

УДК 630.620.952

Ріст і продуктивність енергетичних плантацій тополі в умовах Прикарпаття

Я. Д. Фучило¹, Н. М. Лис², Н. Л. Ткачук², В. І. Соловка²

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

Мета. Встановити оптимальні показники густоти та ефективність внесення мінеральних добрив для забезпечення високої продуктивності енергетичних плантацій тополі 'Мах-4' на дернових опідзолених ґрунтах Прикарпаття. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Після четвертого року вегетації найбільшу висоту дерев у плантаціях тополі зафіксовано у варіанті з найменшою густотою садіння (5,6 тис. шт./га) – 8,9 та 9,3 м. Середній діаметр центрального пагона при цьому становив 109 мм на контролі та 112 мм – за внесення добрив з розрахунку $N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$. Встановлено, що приріст тополі четвертого року вегетації за висотою був дещо вищим за показники третього вегетаційного періоду, а за діаметром – нижчим. Особливо зменшили приріст за діаметром варіанти з найбільшою густотою (8,3 тис. шт./га) – до 9 і 12 мм у рік. Середній приріст цих насаджень за висотою за останні 2 роки був на рівні 2,1 м, а у рідкіших варіантах – суттєво зріс з 1,7–1,9 м до 2,2–2,5 м. Найвищу урожайність 4-річної біомаси отримано за густоти 6,7 тис. шт./га – 69,5 т/га сухої маси, що на 5,6 т/га більше ніж за густоти 8,3 тис. шт./га та на 2,9 т/га – порівняно з густотою 5,6 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив забезпечило збільшення урожаю на 12,9–16,2 т/га сухої маси. У середньому за 4 роки річний приріст сухої біомаси за варіантами досліду становив від 12,8 до 17,7 т/га, у той час, як за четвертий рік – від 11,2 до 15,6 т/га. Це вказує на доцільність проведення першої заготівлі енергетичної біомаси тополі після чотирьох років вирощування. За зрізання біомаси тополі після третього року вегетації уже за перший рік можна отримати значну кількість сухої біомаси (від 9,0 до 12,4 т/га). Внесення мінеральних добрив забезпечило збільшення виходу енергії за всіма досліджуваними варіантами густоти у межах від 227,0 до 285,1 ГДж/га. Висновки. На дернових опідзолених середньо-суглинкових ґрунтах Прикарпаття найбільші показники висоти чотирирічних дерев енергетичних плантацій тополі, їх діаметра та продуктивності біомаси виявилися за середньої густоти садіння (6,7 тис. шт./га) і внесення мінеральних добрив. Урожайність біомаси становила 69,5 т/га сухої маси, що на 8,8 % більше порівняно з густотою садіння 8,3 тис. шт./га та на 4,4 % більше порівняно з густотою 5,6 тис. шт./га. Оптимальний вік проведення першої заготівлі біомаси в досліджуваному діапазоні густоти – 4 роки, а наступних – через кожні 3 роки.

Ключові слова: тополя 'Мах-4'; агротехніка; біометричні показники; урожайність біомаси; вихід енергії з 1 га.

Вступ

Швидке зростання потреби в енергії на тлі виснаження запасів викопних видів палива зумовлює високу актуальність заміни їх поновлюваними джерелами енергії, зокрема – рослинною біомасою [1, 2]. Використанню біомаси у якості джерела для виробництва біопалива приділяють велику увагу в Німеччині, Польщі, Швеції, Данії [3]. Для отримання високих врожаїв фітомаси за короткий термін використовують швидкорослі, як правило, багаторічні рослини. Серед них виділяють такі основні енергетичні культури, як верба, тополя, міскантус, свічграс, сіда багаторічна та ін. [1, 3, 4]. Дані культури маловимогливі до ґрунтового-кліматичних умов, внаслідок багаторічного беззмінного вирощування покращують структуру ґрунтів, а опале листя та кореневі рештки, які залишаються в ґрунті, здатні підвищувати його родючість.

Фучило Я. Д., Лис Н. М., Ткачук Н. Л., Соловка В. І. Ріст і продуктивність енергетичних плантацій тополі в умовах Прикарпаття. *Новітні агротехнології*. 2019. №7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204825>.

<http://jna.bio.gov.ua/>

Тополя, як найбільш швидкоросла деревна рослина зони помірного клімату, здавна культивується з метою пришвидшеного отримання різних сортиментів деревини, озеленення та захисту ґрунтів від ерозії. На сьогодні її активно розглядають як культуру, що може бути використана для виробництва твердих видів палива із подальшим отриманням тепла та електроенергії (теплотворна здатність тополі – близько 18,5 ГДж/т сухої маси). Так у звіті 25-ої сесії Міжнародної тополевої комісії ФАО (м. Берлін, 13–16 вересня 2016 р.) [2] відзначено, що інтерес до тополі як швидкорослої деревної рослини є стабільно високим, зважаючи на її значний потенціал у лісовому господарстві, біоенергетиці та фітомеліорації. Вона більш бажана для виробництва біопалива, ніж багато інших деревних культур, з огляду на швидкий ріст, здатність продукувати значну кількість біомаси впродовж короткого періоду часу, високий вміст целюлози у деревині та низький – лігніну.

Використання тополі для отримання енергетичної сировини надзвичайно актуальне в умовах України, адже відомо, що в країнах ЄС досягнуто 10 %-го рівня забезпечення енергетичних потреб за рахунок відновлювальних джерел енергії, у той час, як в Україні цей показник становить 5,8 % і досягти теперішнього рівня країн ЄС планується до 2030 року. Позитивним моментом у вирощуванні тополі є те, що вона може рости в багатьох регіонах, має підвищену адаптивність до ґрунтів і стійкість до шкідників, легко розмножується вегетативно.

Кращі насадження тополі на родючих ґрунтах можуть продукувати до 20–25 т/га сухої біомаси у рік [5–7]. Однак, зважаючи на те, що їх створюють, як правило, на маргінальних, низькопродуктивних, малоприсаєднатих для вирощування сільськогосподарської продукції ґрунтах, для забезпечення належного рівня економічної ефективності вирощування їхньої енергетичної біомаси багато країн фінансують значні обсяги досліджень з метою розроблення заходів з підвищення продуктивності енергетичних плантацій у різних ґрунтово-кліматичних умовах за рахунок добору площ та відповідних культиварів тополі [1, 4, 6, 70], удосконалення елементів технології створення та вирощування енергетичних плантацій [1, 6, 7], дослідження якісних показників енергетичної біомаси [1].

Зважаючи на те, що зараз в Україні з'явилась низка підприємств, які роблять спроби вирощування енергетичної біомаси тополі, питання особливостей вирощування тополі у короткочасному режимі стають надзвичайно актуальними з огляду на важливість розвитку альтернативної енергетики у нашій державі.

Прикарпатський регіон, який характеризується достатнім забезпеченням вологою і наявністю площ, придатних для вирощування енергетичної деревної біомаси, є перспективним для формування сировинної бази біоенергетики, однак дослідження щодо створення і вирощування енергетичних плантацій тополі тут практично не проводилися.

Мета досліджень – встановлення оптимальних показників густоти та ефективність внесення мінеральних добрив для забезпечення високої продуктивності енергетичних плантацій тополі 'Мах-4' на дернових опідзолених середньосуглинкових ґрунтах Прикарпаття.

Матеріали та методика досліджень

Експериментальна енергетична плантація тополі була створена навесні 2016 року на земельних угіддях Прикарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України.

Ґрунт дослідного поля дерновий опідзолений грубопилувато-середньосуглинковий. Потужність гумусового горизонту – 40 см. Агрохімічна характеристика орного шару така: рН-сольове – 4,6, сума увібраних основ (Са+Mg) – 11,4 мг-екв./100 г (за Каппеном), вміст гумусу (за Тюрнімом) – 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 Рінксом) – 48,0 мг/кг ґрунту. Отже, особливістю ґрунту дослідного поля є недостатнє забезпечення рухомими формами фосфору та калію.

В якості тестової культури використано культивар тополі 'Мах-4' (*Populus nigra* × *Populus taxitowiczii*) чеської селекції.

Схема досліду передбачала вивчити особливості росту, розвитку енергетичної плантації тополі залежно від впливу двох факторів:

Фактор А – густина садіння: 8,3; 6,7; 5,6 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.

Дослід закладений в чотириразовій повторності. Площа дослідної ділянки – 150 м², облікової – 125 м². Загальна площа ділянок в досліді – 0,36 га.

Згідно схеми садіння однорічні живці культури були висаджені у 1 ряд з міжряддями шириною 3 м. В ряду рослини розташовувались через 40, 50 та 60 см, що відповідає густотам 8,3; 6,7; 5,6 тис. шт./га (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду

Варіанти досліду	Густина садіння (фактор А)	Мінеральне живлення (фактор В)
1	8,3 тис. шт./га	Без добрив
2	(міжряддя – 3,0 м, в ряду – 0,4 м)	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$
3	6,7 тис. шт./га	Без добрив
4	(міжряддя – 3,0 м, в ряду – 0,5 м)	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$
5	5,6 тис. шт./га	Без добрив
6	(міжряддя – 3,0 м, в ряду – 0,6 м)	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$

Обробіток ґрунту складався з таких технологічних операцій: луцення стерні, оранка та передсадивний обробіток. 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 боровами. 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 довжиною 25 см і діаметром 0,8–1,0 см. Перед садінням живці замочували у воді на 24 години. Через 12 днів після садіння проводилось розпушування ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях культури 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 тополі аміачною селітрою з розрахунку 40 кг азоту на 1 га.

Протягом чотирьох вегетаційних періодів у створених насадженнях, за традиційними у рослинництві методиками [8, 9], проводились дослідження особливостей їх росту і продуктивності. Отримані дані обробляли на ПК з використанням пакета Statistica.

Результати досліджень

Дослідження, проведені протягом четвертого року вегетації, показали, що у всіх варіантах досліду спостерігався інтенсивний ріст рослин за висотою і діаметром (табл. 2).

На початок вегетаційного періоду (на 10.05.2019 р.) середня висота пагонів тополі знаходилась у межах від 6,3 м до 6,8 м, діаметр центрального пагона при основі – від 73 до 82 мм, а середня кількість пагонів на одну рослину – від 1,5 до 2,5 шт. Після завершення вегетації висота рослин знаходилась у межах 8,6–9,3 м, діаметр центрального пагона – від 82 до 112 мм, а кількість пагонів не змінилася.

Найбільшу висоту пагонів за четвертий рік вегетації зафіксовано у варіанті з найменшою густиною садіння (5,6 тис. шт./га) – 8,9 та 9,3 м. Річний приріст тут склав 2,4–2,5 м. Середній діаметр центрального пагона за цього варіанту теж був найбільшим серед варіантів досліду – 109 мм на контролі та 112 мм – за внесення добрив, що пояснюється більшою площею живлення рослин у рідких варіантах досліду, а в межах однакової густоти – позитивним впливом добрив.

Таблиця 2

Динаміка біометричних показників рослин 4-річних плантацій тополі залежно від густоти насадження і фону живлення (2017–2019 рр.)

Варіант дослідження	Біометричні показники за роками						Приріст за рік				
	2017		2018		2019		2018		2019		
	висота рослини, м	кількість пагонів, шт.	діаметр на 0 см, мм	висота рослини, м	діаметр на 0 см, мм	висота рослини, м	діаметр на 0 см, мм	за висотою, м	за діаметром на 0 см, мм	за висотою, м	за діаметром на 0 см, мм
1	4,4	1,5	42	6,5	73	8,6	82	2,1	31	2,1	9
2	4,5	2,3	45	6,6	76	8,7	87	2,1	31	2,1	11
3	4,6	1,6	47	6,5	76	8,7	97	1,9	29	2,2	21
4	4,6	2,2	49	6,3	79	8,8	105	1,7	30	2,5	26
5	4,6	1,8	49	6,5	78	8,9	109	1,9	29	2,4	31
6	5,0	2,5	50	6,8	82	9,3	112	1,8	32	2,5	30
В середньому	4,6	2,0	47,0	6,5	77,3	8,8	98,7	1,9	30,3	2,3	21,3

Встановлено, що приріст тополі четвертого року вегетації за висотою був у цілому дещо вищим за показники третього вегетаційного періоду. Так, за третій рік висота рослин збільшилась у середньому на 1,9 м, а за четвертий – на 2,3 м. Приріст за діаметром стовбурів при цьому суттєво знизився порівняно з третім роком і становив у середньому по варіантах дослідження 30,3 мм за третій і 21,3 мм за четвертий рік.

Особливо зменшили приріст за діаметром варіанти з густотою 8,3 тис. шт./га – до 9 і 12 мм у рік. Середній приріст цих найбільш густих насаджень за висотою за останні 2 роки був на рівні 2,1 м, а у рідкіших варіантах – суттєво зростав з 1,7–1,9 м до 2,2–2,5 м, що позитивно вплинуло на урожайність їх біомаси (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність біомаси енергетичних плантацій тополі та вихід енергії з 1 га залежно від густоти насадження і фону живлення

Варіанти дослідження	Урожайність сухої біомаси, т/га		Приріст сухої біомаси у рік, т/га		Суша маса однорічної порослі після зрізання 3-річної плантації, т/га	Вихід енергії з 4-річної плантації
	2018 р.	2019 р.	у середньому за 4 роки	за 2019 р.		
1	39,8	51,0	12,8	11,2	9,0	897,6
2	52,6	63,9	16,0	11,3	10,1	1124,6
3	41,4	55,3	13,8	13,9	10,9	973,3
4	53,9	69,5	17,4	15,6	12,4	1223,2
5	37,0	50,4	12,6	13,4	10,2	887,0
6	51,5	66,6	16,7	15,1	11,2	1172,2
НІР _{0,05} , т/га	1,05	1,12	0,21	0,18	0,14	-

У 2019 році найвищу урожайність 4-річної біомаси тополі отримано на ділянках з густотою садіння 6,7 тис. шт./га – 69,5 т/га сухої маси, що на 5,6 т/га більше ніж у варіанті із густотою садіння 8,3 тис. шт./га та на 2,9 т/га – порівняно з густотою 5,6 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив забезпечило збільшення урожаю на 12,9–16,2 т/га сухої маси в усіх досліджуваних варіантах густоти.

Як видно з наведених у таблиці 3 даних, у середньому за 4 роки річний приріст сухої біомаси за варіантами дослідження становив від 12,8 до 17,7 т/га, у той час, як за четвертий, 2019 рік, – дещо менше – від 11,2 до 15,6 т/га. Тобто, цей показник почав зменшуватися. Як відомо, оптимальний вік заготівлі деревної сировини (кількісна стиглість) настає після досягнення насадженнями максимальних

показників середнього річного приросту [10], що вказує на доцільність у нашому випадку проведення першого збору біомаси після чотирьох років вирощування тополевих плантацій.

Проведені нами дослідження на частині дослідних ділянок, де надземна маса рослин була зрізана після третього року вегетації (табл. 3), показали, що у такому випадку уже за перший рік можна отримати значну кількість сухої біомаси (від 9,0 до 12,4 т/га). При цьому чітко простежується позитивний вплив на урожайність внесення добрив. Отримані дані вказують на доцільність в подальшому (після першого збору урожаю) використовувати трирічний цикл заготівлі біомаси.

Найбільший вихід енергії з 1 га плантації був у варіантах з найбільшою продуктивністю біомаси. Зокрема, у варіанті із густотою садіння 6,7 тис. шт./га та внесенням мінеральних добрив він становив 1223,2 ГДж/га, за удобрення і густоти 5,6 тис. шт./га – 1172,2 ГДж/га, а за внесення добрив і густоти 8,3 тис. шт./га – 1124,6 ГДж/га. Отже, внесення мінеральних добрив забезпечило збільшення виходу енергії за всіма досліджуваними варіантами густоти у межах від 227,0 до 285,1 ГДж/га.

Висновки

В умовах Прикарпаття на дернових опідзолених середньо-суглинкових ґрунтах найбільшу висоту рослин тополі за чотири роки вегетації зафіксовано у варіанті з середньою густотою садіння (5,6 тис. шт./га) – 8,9 м без внесення добрив та 9,3 м – за внесення $N_{40}P_{300}K_{300}$ та підживлення азотом (N_{40}) на початку другого вегетаційного періоду. Річний приріст склав відповідно 2,4 та 2,5 м, а діаметр центрального пагона в базальній частині – відповідно 109 і 112 мм.

Найвищу урожайність біомаси тополі отримано за варіанту із густотою садіння 6,7 тис. шт./га – 69,5 т/га сухої маси, що на 5,6 т/га більше порівняно з густотою садіння 8,3 тис. шт./га та на 2,9 т/га більше у порівнянні з густотою 5,6 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив забезпечує прибавку урожайності 12,9–16,2 т/га сухої маси та вихід енергії у межах від 227,0 до 285,1 МДж/га по всіх варіантах досліду і позитивно позначається на рості наступної генерації плантацій.

Оптимальний вік проведення першої заготівлі біомаси в досліджуваному діапазоні густоти енергетичних плантацій тополі – 4 роки, а наступних – 3.

Використана література

1. Mann J. Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada : A Thesis Presented to The University of Guelph. Guelph, Ontario, Canada, 2012. 106 p. URL: <https://atrium2.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%20202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Dieter M. Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies. 25th Session of the International Poplar Commission : Working Paper IPC/15 (Berlin, 13–16 Sept. 2016). Rome : FAO, 2016. 19 p. URL: http://ipc25berlin2016.com/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/IPC25_2016/Plenary_1/Dieter_Poplars_green_future_Dieter_FNR.pdf
3. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
4. Aylott M. J., Casella E, Tubby I. et al. Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-cutting cycle coppice in the UK. *New Phytol.* 2008. Vol. 178, Iss. 2. P. 358–370. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x
5. Stoffel R. Short rotation woody crops – Hybrid poplar. URL: https://www.forestry.umn.edu/sites/forestry.umn.edu/files/cfans_asset_356341.pdf
6. Broeckx L. S., Verlinden M. S., Ceulemans R. Establishment and two-year growth of a bio-energy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass Bioenergy.* 2012. Vol. 42. P. 151–163. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.03.005
7. Фучило Я. Д., Літвін В. М., Сбитна М. В. Біологічні, екологічні та технологічні аспекти плантаційного вирощування тополі в умовах Київського Полісся. Київ : Логос, 2012. 214 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М. та ін. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь. Київ : Компрінт, 2018. 137 с.

References

1. Mann, J. (2012). *Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada : A Thesis Presented to The University of Guelph*. Guelph, Ontario, Canada. Retrieved from <https://atrium2.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Dieter, M. (2016). *Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies. In 25th Session of the International Poplar Commission : Working Paper IPC/15, Sept. 13–16, 2016, Berlin*. Berlin : FAO. Retrieved from http://ipc25berlin2016.com/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/IPC25_2016/Plenary_1/Dieter_Poplars_green_future_Dieter_FNR.pdf
3. El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London; Washington, DC: Earthscan.
4. 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 Phytol.*, 178(2), 358–370. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x
5. Stoffel, R. (n.d.). *Short rotation woody crops – Hybrid poplar*. Retrieved from https://www.forestry.umn.edu/sites/forestry.umn.edu/files/cfans_asset_356341.pdf
6. Broeckx, L. S., Verlinden, M. S., & Ceulemans, R. (2012). Establishment and two-year growth of a bio-energy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass Bioenerg.*, 42, 151–163. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.03.005
7. Fuchylo, Ya. D., Litvin, V. M., & Sbytina, M. V. (2012). *Plantatciine vyroshchuvannia topoli v umovakh Kyivskoho Polissia* [Plantation poplar cultivation in the Kyiv Polissia conditions]. Kyiv: Logos. [in Ukrainian]
8. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5th ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
9. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M., Hanzenko, O. M., Humentyk, M. Ya., 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: Komprynt. [in Ukrainian]

УДК 630.620.952

Фучило Я. Д.¹, Лис Н. М.², Ткачук Н. Л.², Соловка В. И.² Рост и продуктивность энергетических плантаций тополя в условиях Прикарпатья // *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204825>.

¹Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, 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, 21а, г. Ивано-Франковск, 76015, Украина

Цель. Определить оптимальные показатели густоты и эффективность внесения минеральных удобрений для обеспечения высокой производительности энергетических плантаций тополя 'Мах-4' на дерновых оподзоленных почвах Прикарпатья. **Методы.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** После четвертого года вегетации наибольшую высоту деревьев в плантациях тополя зафиксировано в варианте с наименьшей плотностью посадки (5,6 тыс. шт./га) – 8,9 и 9,3 м. Средний диаметр центрального побега при этом составлял 109 мм на контроле и 112 мм – при внесении удобрений из расчета $N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$. Установлено, что прирост тополя четвертого года вегетации по высоте был несколько выше показателей третьего вегетационного периода, а по диаметру – ниже. Особенно уменьшили прирост по диаметру варианты с наибольшей плотностью посадки (8,3 тыс. шт./га) – до 9 и 12 мм в год. Средний прирост этих насаждений по высоте за последние 2 года был на уровне 2,1 м, а в более редких вариантах он существенно вырос – от 1,7–1,9 м до 2,2–2,5 м. Самая высокая урожайность 4-летней биомассы получено при густоте 6,7 тыс. шт./га – 69,5 т/га сухой массы, что на 5,6 т/га больше, чем при густоте 8,3 тыс. шт./га и на 2,9 т/га – по сравнению с густотой 5,6 тыс. шт./га. Внесение минеральных удобрений обеспечило увеличение урожая на 12,9–16,2 т/га сухой массы. В среднем за 4 года годовой прирост сухой биомассы по вариантам опыта составил от 12,8 до 17,7 т/га, в то время как за четвертый год – от 11,2 до 15,6 т/га. Это указывает на целесообразность проведения первой заготовки энергетической биомассы тополя после четырех лет выращивания. При срезании биомассы тополя после третьего года вегетации уже за первый год можно получить значительное количество сухой биомассы (от 9,0 до 12,4 т/га). Внесение минеральных удобрений обеспечило увеличение выхода энергии по всем исследуемым вариантам густоты в пределах от 227,0 до 285,1 ГДж/га. **Выводы.** На дерновых оподзоленных среднесуглинистых почвах Прикарпатья наибольшие показатели продуктивности биомассы четырехлетних энергетических плантаций тополя оказались при средней густоте посадки (6,7 тыс. шт./га) и внесении минеральных удобрений. Урожайность сухой биомассы

составляла 69,5 т/га, что на 8,8% больше по сравнению с густотой посадки 8,3 тыс. шт./га и на 4,4% – по сравнению с густотой 5,6 тыс. шт./га. Оптимальный возраст проведения первой заготовки биомассы в исследуемом диапазоне густоты плантаций – 4 года, а следующих – через каждые 3 года.

Ключевые слова: тополь 'Max-4'; агротехника; биометрические показатели; урожайность биомассы; выход энергии с 1 га.

UDC 630.620.952

Fuchylo, Ya. D.¹, Lys, N. M.², Tkachuk, N. L.², & Solovka, V. I.² (2019). Growth and productivity of energy poplar plantations in Prykarpattia. *Novitni Agrotehnologii* [Advanced Agritechnologies], 7. Retrieved from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204825>. [in Ukrainian]

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

²*Prykarpattia State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region, NAAS of Ukraine, 21a S. Bandery St., Ivano-Frankivsk, 76015, Ukraine*

Purpose. To determine the optimum density and efficiency of fertilizer application to ensure the high productivity of the energy plantations of the 'Max-4' poplar on the sod podzolic soils of the Prykarpattia region. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** After the fourth year of vegetation, the highest height of trees in the poplar plantations was recorded in the version with the lowest planting density (5.6 thousand plants/ha), 8.9 and 9.3 m, respectively. The average diameter of the central shoot was 109 mm at the control and 112 mm with fertilization at the rate of $N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$. It was found that the growth of the poplar of the fourth year of vegetation in height was slightly higher than the indicators of the third vegetation period, and lower in diameter. The diameter with the highest density (8.3 thousand plants/ha) was reduced to 9 and 12 mm per year. The average growth of these plantations in height over the last 2 years was at the level of 2.1 m, and in individual variants, it significantly increased from 1.7–1.9 m to 2.2–2.5 m. The highest yield of 4-year biomass was obtained at a density of 6.7 thousand plants/ha_ 69.5 t/ha of dry weight, which is 5.6 t/ha more than at a density of 8.3 thousand plants/ha and 2.9 t/ha compared to a density of 5.6 thousand plants/ha. The introduction of mineral fertilizers provided an increase in the yield by 12.9–16.2 t/ha of dry weight. According to the variants of the experiment, the average annual growth of dry biomass in the 4 years was from 12.8 to 17.7 t/ha, while in the fourth year it was from 11.2 to 15.6 t/ha. This indicates the feasibility of conducting the first harvest of poplar energy biomass after four years of cultivation. With the harvesting of poplar biomass after the third year of vegetation, a considerable amount of dry biomass (from 9.0 to 12.4 t/ha) can be obtained already in the first year. The introduction of mineral fertilizers ensured an increase in energy yield for all the studied density variants ranging from 227.0 to 285.1 GJ/ha. **Conclusions.** On turf podzolized medium-loamy soils of the Prykarpattia region, the highest indicators of the biomass productivity were found at the average planting density (6.7 thousand plants/ha) and fertilizer application. The biomass yield was 69.5 t/ha of dry weight, which is 8.8 % more than at the planting density of 8.3 thousand plants/ha and 4.4 % more than at the density of 5.6 thousand plants/ha. The optimum age of the first biomass harvesting in the studied density range is 4 years, and the next harvesting should be carried out every 3 years.

Keywords: 'Max-4' poplar; agrotechnics; biometric indicators; biomass yield; energy yield from 1 ha.

Надійшла / Received 06.10.2019

Погоджено до друку / Accepted 15.11.2019