діаметр – окружність відповідно до рівня регресії:

$$D = 3,42 + 0,34 x - 0,02 y + 0,004 x^2 - 0,0006 xy + 0,00003 y^2,$$

де: x – окружність; y – висота.

Залежність між висотою та діаметром навпаки характеризується слабкою (0,002 y) асиметричною поверхнею відгуку (рис. 1).

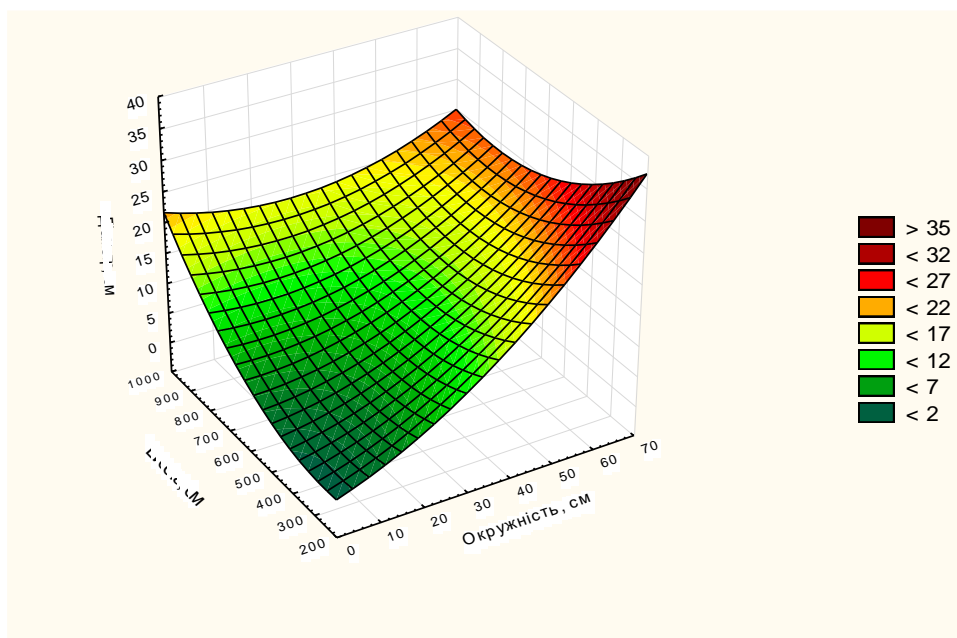


Рис. 1. Залежність діаметра рослин павловнії *Clone in vitro-112* від висоти й окружності стовбура (2018–2022 рр.)

Для визначення діаметра рослин павловнії повстистої від висоти й окружності стовбура використовуємо залежність між цими визначеннями за формулою:

$$D = 1,96 + 0,68 x - 0,031 y + 0,004 x^2 - 0,0001 xy + 0,00007 y^2,$$

де: x – окружність; y – висота.

Ці залежності лінійні та становлять $0,68 \times x$ у співвідношенні діаметр – окружність відповідно до рівня регресії (рис. 2).

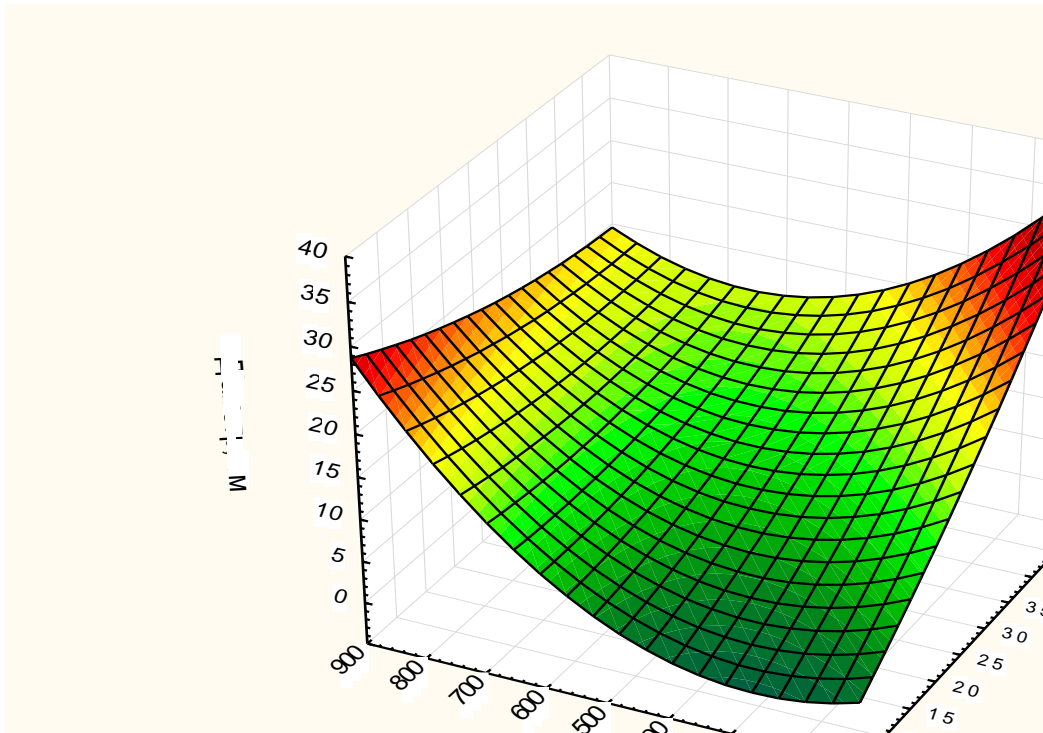


Рис. 2. Залежність діаметра рослин павлонії повстистої від висоти й окружності стовбура (2018–2022 рр.)

Урожайність біомаси павлонії як підсумковий показник здебільшого залежить від висоти та діаметра стовбура рослини і має лінійний характер. Установлено, що істотний вплив на врожайність біомаси павлонії має також оптимальна кількість рослин на площі вирощування. За густоти садіння 625 шт./га рослин за схеми 4×4 м, дерева мали сприятливі умови для розвитку та наростання біомаси.

Дослідженнями встановлено приріст наростання біомаси павлонії за п'ять років вегетації рослин та об'єм ділової деревини, що становить 45 % від загальної кількості біомаси. Другою вегетативною частиною дерева є гілки, що становлять 40 % від загальної кількості біомаси і є цінною сировиною для виробництва твердих видів біопалива.

Основний період накопичення деревинної біомаси відбувається в перші три роки вегетації і має один з найвищих показників продуктивності біомаси. За п'ять років вегетації з одного дерева можна отримати приріст деревини павлонії *Clone in vitro-112* приблизно $0,35 \text{ м}^3$ та $0,24 \text{ м}^3$ з павлонії повстистої (табл. 2 і 3).

Таблиця 2

Динаміка росту й розвитку рослин павлонії *Clone in vitro-112* (середнє за 2018–2022 рр.)

Рік вегетації рослини	Стовбур		Маса гілок, кг	Маса листків, кг	Урожайність біомаси однієї рослини, кг	Об'єм ділової деревини однієї рослини, м^3
	висота, см	діаметр, см				
Перший	415	7,0	0,7	1,7	5,9	0,02
Другий	620	11,0	2,5	3,6	18,4	0,04
Третій	790	16,0	7,4	9,1	47,6	0,11
Четвертий	1020	20,5	26,5	37,4	137,5	0,25
П'ятий	1150	25,0	73,4	36,1	226,1	0,35

Таблиця 3

**Динаміка росту й розвитку рослин павловнії повстистої
(середнє за 2018–2022 рр.)**

Рік вегетації рослини	Стовбур		Маса гілок, кг	Маса листків, кг	Урожайність біомаси однієї рослини, кг	Об'єм ділової деревини однієї рослини, м ³
	висота, см	діаметр, см				
Перший	270,0	4,5	0,5	1,3	4,6	0,01
Другий	410,0	7,0	2,4	2,9	14,5	0,03
Третій	520,0	11,5	10,7	13,5	62,0	0,12
Четвертий	760,0	15,5	27,9	22,6	102,8	0,19
П'ятий	880,0	18,7	58,5	45,1	176,0	0,24

Упродовж вегетаційного періоду найбільший приріст біомаси припадає на червень – липень коли спостерігається пік сонячної активності. Кількість поглиненої фотосинтетичної активної радіації листками павловнії значною мірою визначається розміром асиміляційного апарату рослин. Листки рослини павловнії *Clone in vitro-112* та повстистої розміщені супротивно, середній розмір листків павловнії *Clone in vitro-112* першого року вегетації за довжиною складає 50–60 см, шириною 55–65 см і розміщені біля основи стовбура, а середній розмір листків павловнії повстистої завдовжки становить 35–45 см, завширшки – 45–55 см. За збільшення густоти садіння понад 1000 рослин на одному гектарі обох досліджуваних видів площа листків рослини на стовбурі й відповідно зменшується їх кількість, а це своєю чергою призводить до зниження врожайності біомаси загалом (табл. 4).

Таблиця 4

**Середні параметри листків сорту павловнії *Clone in vitro-112* та повстистої
першого року вегетації (2018–2022 рр.)**

Вид павловнії	Маса листка, г	Параметри листкової пластинки		
		довжина, см	ширина, см	площа, см ²
<i>Clone in vitro-112</i>	55,0–60,0	50,0–55,0	55,0–60,0	250–280
повстиста	40,0–45,0	40,0–45,0	45,0–50,0	160–200

Максимальна кількість листків на одній рослині павловнії *Clone in vitro-112* у кінці вегетації становила 24–26 шт., а в павловнії повстистої – 22–24 шт. Загальна площа листків однієї рослини становила 5,0–5,5 та 4,0–4,5 м² за видами відповідно.

У дослідженнях визначали вміст елементів живлення, недостача або надлишок яких особливо негативно впливає на якість біомаси. Основна кількість азоту у досліджуваних видів павловнії концентрується в листках (2,3–2,6 %) та черешках (0,67–1,1 %). Уміст фосфору в листковій масі є досить низьким: у листкових пластинках – 0,33–0,36 %, у черешках – 0,22–0,23 %. Рослини виносять з листками значну кількість калію: *Clone in vitro-112* – 1,25 %, павловнія повстиста – 0,75 % (табл. 5).

Таблиця 5

**Уміст сухої речовини, елементів живлення та золи у складниках
біомаси павловнії *Clone in vitro-112* та повстистої (2018–2022 рр.)**

Веgetативна частина рослини	Уміст сухої речовини, %	Уміст елементів живлення, %			Зола, %
		N	P	K	
<i>Clone in vitro-112</i>					
Листки	31,2	2,6	0,36	1,94	3,9–5,3
Черешки	35,3	1,10	0,22	2,64	6,4–7,1
Гілки	43,8	0,75	0,21	1,1	1,3–1,5
Стовбур	45,2	0,68	0,19	0,95	0,9–1,4
павловнія повстиста					
Листки	33,8	2,36	0,33	1,25	4,3–5,1
Черешки	34,5	0,67	0,23	0,75	6,8–7,5
Гілки	42,1	0,52	0,20	0,50	1,1–1,3
Стовбур	41,7	0,23	0,07	0,17	0,8–1,2

Зольність листків та черешків обох видів павловнії майже аналогічна й істотно відрізняється від зольності серцевини стовбура та гілок, яка є в 3–4 рази меншою, ніж у листках та черешках. Найвищий уміст сухої маси формується в стовбурі (41,7–45,2 %) та в гілках (42,1–45,8 %), а найменший – у листках (31,2–33,8 %) та черешках (34,5–35,3 %). Ураховуючи високу зольність листків та черешків, використання їх як сировини для виробництва твердих видів біопалива не є доцільним.

Висновки

Для вирощування в зоні Правобережного Лісостепу України можна рекомендувати павловнію *Clone in vitro-112*, яка за 5–6 років вегетації з 1 га може сформувати 200–250 м³ ділової деревини і таку ж кількість біомаси гілок. Сировина павловнії у вигляді гілок може бути використана для виробництва паливних гранул та тріски, що характеризуються низькою зольністю (0,8–1,5 %). Водночас листки та черешки павловнії мають підвищену зольність (3,9–7,1 %) унаслідок високого вмісту в них елементів живлення, зокрема азоту, тому використовувати їх як сировину для виробництва твердих видів біопалива не доцільно, проте вони придатні як сировина для виробництва біогазу.

Використана література

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*. 2020. Vol. 10, Iss. 1. P. 85–89. doi: 10.15421/2020_13
2. Роїк М. В., Сінченко В. М., Бондар В. С. та ін. Концепція розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року. *Біоенергетика*. 2019. № 2. С. 4–10.
3. Вид *Paulownia Clone in Vitro-112*. URL: <http://pavlownia112.com>
4. Шпичак О. М., Боднар О. В., Пашко С. О. Виробництво біопалива в Україні у контексті оптимального вирішення енергетичної проблеми. *Економіка АПК*. 2019. № 3. С. 13–15. doi: 10.32317/2221-1055.201903013
5. Лінник А. Павловнія як енергетична культура. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2020. Т. 22. С. 19–22. doi: 10.32718/nvlvet-a9204
6. Іванюк А. П., Заячук В. Я., Харпачко Т. І. та ін. Властивості деревини павловнії повстистої *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 4. С. 71–75. doi: 10.36930/40310411
7. Гументик М. Я., Ягольник О. О. Павловнія – високопродуктивна культура для виробництва біопалива та деревини. *Біоенергетика*. 2020. № 2. С. 6–8. doi: 10.47414/be.2.2020.224982
8. Мацкевич О. В., Філіпова Л. М., Мацкевич В. В., Андрієвський В. В. Павловнія: Науково-практичний посібник. Біла Церква : БНАУ, 2019. 80 с.
9. Роїк М. В., Шафаренко Ю. А., Сінченко В. М. та ін. Рекомендації з технології вирощування та використання павловнії в умовах Лісостепу України. Київ : Компринт, 2020. 75 с.
10. Koman S., Feher S., Vityi A. Physical and mechanical properties of *Paulownia tomentosa* Steud. wood planted in Hungaria. *Wood Research*. 2017. Vol. 62, Iss. 2. P. 335–340.
11. Катеринчук І. Павловнія – зелена перспектива біоенергетики. *Пропозиція*. 2019. № 10. С. 34–39.
12. Koleva A., Dobрева K., Stoyanova M. Paulownia – a source of biologically active substances. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2011. Vol. 14, Iss. 5. P. 1061–1068.
13. Рахметова С. О., Левчук Л. В., Вергун О. М. та ін. Павловнія повстяна (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) – нова швидкоросла енергетична рослина. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін : матеріали Міжнародної наукової конференції (м. Київ, 5–7 жовтня 2021 р.)*. Київ, 2021. С. 98–101.
14. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.
15. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
16. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М. та ін. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь. Київ : Компринт, 2018. 137 с.
17. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь. Київ : Логос, 2009. 80 с.

References

1. Sinchenko, V. M., Bondar, V. S., Gumentyk, M. Ya., & Pastukh, Yu. A. (2020). Ecological Bio Energy Materials in Ukraine Current State and Prospects of Production Development. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 85–89. doi: 10.15421/2020_13
2. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Bondar, V. S., Fursa, A. V., & Humentyk, M. Ya. (2019). Concept for development of Ukraine's bioenergy until 2035. *Bioenergy*, 2, 4–9. [In Ukrainian]
3. Paulownia species Clone in Vitro 112. URL: <http://pavlownia112.com>
4. Shpychak, O. M., Bodnar, O. V., & Pashko, S. O. (2019). Biofuel production in Ukraine in the context of the optimal solution to the energy problem. *Economy of Agro-Industrial Complex*, 3, 13–15. doi: 10.32317/2221-1055.201903013 [In Ukrainian]
5. Linnik, A. (2020). Paulownia as power culture. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 22, 19–22. doi: 10.32718/nvlvet-a9204 [In Ukrainian]
6. Ivaniuk, A. P., Zayachuk, V. Y., Kharachko, T. I., Kolodii, T. V., & Myakush, B. M. (2021). Some physical properties of *Paulownia tomentosa* wood (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.). *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(4), 71–75. doi: 10.36930/40310411 [In Ukrainian]
7. Humentyk, M., & Yaholnyk, O. (2020). Pavlovnia – highly productive culture for the production of biofuels and wood. *Bioenergy*, 2, 6–8. doi: 10.47414/be.2.2020.224982 [In Ukrainian]
8. Matskevych, O. V., Filipova, L. M., Matskevych, V. V., & Andriievskiy, V. V. (2019). *Paulownia: Scientific and Practical Guide*. Bila Tserkva: BNAU. [In Ukrainian]
9. Roik, M. V., Shafarenko, Yu. A., Sinchenko, V. M., Humentyk, M. Ya., Hanzhenko, O. M., Fuchylo, Ya. D., ... Kukosh, O. Yu. (2020). *Recommendations on the technology of cultivation and use of paulownia in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine*. Kyiv: Comprint. [In Ukrainian]
10. Koman, S., Feher, S., & Vityi, A. (2017). Physical and mechanical properties of *Paulownia tomentosa* Steud. wood planted in Hungaria. *Wood Research*, 62(2), 335–340.
11. Katerynychuk, I. (2019). *Paulownia – a green perspective of bioenergy*. *Offer*, 10, 34–39. [In Ukrainian]
12. Koleva, A., Dobрева, K., & Stoyanova, M. (2011). Paulownia – a source of biologically active substances. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 14(5), 1061–1068.
13. Rakhmetova, S. O., Levchuk, L. V., Vergun, O. M., Blium, Ya. B., & Rakhmetov, D. B. (2021). Paulownia felt (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) is a new fast-growing energy plant. In *Global consequences of the introduction of plants in the conditions of climate change: materials of the International Scientific Conference* (pp. 98–101). Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
14. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite*. Kyiv: PolihrafKonsal'tynh. [in Ukrainian]
15. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
16. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M., Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya., Pyrkin, V. I., Prysiazhniuk, O. I., ... Zelinskyi, B. V. (2018). *Research methodology of willow and poplar energy plantations*. Kyiv: Lohos. [In Ukrainian]
17. Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., Fuchylo, O. Ya., & Litvin, V. M. (2009). *Creation and cultivation of energy willow and poplar plantations*. Kyiv: Lohos. [In Ukrainian]

UDC 633.262.631.559

Humentyk, M. Ya.*, & **Bordus, O. Yu.** (2023). Peculiarities of plant growth, development, and chemical composition of the *Paulownia* biomass. *Advanced Agritechnologies*, 11(3). <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288672> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03141, Ukraine, *e-mail: hmy@ukr.net*

Purpose. To establish the peculiarities of plant growth, development, and chemical composition of the paulownia biomass of two species in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, measuring and weighing, mathematical and statistical. **Results.** The biological properties of two *Paulownia* species, namely *Clone in vitro-112* and *Paulownia tomentosa*, were studied. The maximum number of leaves per plant at the end of the vegetation season was 24–26 in *Clone in vitro-112* and 22–24 in *Paulownia tomentosa*. Leaf area per plant was 5.0–5.5 m² and 4.0–4.5 m², respectively. The main period of wood accumulation falls during the first three years of vegetation, and during this period, biomass productivity indicators are the highest. Five-year wood yield per tree was about 0.35 m³ in *Clone in vitro-112* and 0.24 m³ in *Paulownia tomentosa*. The research determined the optimal content of nutrients, the lack or excess of which negatively affects biomass quality. Nitrogen is mostly concentrated in leaves (2.3–2.6%) and petioles (0.67–1.1%). The content of phosphorus was quite low: 0.33–0.36% in leaves and

0.22–0.23% in petioles. Plants contain a significant amount of potassium in the leaves: 1.25% in *Clone in vitro-112* and 0.75% in *Paulownia tomentosa*. **Conclusions.** *Clone in vitro-112* can be recommended for cultivation in the Right Bank Forest Steppe Zone of Ukraine. One hectare can produce 200–250 m³ of industrial wood and the same amount of branch biomass for 5–6 years. Branches are suitable for the production of fuel pellets and chips with low ash content (0.8–1.5%). At the same time, leaves and petioles of paulownia have an increased ash content (3.9–7.1%) due to the higher content of nutrients, in particular nitrogen. Therefore, it is not advisable to use them as feedstock for the production of solid biofuel, but they are suitable for the production of biogas.

Keywords: *trunk diameter; leaf area; biomass; the content of macro elements; ash; dry matter content; industrial wood.*

Надійшла / Received 02.09.2023
Погоджено до друку / Accepted 05.10.2023