

УДК 630.620.952

Ріст і продуктивність енергетичних плантацій верби в умовах Прикарпаття

Фучило Я. Д.¹, Лис Н. М.², Ткачук Н. Л.², Іванюк Р. С.²

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України, вул. С. Бандери, 21а, м. Івано-Франківськ, 76015, Україна, e-mail: instarv@i.ua

Мета. Встановити оптимальні показники густоти та норми внесення мінеральних добрив для забезпечення високої продуктивності енергетичних плантацій верби в умовах Прикарпаття. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Встановлено, що найбільшу висоту пагонів після четвертого року вегетації зафіксовано у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га – 6,3–6,6 м. Річний приріст за висотою тут склав 0,9–1,0 м, а діаметр центрального пагона – від 34 до 41 мм. Кількість пагонів на 1 рослину становила 2,1–2,9 шт., а на 1 га – 37,8–52,2 тис. шт. Найбільший діаметр центрального пагона зафіксовано у варіанті з густотою садіння 12 тис. шт./га, де він був у межах від 39 до 43 мм. Кількість пагонів тут становила 4,2–4,8 шт. на 1 рослину та 50,4–57,6 тис. шт. на 1 га. Внесення мінеральних добрив (N₈₀P₃₀₀K₃₀₀) посприяло збільшенню товщини пагонів до 7 мм. Висота рослин за цього варіанту була на 0,4 м більшою у порівнянні до варіанту без добрив. Найвищу урожайність біомаси енергетичної верби після чотирьох років вегетації (55,9 т/га сухої маси) отримано за густоти 15 тис. шт./га та внесення мінеральних добрив N₈₀P₃₀₀K₃₀₀. За четвертий вегетаційний період річний приріст сухої деревної маси становив від 3,4 до 10,6 т/га, у той час, як в середньому за перші три роки – від 10,7 до 16,2 т/га у рік. Це вказує на доцільність трирічного циклу заготівлі біомаси на таких плантаціях. Одноразове внесення мінеральних добрив у дозі N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ суттєво сприяло зростанню урожайності всіх варіантів досліду протягом чотирьох років спостережень, забезпечило прибавку урожаю біомаси від 27,8 % за густоти 18 тис. шт./га до 41,5 % за густоти 15 тис. шт./га і позитивно позначилося на рості однорічних пагонів, що виростили зі зрізаних трирічних рослин верби. **Висновки.** На дернових опідзолених середньо-суглинкових ґрунтах Прикарпаття найвищу урожайність чотирирічних плантацій верби (55,9 т/га сухої біомаси) отримано за висаджування 15 тис. живців на 1 га, а найменшу – у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га, що вказує на доцільність висаджування в цих умовах 12–15 тис. живців на 1 га. Оскільки протягом четвертого року приріст пагонів за висотою, діаметром і біомасою значно знижується, порівняно з третім, в досліджуваних умовах доцільно застосовувати трирічний цикл заготівлі біомаси. Одноразове внесення мінеральних добрив у дозі N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ забезпечило прибавку урожаю чотирирічних плантацій верби від 27,8 % до 41,5 % і позитивно позначилося на рості наступної генерації плантацій.

Ключові слова: верба енергетична, агротехніка, біометричні показники, продуктивність.

Вступ

Швидке зростання потреби в енергії на тлі виснаження запасів викопних видів палива зумовлює високу актуальність заміни їх поновлюваними джерелами енергії, зокрема – рослинною біомасою [3, 7, 12]. Для отримання високих врожаїв фітомаси за короткий термін використовують швидкорослі деревні рослини з високою порослевою здатністю, зокрема – верби (*Salix* L.). Різні представники роду Верба здавна культивуються з метою пришвидшеного отримання деревної сировини. Зокрема, дефіцит деревини і продуктів із неї,

з якою стикнулися європейські країни у кінці минулого століття, обумовив необхідність змін політики Європейського Економічного Співтовариства (ЄЕС) у сфері сільського та лісового господарства, внаслідок чого у 1992 році було схвалено директиву EU/2080/92 [11], згідно якої передбачено виділення субсидій для заліснення сільськогосподарських земель швидкоростучими видами деревних рослин, в т.ч. вербами.

Як відзначено у звіті 25-ої сесії Міжнародної тополевої комісії ФАО, яка відбулася у вересні 2016 року в Берліні, інтерес до тополі та верби, як швидкорослих деревних рослин є стабільно високим, зважаючи на їх значний потенціал у лісовому господарстві, біоенергетиці та фітомеліорації [8]. Відомо, що європейські держави досягли 10% забезпечення, своїх енергетичних потреб за рахунок відновлювальної енергетики [4]. В Україні цей показник становить 5,8%, однак енергетична стратегія України на період до 2030 року зобов'язує збільшити частку відновлювальних джерел енергії до 10% [4].

Урожайність кращих енергетичних плантацій верби на родючих ґрунтах може досягати 15–20 т/га сухої біомаси у рік [3, 5, 9, 10], але їх створюють, як правило, на низькопродуктивних, малопритатних для вирощування сільськогосподарської продукції ґрунтах. Тому, для забезпечення належної економічної ефективності вирощування вербової енергетичної біомаси, у багатьох країнах проводяться дослідження з метою розроблення заходів з підвищення продуктивності енергетичних плантацій у різних ґрунтово-кліматичних умовах [3, 5, 6, 10].

Прикарпаття, зважаючи на достатнє забезпечення вологою і наявність відповідних площ, є перспективним регіоном для вирощування енергетичної деревної біомаси, однак дослідження особливостей росту енергетичних плантацій верби тут практично не проводилися.

Мета досліджень – встановлення оптимальних показників густоти та норми внесення мінеральних добрив для забезпечення високої продуктивності енергетичних плантацій верби в умовах Прикарпаття.

Матеріали та методика досліджень

Експериментальна плантація енергетичної верби була створена навесні 2016 року на дослідних полях Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України. Ґрунт дослідного поля дерновий опідзолений грубопилувато-середньосуглинковий. Потужність гумусового горизонту становить 40 см. Агрохімічна характеристика орного шару наступна: рН-сольове – 4,6, сума увібраних основ (Са+Мg) – 11,4 мг-екв/100 г (за Капшеном), вміст гумусу (за Тюрінім) – 2,54 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 79,0, рухомого фосфору (за Кірсановим) – 48,0, рухомого калію (за Кірсановим) – 82,0 мг/кг ґрунту; рухомих форм мікроелементів: бору (за Бергером і Труогом) – 1,00, молібдену (за Грігом) – 0,20, марганцю (за Пейве і Рінькісом) – 48,0 мг/кг ґрунту. Особливістю ґрунту є його слабе забезпечення рухомими формами фосфору та калію.

Схема дослідю передбачала вивчення впливу деяких факторів на ріст, розвиток і продуктивність культури:

Фактор А – схема розміщення садивних місць:

Густота садіння: 18, 15, 12 тис. шт./га;

Фактор В – мінеральне живлення: контроль (без внесення мінеральних добрив) і внесення $N_{40}P_{300}K_{300}$. під садіння + N_{40} підживлення.

Згідно схеми садіння рослини верби розміщені на площі спареними рядами з відстанню між ними 0,70 м і міжряддями шириною 2,0 м. Дослід закладений в чотириразовій повторності. Площа посівної ділянки – 150 м², облікової – 125 м².

Підготовка ґрунту складалась з наступних технологічних операцій: луцення стерні, оранки та передсадивного обробітку. З метою знищення пирію та інших коренепаросткових бур'янів луцення проводили на глибину 16 см дисковою бороною БДТ-3 в агрегаті з трактором Т-150 К. Потім була проведена оранка ґрунту на глибину 22 см. Через два тижні

після оранки ґрунт був розпушений на глибину 12 см та вирівняний просапним культиватором КПСП-4 з зубовими боронами. Перед цією операцією, згідно схеми досліду, на заплановані ділянки були внесені добрива в нормі $N_{40}P_{300}K_{300}$. Використовувалися такі мінеральні добрива: аміачна селітра (34,4% д. р.), хлористий калій (60% д. р.) та суперфосфат гранульований (18,7% д. р.).

Садіння використовувалось однорічними здерев'янілими живцями верби довжиною 25 см і діаметром 0,8–1,0 см. Перед садінням живці замочували у воді на 24 год. Через 12 днів після садіння проводилось розпушування ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях верби культиватором. Проведення трьох міжрядних обробітків та внесення гербіцидів забезпечило практично повне знищення пророслих бур'янів у міжряддях у першій половині вегетаційного періоду. Для знищення бур'янів у рядках було застосоване ручне прополювання.

У першій половині другого вегетаційного періоду було проведено підживлення рослин верби аміачною селітрою з розрахунку 40 кг азоту на 1 га.

Протягом чотирьох вегетаційних періодів у створених насадженнях, за традиційними у рослинництві методиками [1, 2], проводились дослідження особливостей їх росту і продуктивності. Отримані дані обробляли на ПК з використанням пакета Statistika.

Результати досліджень

На початку четвертого вегетаційного періоду (10.05.2019 р.) висота пагонів верби, залежно від варіанту досліду, знаходилась у межах від 5,2 м до 5,8 м, а діаметр центрального пагона – у межах 30–41 мм. Кількість пагонів змінювалась від 2,1 до 4,8 шт. на 1 кущ. Найбільший приріст за висотою спостерігався протягом літніх місяців. Останні біометричні заміри було проведено 16-го жовтня. Середня висота рослин у цей період знаходилась у межах 6,0–6,6 м, а діаметр центрального пагона – від 34 до 43 мм. Кількість пагонів не змінилась (табл. 1).

Найбільшу висоту пагонів за четвертий рік вегетації зафіксовано у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га – 6,3–6,6 м. Річний приріст за висотою тут склав 0,9–1,0 м. Діаметр центрального пагона за цього варіанту був у межах від 34 до 41 мм.

Таблиця 1

Біометричні показники рослин верби енергетичної четвертого року вегетації залежно від густоти насадження і фону живлення

№ варіанту	Дата обліку								Приріст			
	10.05.2019 р.				16.10.2019 р.							
	Висота рослини, м	Кількість пагонів, шт.	Діаметр, мм		Висота рослини, м	Кількість пагонів, шт.	Діаметр, мм		Висота рослини, м	Діаметр, мм		
			на 0 см	на ½ висоти			на 0 см	на ½ висоти		на 0 см	на ½ висоти	
1	5,4	2,1	30	21	6,3	2,1	34	24	0,9	4	3	
2	5,6	2,9	38	26	6,6	2,9	41	28	1,0	3	2	
3	5,2	2,4	33	23	6,1	2,4	37	25	0,9	4	2	
4	5,5	3,6	39	28	6,5	3,6	43	31	1,0	4	3	
5	5,4	4,2	36	24	6,0	4,2	39	26	0,6	3	2	
6	5,8	4,8	41	30	6,3	4,8	43	34	0,5	2	4	

Кількість пагонів на 1 рослину становила 2,1–2,9 шт., а на 1 га – 37,8–52,2 тис. шт. Найбільший діаметр центрального пагона зафіксовано у варіанті з густотою садіння 12 тис. шт./га, де він був у межах від 39 до 43 мм. Кількість пагонів тут становила 4,2–4,8 шт. на 1 рослину та 50,4–57,6 тис. шт. на 1 га. Внесення мінеральних добрив ($N_{80}P_{300}K_{300}$) посприяло збільшенню товщини пагонів до 7 мм. Висота рослин за цього варіанту була на 0,4 м більшою у порівнянні до варіанту без добрив.

Аналізуючи приріст біометричних показників верби енергетичної четвертого року вегетації слід відмітити, що він був суттєво нижчим, ніж за третій вегетаційний період. Так, за третій рік висота рослин збільшилась у середньому на 1,8 м, а за четвертий рік приріст склав лише 0,8 м. Це стосується і діаметра пагонів, який за третій рік збільшився у середньому на 14 мм, а за четвертий його приріст склав у середньому лише 3 мм, що вказує на доцільність проведення заготівлі біомаси у таких умовах після завершення третього року вегетації.

Найвищу урожайність чотирирічної біомаси верби енергетичної отримано у варіанті із густотою садіння 15 тис. шт./га та внесенням мінеральних добрив – 55,9 т/га сухої маси (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка продуктивності верби енергетичної за роками вегетації, т/га

№ варіанту	Густота садіння Фактор А	Мінеральне живлення Фактор В	Роки дослідження		
			2018	2019	річний приріст
			Урожай сухої біомаси		
1	18 тис. шт./га	Без добрив	34,4	37,8	3,4
2		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	42,8	48,3	5,5
3	15 тис. шт./га	Без добрив	32,0	39,5	7,5
4		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	45,3	55,9	10,6
5	12 тис. шт./га	Без добрив	34,3	37,9	3,6
6		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	48,5	52,7	4,2
НІР _{0,05} , т/га			1,17		
Фактор А			0,96		
Фактор В			1,29		
Взаємодія АВ					

Слід відзначити, що одноразове внесення мінеральних добрив суттєво сприяло зростанню урожайності на всіх варіантах досліді протягом чотирьох років спостережень. Внесення мінеральних добрив забезпечило прирост урожаю біомаси протягом перших чотирьох років від 10,5 т/га сухої маси за густоти 18 тис. шт./га (27,8 %) до 16,4 т/га (41,5 %) за густоти 15 тис. шт./га.

За четвертий вегетаційний період досягнуто річного приросту урожайності сухої деревної маси від 3,4 т/га за густоти 18 тис. шт./га без внесення добрив до 10,6 т/га за густоти садіння 12 тис. шт./га із внесенням мінеральних добрив, у той час, як в середньому за перші три роки приріст біомаси становив від 10,7 до 16,2 т/га у рік. Це підтверджує доцільність трирічного циклу заготівлі біомаси на таких плантаціях.

Після перших трьох років вирощування частину рослин верби було зрізано. За вегетаційний період 2019 року від зрізаних трирічних рослин верби відросли кущі із середньою висотою від 2,2 до 2,5 м. Кількість пагонів суттєво зросла у порівнянні до першого циклу вегетації і склала 8–12 шт. на одну рослину. Урожай деревної маси яких становив від 6,2 до 9,0 т/га (табл. 3).

При цьому більшими показники продуктивності однорічної біомаси за всіх варіантів густоти виявилися на ділянках з одноразовим внесенням мінеральних добрив. Порівняння цих показників з приростом біомаси четвертого року незрізаної частини плантацій (табл. 2) показало, що у 5-ти варіантах із шести приріст однорічної біомаси значно переважає приріст четвертого року незрізаних рослин. Це ще раз підтверджує вищу ефективність використання трирічного циклу заготівлі вербової біомаси.

**Продуктивність однорічної біомаси верби енергетичної,
що виросла після зрізання трирічних плантацій**

№ варіанту	Густота садіння	Мінеральне живлення	Середня висота, м	Продуктивність сухої біомаси, т/га
1	18 тис. шт./га	Без добрив	2,4	7,3
2		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	2,5	9,0
3	15 тис. шт./га	Без добрив	2,2	6,5
4		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	2,4	7,3
5	12 тис. шт./га	Без добрив	2,3	6,2
6		N ₄₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀ + N ₄₀	2,5	7,7
НІР _{0,05} т/га		Фактор А		0,12
		Фактор В		0,49
		Взаємодія АВ		0,51

Висновки

На дернових опідзолених середньо-суглинкових ґрунтах Прикарпаття найбільшу висоту пагонів чотирирічних плантацій енергетичної верби зафіксовано у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га – 6,3–6,6 м. Річний приріст за висотою тут склав 0,9–1,0 м, а діаметр центрального пагона – від 34 до 41 мм.

За четвертий рік приріст пагонів за висотою і діаметром значно знизився порівняно з третім, що негативно вплинуло на продуктивність плантацій і вказало на доцільність проведення заготівлі біомаси у таких умовах після завершення третього вегетаційного періоду.

Найвищу урожайність чотирирічної біомаси верби (55,9 т/га сухої маси) отримано за густоти садіння 15 тис. живців на 1 га та внесення мінеральних добрив, а найменшу зафіксовано у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га, що вказує на доцільність висаджувати в досліджуваних умовах 12–15 тис. шт. живців на 1 га.

Одноразове внесення мінеральних добрив у дозі N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ суттєво сприяло зростанню урожайності на всіх варіантах досліді протягом чотирьох років спостережень, забезпечило прибавку урожаю біомаси від 27,8% за густоти 18 тис. шт./га до 41,5% за густоти 15 тис. шт./га і позитивно позначилося на рості наступної генерації плантацій.

Використана література

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / [Я. Д. Фучило, В. М. Сінченко, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик та ін.]. Київ : Компринт, 2018. 137 с.
3. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Вербі України: біологія, екологія, використання. Київ : Компринт, 2017. 259 с.
4. Чмерук Т. Тренди альтернативної енергетики України: від занепаду до прогресу. Дзеркало Тижня. Україна. 2018. 5 лютого. URL: https://dt.ua/energy_market/trendi-alternativnoyi-energetiki-ukrayini-vid-zanepadu-do-progresu-268117_.html
5. Aylott, M.J., Casella, E, Tubby, I., Street, N.R., Smith, P., Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-cutting cycle coppice in the UK. *New Phytologist*, 178, 358–370.
6. Caslin, B., Finnan, J., McCracken, A. et al. (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.
7. Dimitriou, I. & Aronsson, P. (2005). Willows for energy and phytoremediation in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 2005. 31. P. 47–50.
8. FAO, 2016. Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future

Green Economies. Synthesis of Country Progress Reports. 25 th Session of the International Poplar Commission, Berlin, Federal Republic of Germany, 13-16 September 2016. Working Paper IPC/15. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome. <http://www.fao.org/forestry/ipc2016/en/>.

9. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L.P., Buchholz T., Caputo J. & Eisenbies M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops // Cellulosic Energy Cropping Systems. John Wiley & Sons, Ltd, 2014 DOI: 10.1002/9781118676332.ch12 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118676332.ch12/summary?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+have+intermittent>

10. Nissim, W. G., Pitre, F. E., Teodorescu & T. I., Labrecque M. (2013). Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada // Biomass and Bioenergy. Vol. 56, September 2013, Pages 361-369 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953413002778>

11. Report from the commission to the council and the european parliament on the application of Regulation (EEC) No 2080/92 instituting a Community aid scheme for forestry measures in agriculture. Brussels, 28.11.1997 COM(97) 630 final [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_\(97\)_630_final.pdf](http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_(97)_630_final.pdf)

12. Volk T. A., Heavey J. P., Eisenbies M. H. Advances in shrub-willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food, Energy and Security*. 2016. Vol. 5. P. 97–106.

References

1. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methodology of Field Experiences]. Moscow: Agropromizdat. [in Russian].

2. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko V. M., Hanzenko O. M., Humentyk M. Y., Pyrkin V. I., Prysyzhnyuk O.I....Tkachenko A. M. (2018). Metodolohia doslidzhennya enerhetychnykh plantatsiy verb i topol [Methodology for studying of energy plantations of willow and poplar]. Kyiv: Komprint. [in Ukrainian]

3. Fuchylo, Ya. D., & Sbytna, M. V. (2017). Verby Ukrainy (biolohiia, ekolohiia, vykorystannia) [Willows of Ukraine: biology, ecology, use]. Kyiv: Komprint. [in Ukrainian].

4. Chmeruk, T. (2018). Trendy alternatyvnoi enerhetyky Ukrainy: vid zanepadu do prohresu [Trends in alternative energy of Ukraine: from decay to progress]. *Dzerkalo Tyzhnia. Ukraina* [Mirror of the Week. Ukraine]. Retrieved from https://dt.ua/energy_market/trendi-alternativnoyi-energetiki-ukrayini-vid-zanepadu-do-progresu-268117_.html [in Ukrainian].

5. Aylott, M.J., Casella, E, Tubby, I., Street, N.R., Smith, P., Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-cutting cycle coppice in the UK. *New Phytologist*, 178, 358–370.

6. Caslin, B., Finnan, J., McCracken, A. et al. (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.

7. Dimitriou, I. & Aronsson, P. (2005). Willows for energy and phytoremediation in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 2005. 31. P. 47–50.

8. FAO (2016). Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies. Synthesis of Country Progress Reports. 25 th Session of the International Poplar Commission, Berlin, Federal Republic of Germany, 13-16 September 2016. Working Paper IPC/15. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome. <http://www.fao.org/forestry/ipc2016/en/>.

9. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L.P., Buchholz T., Caputo J. & Eisenbies M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops // Cellulosic Energy Cropping Systems. John Wiley & Sons, Ltd, 2014 DOI: 10.1002/9781118676332.ch12 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118676332.ch12/summary?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+have+intermittent>

10. Nissim, W. G., Pitre, F. E., Teodorescu & T. I., Labrecque M. (2013). Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada // Biomass and Bioenergy. Volume 56, September 2013, Pages 361-369

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953413002778>

11. Report from the commission to the council and the european parliament on the application of Regulation (EEC) No 2080/92 instituting a Community aid scheme for forestry measures in agriculture. Brussels, 28.11.1997 COM(97) 630 final. [http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_\(97\)_630_final.pdf](http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_(97)_630_final.pdf)

12. Volk, T. A., Heavey, J. P., & Eisenbies, M. H. (2016). Advances in shrub-willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food, Energy and Security*, 5, 97–106.

УДК 630.620.952

Фучило Я. Д.¹, Лис Н. М.², Ткачук Н. Л.², Иванюк Р. С.² Рост и продуктивность энергетических плантаций ивы в условиях Прикарпатья // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 115–122.

¹Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы УААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

²Прикарпатская государственная сельскохозяйственная опытная станция Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины, ул. С. Бандеры, 21, г. Ивано-Франковск, 76015, Украина, e-mail: instarv@i.ua

Цель. Установить оптимальные показатели густоты и нормы внесения минеральных удобрений для обеспечения высокой продуктивности энергетических плантаций ивы в условиях Прикарпатья. **Методы.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** Установлено, что наибольшую высоту побегов после четвертого года вегетации зафиксировано в варианте с густотой посадки 18 тыс. шт./га – 6,3–6,6 м. Годовой прирост по высоте здесь составил 0,9–1,0 м, а диаметр центрального побега – от 34 до 41 мм. Количество побегов на 1 растение составляла 2,1–2,9 шт., а на 1 га – 37,8–52,2 тыс. шт. Наибольший диаметр центрального побега зафиксировано в варианте с густотой посадки 12 тыс. шт./га – от 39 до 43 мм. Количество побегов здесь составляла 4,2–4,8 шт. на 1 растение и 50,4–57,6 тыс. шт. на 1 га. Внесение минеральных удобрений (N₈₀P₃₀₀K₃₀₀) способствовало увеличению толщины побегов до 7 мм. Высота растений при этом варианте была на 0,4 м больше по сравнению с вариантом без удобрений. Наивысшую урожайность биомассы энергетической ивы после четырех лет вегетации (55,9 т/га сухой массы) получено при густоте 15 тыс. шт./га и внесении минеральных удобрений N₈₀P₃₀₀K₃₀₀. За четвертый вегетационный период годовой прирост сухой древесной массы составил от 3,4 до 10,6 т/га, в то время, как в среднем за первые три года – от 10,7 до 16,2 т/га в год. Это указывает на целесообразность применения трехлетнего цикла заготовки биомассы на таких плантациях. Одноразовое внесение минеральных удобрений в дозе N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ существенно способствовало росту урожайности всех вариантов опыта в течение четырех лет наблюдений, обеспечило прибавку урожая биомассы от 27,8% при густоте 18 тыс. шт./га до 41,5 % при густоте 15 тыс. шт./га и положительно сказалось на росте однолетних побегов, выросших из срезанных трехлетних растений ивы. **Выводы.** На дерновых оподзоленных средне-суглинистых почвах Прикарпатья наивысшую урожайность четырехлетних плантаций ивы (55,9 т/га сухой биомассы) получено при высаживании 15 тыс. черенков на 1 га, а наименьшую – в варианте с густотой посадки 18 тыс. шт./га, что указывает на целесообразность высаживания в этих условиях 12–15 тыс. черенков на 1 га. Поскольку в течение четвертого года прирост побегов по высоте, диаметру и биомассе значительно снижается по сравнению с третьим, в исследуемых условиях целесообразно применять трехлетний цикл заготовки биомассы. Одноразовое внесение минеральных удобрений в дозе N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ обеспечило прибавку урожая четырехлетних плантаций ивы от 27,8 % до 41,5 % и положительно сказалось на росте следующего поколения плантаций.

Ключевые слова: ива энергетическая; агротехника; биометрические показатели; продуктивность биомассы.

UDC 630.620.952

Fuchylo, Ya. D.¹, Lys, N. M.², Tkachuk, N. L.², & Ivanyuk, R. S.² (2019). Growth and productivity of willow energy plantations in conditions of Prycarpattia. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 115–122. [in Ukrainian]

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net*

²*Prycarpattia State Agricultural Experimental Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region, NAAS of Ukraine, 21 Banderi St., Ivano-Frankivsk, 76015, Ukraine, e-mail: instapv@i.ua*

Purpose. To establish optimal density and mineral fertilizer application rates to ensure high productivity of willow plantations in the Carpathian region. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** It was established that the highest shoot height after the fourth year of vegetation was recorded in the variant with planting density of 18 thousand pcs./ha – 6.3–6.6 m. The annual increase in height here was 0.9–1.0 m, and the diameter of the central shoot is from 34 to 41 mm. The number of shoots per 1 plant was 2.1–2.9 pcs., And per 1 ha – 37.8–52.2 thousand pcs. The largest diameter of the central shoot is fixed in the variant with planting density of 12 thousand pieces/ha – from 39 to 43 mm. The number of shoots here was 4.2–4.8 pcs. per 1 plant and 50.4–57.6 thousand pcs. on 1 ha. The application of mineral fertilizers (N₈₀P₃₀₀K₃₀₀.) contributed to an increase in shoot thickness up to 7 mm. The height of the plants in this variant was 0.4 m higher compared to the variant without fertilizers. The highest yield of willow biomass after four years of vegetation (55.9 t/ha dry weight) was obtained with a density of 15 thousand/ha and fertilizer N₈₀P₃₀₀K₃₀₀. For the fourth growing season, the annual increase in dry wood mass ranged from 3.4 to 10.6 t/ha, while on average in the first three years it was from 10.7 to 16.2 t/ha per year. This indicates the advisability of using a three-year biomass harvesting cycle on such plantations. Single application of mineral fertilizers in a dose of N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ significantly contributed to the increase in the yield of all experimental options during four years of observation, provided an increase in the biomass yield of 27.8% with a density of 18 thousand units./ha up to 41.5% with a density of 15 thousand pcs/ha and had a positive effect on the growth of annual shoots grown from cut three-year-old willow plants. **Conclusions.** On soddy podzolized medium-loamy soils of the Carpathian region, the highest yield of four-year-old willow plantations (55.9 t/ha of dry biomass) was obtained by planting 15 thousand cuttings per 1 ha, and the smallest – in the variant with planting density of 18 thousand pcs./ha, which indicates the advisability of planting in these conditions 12–15 thousand cuttings per 1 ha. Since during the fourth year, the growth of shoots in height, diameter and biomass is significantly reduced compared to the third, in the conditions under study it is advisable to use a three-year biomass harvesting cycle. Single application of mineral fertilizers in a dose of N₄₀P₃₀₀K₃₀₀ + N₄₀ provided an increase in the yield of four-year willow plantations from 27.8% to 41.5% and had a positive effect on the growth of the next generation of plantations.

Keywords: energy willow; agricultural technology; biometric indicators; biomass productivity.

Надійшла / Received 13.11.2019

Погоджено до друку / Accepted 09.12.2019