

3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІЮРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412309>
Article received 2023.08.12
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Yaroslav Fuchylo
fuchylo_yar@ukr.net

v. Hamarnya, Malyn district, Zhytomyr region, 11643, Ukraine

УДК 630*2:630*18

Продуктивність енергетичних плантацій тополі на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України

Я.Д. Фучило¹, Я.О. Кирилко²

Наведено результати чотирирічних досліджень росту тополі сорту 'Robusta' в енергетичних плантаціях на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України, створених однорічними здерев'янілими живцями завдовжки 25 см і діаметром 0,8-1,0 см. Схеми садіння – 2,0 × 0,8 м та 2,0 × 0,9 м. Після першого року дерева на обох ділянках мали середню висоту 1,6 м. Впродовж другого року їхній приріст за висотою становив у рідшого варіанту 2,0±0,05 м, у густішого – 2,1±0,05 м. Впродовж третього вегетаційного періоду приріст за висотою становив відповідно 3,1 та 3,0 м, а середня висота рослин склала 6,8 та 6,6 м відповідно. За четвертий період вегетації приріст за висотою значно сповільнився (відповідно до 1,2 та 1,1 м) і середня висота чотирирічних насаджень становила 8,0±0,16 м у густішому варіанті та 7,7±0,22 м – у рідшому.

Наприкінці першого року вирощування діаметр на висоті 1,3 м був більшим у густішому варіанті (0,5 проти 0,3 см), але вже на наступний рік дерева за рідшого розміщення стали на 2 мм товщими. Подібна тенденція збереглася і на третій рік, коли середній діаметр дерев густішого варіанту становив 5,8 см, а рідшого – 6,2 см. На четвертий рік вирощування приріст за діаметром в обох насадженнях значно знизився (відповідно до 1,4 і 1,8 см) і їхній середній діаметр досяг 7,2±0,22 і 8,0±0,31 см відповідно.

Після трьох років вирощування плантації тополі, створеної живцями, на 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси або 207,5-259,5 ГДж енергії. Після чотирьох років продуктивність таких плантацій різко зростає (від 25,78 до 29,94 т/га або від 458,8 до 532,8 ГДж/га). Суттєве збільшення продуктивності біомаси енергетичних плантацій тополі сорту 'Robusta' впродовж четвертого року вирощування вказує на доцільність застосування 5-7-річного терміну вирощування таких насаджень для отримання максимальної кількості біомаси.

Ключові слова: *Populus L.*; біоенергетика; сорт 'Robusta'; живці; живцеві саджанці; середня висота; середній діаметр; урожайність енергетичної біомаси.

¹ Фучило Ярослав Дмитрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу. Малинський фаховий коледж, с. Гамарня Коростенського району Житомирської обл., 11645, Україна. Тел.: +38-067-605-91-41. E-mail: fuchylo_yar@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

² Кирилко Ярослав Олегович – аспірант Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна. Тел.: +38-097-826-49-45. E-mail: yaroslavkirillko@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-6167-3788>

Вступ (Introduction). Виснаження покладів викопних енергоносіїв на фоні інтенсивного зростання світових потреб в енергії створюють передумови до необхідності пошуку альтернативних відновлюваних енергетичних джерел. Серед останніх одним із найперспективніших розглядається біомаса деревних рослин (El Bassam, 2010; Mann, 2012; Aylott et al., 2016; Dieter, 2016; Debrynyuk, 2017). З кожним роком використання деревини як джерела енергії інтенсивно зростає і, за прогнозами, зросте на 500 млн м³ до 2030 року (Dieter, 2016). Тополя, як найбільш швидкозростаюча деревна рослина помірного клімату, кращі насадження якої можуть продукувати до 20-25 т/га сухої біомаси у рік (Stoffel, 2008; Фучило та ін., 2009; Фучило, Літвін, Сбитна, 2012; Broeckx., Verlinden, & Ceulemans, 2012; Dieter, 2016), має значний потенціал не лише у лісовому господарстві, озелененні та фітомеліорації, але й у біоенергетиці для виробництва твердих видів палива (Mann, 2012; Василенко, Філіпова, Фучило, 2013). Широке використання тополі для отримання енергетичної біомаси перспективне також з огляду на те, що її вирощування в Європі має тривалу історію – воно розпочалося ще на початку 1600-х років (Stoffel, 2008).

Тополю вирощують у подібних ґрунтових умовах і за подібними технологіями, як і більш поширену в енергетичних плантаціях іншу породу – вербу (Mann, 2012; Volk et al., 2018), хоча існують певні відмінності у технологічних схемах вирощування їхньої біомаси. Основна відмінність полягає у тому, що тополі досягають максимального середньорічного приросту біомаси у віці 4-10 років, а верба – у віці 3-5 років (Keoleian, & Volk, 2005; Volk et al., 2018). У зв'язку з цим, в Італії відзначено тенденцію до поступового переходу від однорічної ротації енергетичних плантацій тополі (що більш характерно для вербових плантацій) до дворічного і триваліших циклів заготівлі біомаси. Зокрема ефективними вважаються середньо-ротаційні плантації тополі з періодичністю заготівлі біомаси в 5-6 років і густотою 1300-1700 рослин на 1 га (Spinelli, 2007). Використання середньо-ротаційної системи вирощування дає можливість отримати переваги стосовно можливості підвищення ефективності заготівлі та вищої концентрації біомаси, що дає змогу скоротити витрати на переміщення машин (Spinelli, Natti, Magagnotti, 2008, 2009). Також така система дає можливість створювати плантації тополі на помірно похилій місцевості, на якій важко або неможливо застосовувати традиційну сільськогосподарську техніку, але є можливість використовувати високомобільні лісозаготівельні машини під час збирання врожаю (Spinelli et al., 2008).

Мета досліджень полягала у встановленні особливостей росту середньо-ротаційної енергетичної плантації тополі сорту 'Robusta' в умовах Правобережного Лісостепу України на вилугуваних чорноземах впродовж перших чотирьох років.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). Об'єкт дослідження – технологічні

особливості вирощування тополі сорту 'Robusta' в 4-річних енергетичних плантаціях. *Предмет досліджень* – особливості росту і продуктивності енергетичних плантацій тополі сорту 'Robusta' на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження особливостей вирощування енергетичних плантацій тополі були здійснені у 2019-2022 рр. у ДП ДГ «Саливківське» (с. Ксаверівка Друга Білоцерківського району Київської області). Для досліджень використано сорт 'Robusta'. Це високопродуктивний євроамериканський чоловічий гібрид осокора (*P. nigra* L. var. *plantierensis*) та дельтоподібної тополі (*P. deltoides* Marsch. ssp. *angulata* Henry), отриманий в 1865 р. у Франції в процесі природного запилення (Фучило та ін., 2012).

Ґрунт дослідної ділянки – вилугуваний чорнозем, що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,90%, азоту лужногідролізованого (за Корнфільдом) – 176 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору та калію (за Чиріковим) – 108 і 67 мг/кг ґрунту відповідно, рН сольове – 6,2, сума ввібраних основ – 15,64 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 93,2%.

Дослідне насадження було створене навесні 2019 р. садінням однорічних здерев'янілих неукорінених живців завдовжки 25 см і діаметром 0,8-1,0 см. Обробіток ґрунту – суцільний на глибину 25-30 см. Перед закладанням дослідів виконано передсадивну культивування на глибину 5-7 см. Удобрення ґрунту та полив насаджень не проводили. Запроектована схема розміщення садивних місць за двома варіантами: 2,0×0,8 м (густіший варіант) та 2,0×0,9 м (рідший варіант).

Через два тижні після садіння було виконано перше розпушування ґрунту зі знищенням бур'янів за допомогою культиватора. Виконання у першій половині вегетаційного періоду ще двох прополовань посприяло майже повному знищенню бур'янів. Для видалення бур'янів у рядках було застосовано ручне прополовання, що забезпечило високу укоріненість живців та інтенсивний ріст надземної частини саджанців.

Після завершення кожного вегетаційного періоду, за загальноприйнятими у рослинництві методиками досліджували збереженість рослин та їхні морфометричні показники (Фучило та ін., 2012; Фучило та ін., 2018).

Результати (Results). Після завершення першого вегетаційного періоду у густішому варіанті загинуло 27% живців, у рідшому – 24% (табл. 1).

Після другого року вирощування у густішому варіанті залишилося 4094 деревця (64,4% від їх початкової густоти), а на рідшому – 3004 шт. або 53,2%. Впродовж третього року вирощування збереженість рослин тополі зменшилася не суттєво (в обох варіантах – на 0,6%), а протягом четвертого – загинуло дерев не спостерігалось. Варто відзначити, що внаслідок інтенсивного росту дерев

тополі і повного затінення їхніми кронами поверхні ґрунту, на третій рік вирощування в досліджуваних насадженнях бур'яни майже повністю зникли.

Після першого року вирощування висота рослин тополі в обох варіантах була однаковою (табл. 2). Впродовж другого вегетаційного періоду приріст деревних рослин за висотою в обох варіантах відрізнявся слабо (2,1 та 2,0 м). Протягом третього вегетаційного періоду річний приріст за висотою суттєво збільшився, але також був подібним в обох

варіантах (3,1 та 3,0 м). Середня висота трирічних дерев в обох варіантах також відрізнялася слабо (6,8 та 6,6 м).

На четвертий рік приріст дерев за висотою значно сповільнився (відповідно до 1,2 та 1,1 м), проте середня висота чотирирічних насаджень в обох варіантах відрізнялася незначно (8,0 та 7,7 м).

Завдяки більшій площі живлення дерев у рідшому варіанті, їхній середній діаметр виявився дещо більшим, порівняно з густішим (табл. 3).

Таблиця 1. Приживлюваність живців і збережуваність рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 1. Survival of cuttings and persistence of plants in four-year-old poplar plantations of the 'Robusta' variety on leached chernozems (black soils)

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Кількість рослин за роками, шт./га Приживлюваність (збережуваність), %			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{4631}{73,0}$	$\frac{4094}{64,6}$	$\frac{4060}{64,0}$	$\frac{4060}{64,0}$
2	5650	$\frac{4305}{76,2}$	$\frac{3004}{53,2}$	$\frac{2915}{51,6}$	$\frac{2915}{51,6}$

Таблиця 2. Динаміка середньої висоти рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 2. Dynamics of average plant height of four-year-old poplar plantations of the 'Robusta' variety on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Середня висота рослин за роками, м Річний приріст за висотою, м			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{1,6 \pm 0,03}{1,6}$	$\frac{3,7 \pm 0,06}{2,1}$	$\frac{6,8 \pm 0,09}{3,1}$	$\frac{8,0 \pm 0,16}{1,2}$
2	5650	$\frac{1,6 \pm 0,05}{1,6}$	$\frac{3,6 \pm 0,07}{2,0}$	$\frac{6,6 \pm 0,12}{3,0}$	$\frac{7,7 \pm 0,22}{1,1}$

Таблиця 3. Динаміка середнього діаметра рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 3. Dynamics of the average diameter of plants in four-year-old plantations of poplar variety 'Robusta' on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Середній діаметр (на вис. 1,3 м) рослин за роками, см Річний приріст за діаметром, см			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{0,5 \pm 0,02}{0,5}$	$\frac{2,9 \pm 0,08}{2,4}$	$\frac{5,8 \pm 0,14}{2,9}$	$\frac{7,2 \pm 0,22}{1,4}$
2	5650	$\frac{0,3 \pm 0,03}{0,3}$	$\frac{3,3 \pm 0,07}{3,0}$	$\frac{6,2 \pm 0,19}{2,9}$	$\frac{8,0 \pm 0,31}{1,8}$

Так, після першого року вегетації середній діаметр на висоті 1,3 м був на 0,2 см більшим у густішому варіанті, однак вже протягом наступного року

діаметр деревця у рідшому варіанті збільшився на 3,0 см, досягнувши значення 3,3 см, виявившись на 0,4 см більшим, ніж у дерев густішого насажден-

ня. Протягом третього вегетаційного періоду середній приріст за діаметром у дерев обох насаджень був однаковим (по 2,9 см), а середній діаметр становив 5,8 та 6,2 см відповідно. На четвертий рік вирощування приріст за діаметром у обох насаджень значно знизився (до 1,4 і 1,8 см), а їхній середній діаметр досягнув 7,2 і 8,0 см відповідно.

Внаслідок вищих показників діаметра дерев рідшого варіанта садіння, у них виявилася дещо біль-

шою маса середнього дерева, однак внаслідок меншої кількості особин їхня загальна продуктивність була меншою (табл. 4).

Також меншими у рідшому варіанті садіння виявилися показники виходу енергії з 1 га плантації. Після трьох років вирощування плантації тополі, створеної живцями, з 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси, або 207,5-259,5 ГДж енергії.

Таблиця 4. Продуктивність та енергоємність плантації тополі сорту ‘Robusta’ на вилугуваних чорноземах

Table 4. Productivity and energy capacity of a ‘Robusta’ poplar plantation on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Кількість дерев, шт./га	Сира маса одного дерева, кг	Вихід сирової біомаси, т/га	Вихід сухої біомаси, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
У трирічному віці						
1	6342	4060	7,18	29,15	14,58	259,5
2	5650	2915	8,00	23,32	11,66	207,5
У чотирирічному віці						
1	6342	4060	14,75	59,89	29,94	532,8
2	5650	2915	17,69	51,57	25,78	458,8

Наприкінці четвертого року вирощування продуктивність досліджуваних тополевих плантацій була доволі високою (26-30 т/га сухої біомаси або 459-533 ГДж/га). Різке збільшення продукції біомаси саме протягом четвертого року вказує на доцільність вирощування таких насаджень триваліший період часу, що дасть змогу отримати максимальну кількість біомаси.

Інтенсифікація процесу вирощування енергетичної біомаси тополі передбачає використання ефективних технологій та вивчення особливостей росту і продуктивності високопродуктивних сортів, удосконалення технологічних схем їхнього вирощування в різних кліматичних зонах України.

Дискусія (Discussion). Закладені дослідні ділянки дали змогу вивчити деякі особливості росту і продуктивності середньо-ротаційних енергетичних плантацій тополі сорту ‘Robusta’, створених однорічними живцями, в умовах Центрального Лісостепу України на вилугуваних чорноземах впродовж перших чотирьох років культивування. Такий тип плантацій є доволі популярним в Італії (Spinelli, 2007). Вважають, що використання такої системи дає змогу суттєво скоротити витрати на весь комплекс робіт (Spinelli et al., 2008; Spinelli et al., 2009), а також поширити систему плантаційного вирощування на відносно незручні, для прискореного вирощування деревини, території (Spinelli et al., 2007). Аналіз літературних даних і результати власних досліджень підтверджують, що на різних ґрунтах, зокрема і на чорноземах, укоріненість живців тополі та ріст її насаджень суттєво залежать від сортових особливостей. Тому ефективність вирощування насаджень

тополі різного призначення значною мірою залежить від вибору певного сорту (Zalesny et al., 2006; Spinelli et al., 2009; Broeckx et al., 2012). Низкою досліджень встановлено, що клон ‘Robusta’ є одним із найперспективніших як для вирощування великомірної деревини, так і для отримання енергетичної біомаси в умовах Київського регіону (Фучило та ін., 2009; Фучило та ін., 2012).

Позитивні результати укорінення живців завдовжки 20-25 см в регіоні досліджень вказують на значну подібність загальних елементів технології вирощування тополі, які застосовують у різних регіонах північної півкулі. Зокрема, отримані результати корелюють з дослідженнями низки авторів (Zalesny et al., 2006; Zalesny, & Wiese, 2006; Broeckx et al., 2012), які акцентують увагу на доцільності використання живців тополі завдовжки 20 см.

Результати досліджень щодо термінів садіння вказують на можливість отримання позитивних результатів укорінення живців тополі та росту однорічних живцевих саджанців як за весняного, так і за осіннього садіння (Фучило та ін., 2009; Фучило та ін., 2012), що підтверджуються також дослідженнями в інших регіонах (Mann, 2012; Volk et al., 2018).

Представлені у цій статті результати досліджень щодо інтенсивного нагромадження біомаси насадженнями тополі сорту ‘Robusta’ на четвертий рік корелюють з даними інших дослідників, які вважають, що плантації тополі максимального середньорічного приросту біомаси досягають у віці 4-10 років (Keoleian, & Volk, 2005; Volk et al., 2018). Для кожного регіону цей вік потрібно уточнювати, що

підтверджує актуальність вивчення цього питання, зокрема – на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу.

Висновки (Conclusions). Підвищення інтенсивності вирощування енергетичної біомаси тополі передбачає використання ефективних технологій та результатів досліджень особливостей росту і продуктивності її швидкокорослих сортів, удосконалення технологічних схем їх вирощування у різних кліматичних зонах України.

Дослідження чотирирічної енергетичної плантації тополі сорту 'Robusta', створеної однорічними здерев'янілими живцями на вилугуваних ґрунтах Правобережного Лісостепу за розміщення садивних місць $2,0 \times 0,8$ м показало, що на трирічній плантації з 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси або 207,5-259,5 ГДж енергії. Після чотирьох років культивування продуктивність таких плантацій різко зростає (до 25,78-29,94 т/га або 458,8-532,8 ГДж/га).

Вивчення особливостей росту насаджень тополі сорту 'Robusta' доцільно продовжити для встановлення оптимального періоду ротації таких плантацій, який за попередніми підрахунками може становити 5-7 років.

Список літератури (References)

- Василенко, І.Д., Філіпова, Л.М., Фучило, Я.Д. (2013). Боротьба з омелою на деревах тополі у зеленій зоні Білої Церкви. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.12, 31-38 [Vasylenko, I.D., Filipova, L.M., & Fuchylo, Y.D. (2013). Fighting mistletoe on poplar trees in the green zone of Bila Tserkva. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23.12, 31-38. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_12/index.htm]
- Фучило, Я.Д., Літвін, В.М., Сбитна, М.В. (2012). Біологічні, екологічні та технологічні аспекти плантаційного вирощування тополі в умовах Київського Полісся. Київ: Логос [Fuchylo Ya.D., Litvin, V.M. & Sbytina, M.V. (2012). *Biological, ecological and technological aspects of poplar plantation cultivation in the conditions of the Kyiv Polissya*. Kyiv: Logos] (in Ukrainian)
- Фучило, Я.Д., Сбитна, М.В., Фучило, О.Я., Літвін, В.М. (2009). Досвід та перспективи вирощування тополі (*Populus* sp. L.) у Південному Степу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 7, 66-69 [Fuchylo Ya.D., Sbytina, M.V., Fuchylo, O.Ya. & Litvin, V.M. (2009). Experience and prospects of growing poplar (*Populus* sp. L.) in the Southern Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 66-69. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/493>] (in Ukrainian)
- Фучило, Я.Д., Сінченко, В.М., Ганженко, О.М., Гументик, М.Я., Пиркін, В.І., Присяжнюк, О.І., ... Ткаченко, А.М. (2018). *Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь*. Київ: Компрінт [Fuchylo, Y.D., Sinchenko, V.M., Hanzhenko, O.M., Humentyk, M.Y., Pyrkin, V.I., Prysiazhniuk, O.I., ... Tkachenko, A.M. (2018). *The methodology of the study of willow and poplar energy plantations*. Kyiv: Komprint] (in Ukrainian)
- 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(2), 358-370. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x>
- Broeckx, L.S., Verlinden, M.S., & Ceulemans, R. (2012). Establishment and two-year growth of a bioenergy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass and Bioenergy*, 42, 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.005>
- Debrynyuk, Yu.M. (2017). Plantation Forestry and energy plantations in Ukraine: resource potential and development prospects. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 45-51. <https://doi.org/10.15421/40270806>
- Dieter, M. (2016). *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
- El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London; Washington, DC: Earthscan
- Keoleian, G.A., & Volk, T.A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, 385-406.
- 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. URL: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%20.pdf?sequence=1>
- Spinelli, R. (2007). Short rotation coppice production in Italy. *Bornimer Agrartechnische Berichte*, 61, 158-167.
- Spinelli, R., Natti, C., & Magagnotti, N. (2008). Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29.2, 129-139. Retrieved from <https://crojfe.com/site/assets/files/3872/03-spinelli.pdf>
- Spinelli, R., Natti, C., & Magagnotti, N. (2009). Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. *Biomass and Bioenergy*, 33.5, 817-821. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.01.001>
- Stoffel, R. (2008). *Short rotation woody crops – Hybrid poplar*. URL: https://www.forestry.umn.edu/sites/forestry.umn.edu/files/cfans_asset_356341.pdf
- Volk, T.A., Berguson, B., Daly, C., Halbleib, M.D., Miller, L., Rials, T.G., ... Wright, J. (2018). Poplar

and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM-ELM model. *Global Change Biology Bioenergy*, 10(10), 735-751. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12498>

Zalesny, R., Hall, R., Bauer, E. & Riemenschneider D. (2006). Shoot Position Affects Root Initiation and Growth of Dormant Unrooted Cuttings of *Populus*. *Silvae Genetica*, 52(5), 273-279. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Shoot-position-affects-root-initiation-and-growth-Zalesny-Hall/218dd9a8d8f70e386a62769ddd3e60d34591f3f2>

Zalesny, S., & Wiese, A. (2006). Date of Shoot Collection, Genotype, and Original Shoot Position Affect Early Rooting of Dormant Hardwood Cuttings of *Populus*. *Silvae Genetica*, 55(4-5), 169-182. <https://doi.org/10.1515/sg-2006-0024>

Productivity of poplar energy plantations on low-humus chernozems (black soils) of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Ya. Fuchylo¹, Ya. Kirillko²

Depletion of fossil energy deposits against the background of intense growth of the world's energy needs creates prerequisites for searching alternative renewable energy sources, among which the biomass of woody plants is considered one of the most promising.

The purpose of the studies was to determine the growth characteristics of a medium-rotation energy plantation of poplar variety 'Robusta' in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on leached chernozems during the first four years. The plantation was established with one-year-old lignified cuttings 25 cm long and 0.8-1.0 cm in diameter in two density

variants. Planting spacing – 2.0 × 0.8 m and 2.0 × 0.9 m. After the first year, trees at both sites averaged 1.6 m in height.

During the second year, their height increment was 2.0 ± 0.05 m for the plantation variant of wider spacing and 2.1 ± 0.05 m for the denser one. During the third growing season, the height increment was 3.1 and 3.0 m, respectively, and the average height of the plants was 6.8 and 6.6 m, respectively. During the fourth growing season, the height increment slowed down significantly (to 1.2 and 1.1 m, respectively) and the average height of four-year-old plantations was 8.0 ± 0.16 m in the variant of denser spacing and 7.7 ± 0.22 m in the variant of wider spacing.

At the end of the first year of cultivation, the diameter of the stems at a height of 1.3 m (diameter at breast height) was greater in the denser spacing (0.5 versus 0.3 cm), but already during the next year, the trees became 2 mm thicker in the variant of less dense spacing. A similar trend persisted in the third year, when the average diameter of trees of the denser variant was 5.8 cm, and that of the variant of wider spacing – 6.2 cm. In the fourth year of cultivation, the diameter increment in both plantations decreased significantly (to 1.4 and 1.8 cm, respectively) and their average diameter reached 7.2 ± 0.22 and 8.0 ± 0.31 cm, respectively.

After three years of cultivating a poplar plantation created by cuttings, 11.66-14.58 tons of dry biomass, or 207.5-259.5 GJ of energy can be obtained per hectare. After four years, the productivity of such plantations increases sharply (from 25.78 to 29.94 t/ha, or from 458.8 to 532.8 GJ/ha). A significant increase in the biomass yield of energy plantations of poplar variety 'Robusta' during the fourth year of cultivation indicates the advisability of using a 5-7-year period of cultivation of such plantations to obtain the maximum amount of biomass.

The positive results of rooting cuttings 20-25 cm long in the study region indicate the similarity of the general elements of poplar cultivation technology, which are used in different regions of the northern hemisphere. The results obtained correlate with the studies of other authors, who focus on the advisability of using poplar cuttings 20 cm long.

The results of studies on planting time indicate the possibility of obtaining positive results from the rooting of poplar cuttings and a good growth of one-year-old rooted cuttings both during spring and autumn planting.

Key words: *Populus* L.; bioenergetics; variety 'Robusta'; cuttings; rooted cuttings; average height; average diameter; yield of energetic biomass.

¹ Yaroslav Fuchylo – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Forest Protection of Malyn Forestry College. Chief Scientist at the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Clinical st., Kyiv, 03141, Ukraine. Tel.: +38-067-605-91-41. E-mail: fuchylo_yar@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2669-51762>

² Yaroslav Kirillko – a post-graduate student the Institute of Bioenergy Cultures and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine, 25 Clinical st., Kyiv, 03141, Ukraine. Tel.: +38-097-826-49-45. E-mail: yaroslavkirillko@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-6167-3788>