

Оцінка клонів тополь і верб на короткоротаційній ділянці в Харківській області: результати другого року вирощування

Н. К. Куцоконь^{1*}, Л. В. Худолєєва¹, С. А. Лось², Л. О. Торосова², Н. Ю. Висоцька²

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, пр-т Академіка Заболотного, 148, м. Київ, 03143, Україна, *e-mail: kutsokon@nas.gov.ua

²Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького ДАЛРУ та НАН України, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна

Мета. Встановити особливості росту й розвитку клонів тополь та верб на 2-й рік вегетації на випробній короткоротаційній плантації в Харківській області та виявити найперспективніші клони для створення біоенергетичних плантацій. **Методи.** На ділянці досліджували ростові характеристики 2-річних тополь – 10 клонів та верб – 3 клони. Обміри проводили на плантації, яку було закладено у 2014 році стебловими живцями довжиною 20–25 см і товщиною 0,8–1,2 см за загальноприйнятною методикою. Під час обліку, який проводили в жовтні, оцінювали біометричні характеристики – товщину і висоту пагонів та визначали кількість рослин з 1, 2 і ≥ 3 пагонами на одну рослину. **Результати.** На 2-й рік вегетації клони значно відрізнялись за ростовими параметрами. Високі показники ростової активності було виявлено у тополь 'Гулівер', 'Стрілоподібна', 'Роганська', 'Слава України' та верби 'Прибережна'. Так, тополі 'Роганська' та 'Слава України' після двох років вирощування за приростом пагона у висоту перевищували середні рівні на 30% та 42%, відповідно. Клони тополь 'Гулівер' і 'Стрілоподібна' та клон верби 'Прибережна' характеризувались найбільшим діаметром пагона та перевищували за цим показником середньорічні рівні більше ніж на 20%. Клони тополь 'Константа', 'Львівська' і 'Ноктюрн' показали слабкі ростові показники. За здатністю до кущення у тополь було виокремлено дві відмінні групи клонів: із високим рівнем кущистості, яка значно збільшувалась у другому вегетаційному сезоні (клони 'Гулівер', 'Роганська', 'Дружба') та клони, кущистість яких була незначною протягом обох сезонів вегетації (клони 'Константа', 'Ноктюрн' та 'Львівська'). Загалом, порівняння усереднених ростових показників тополь і верб виявило, що верби переважали тополі за висотою, а достовірних відмінностей за діаметром та кущистістю не спостерігалось. **Висновки.** Високі показники ростової активності на другий рік вирощування було виявлено у тополь 'Гулівер', 'Стрілоподібна', 'Роганська', 'Слава України' та верби 'Прибережна', а клони 'Гулівер', 'Роганська' і 'Дружба' продемонстрували найвищий рівень кущистості. Протягом двох вегетаційних сезонів клони тополь 'Константа', 'Львівська' і 'Ноктюрн' демонстрували слабкі ростові показники та низький рівень кущистості. Результати проведених досліджень важливо враховувати при створенні короткоротаційних плантацій біоенергетичних дерев, зокрема на ділянках без штучного зволоження.

Ключові слова: біоенергетичні культури; короткоротаційні плантації; *Populus sp.*; *Salix sp.*; ростові характеристики.

Вступ

Зростання потреби в лісосировинних ресурсах привертає увагу дослідників і практиків світового лісопромислового комплексу до швидкорослих деревних порід [1, 2]. Серед них найзначніше місце посідають види і гібриди родини Salicaceae, зокрема родів *Populus L.* і *Salix L.* [3]. Рід тополя характеризується складною таксономічною структурою і налічує кілька підродів, секцій, десят-

ки видів, різновидів і форм, сотні природних і штучних гібридів [4]. Багаторічні напрацювання науковців України [5–10] в галузі селекції тополі забезпечили значну експериментальну платформу для узагальнення об'єктивної інформації щодо перспектив використання клонів для створення насаджень різного цільового призначення, зокрема, для біоенергетичних плантацій [11].

Відновлювані джерела енергії, зокрема біопаливо з деревини тополі та верби, є перспективною альтернативою для заміщення викопних енергетичних ресурсів (рис. 1). Деревина цих швидкорослих рослин має достатньо високу теплотворну здатність та є CO₂-нейтральним джерелом енергії [12]. Тополі та верби мають великий спектр адаптацій до умов вирощування [13], широкі видові різноманіття, є невибагливими до ґрунтів та здатні до фіторемерації [14]. Це дозволило б не лише використати мало-придатні для сільського господарства угіддя,

Nataliia Kutsokon

<https://orcid.org/0000-0002-2339-0633>

Lidiya Khudolieieva

<https://orcid.org/0000-0001-7384-0973>

Svitlana Los

<https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

Liliia Torosova

<https://orcid.org/0000-0002-8003-1215>

Natalia Vysotska

<https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

яких в Україні налічують близько 10 млн га зменшити ерозію, протистояти пиловим бурям. [15], а й покращити якість цих ґрунтів,

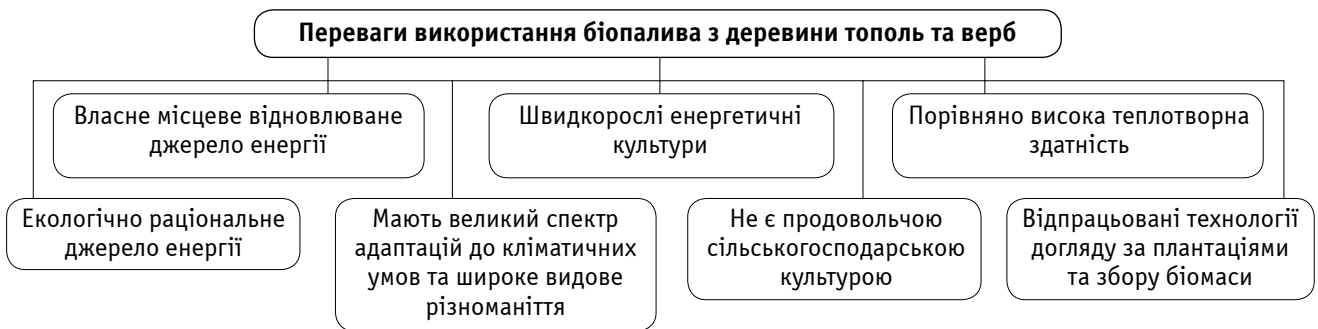


Рис. 1. Переваги вирощування деревини тополь та верб для отримання біопаливної сировини

Селекцією і вирощуванням тополь та верб в Україні і на теренах колишнього СРСР активно займалися, починаючи з середини ХХ століття [5, 16–18]. Однак ці дослідження передбачали довгоротаційний період вирощування рослин (від 20 років до першого збору біомаси), використання деревини в целюлозно-паперовій та лісозаготівельній промисловостях і відбір клонів, що характеризуються сталою інтенсивністю росту протягом усього терміну вирощування. З метою отримання сировини для біоенергетичних потреб у світі застосовують технологію короткоротаційного вирощування [19]. Термін вирощування короткоротаційних плантацій тополь та верб становить 20–30 років, як і довгоротаційних. Відмінним є те, що за цей період біомасу збирають не один раз, а 7–10 разів через кожні три роки вирощування. При цьому перевагу надають клонам, що найшвидше накопичують біомасу у перші роки вирощування [20]. І хоча вирощування біоенергетичних деревних плантацій широко практикують в Європі та світі [21–25], в Україні відбір місцевих клонів для них майже не проводять, а для існуючих у незначній кількості комерційних насаджень застосовують переважно зарубіжні клони [26–31].

Мета досліджень – встановити особливості росту тополь і верб в короткоротаційних насадженнях на 2-й рік вирощування та виявити найперспективніші для біоенергетичних плантацій клони.

Матеріали та методика досліджень

Навесні 2014 року на території ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» було закладено сортовипробувальну ділянку для дослідження продуктивності 10 клонів тополі та 3 клонів верби у короткоротаційному циклі. Походження досліджуваних клонів було висвітлено у попередній публікації [9]. Клони ви-

саджували за двома схемами: з відстанню між рослинами $1,5 \times 1,5$ м та $1 \times 2 \times 1$ м. Кожен з цих варіантів висаджували в 3-х повторностях по 14 рослин кожна. Таким чином, висаджували 84 живці кожного клону, всього майже 1200 живців на ділянці площею біля 0,3 га [7, 9]. Штучний полив на ділянці не застосовували. Дослід закладали стебловими живцями довжиною 20–25 см і товщиною 0,8–1,2 см за загальноприйнятою методикою [36]. Рослини обліковували у жовтні, після завершення 2-го вегетаційного періоду. Оцінювали біометричні характеристики – висоту і діаметр пагонів, та визначали кількість рослин, які мали 1, 2 і ≥ 3 пагонів на одну рослину. Якщо рослина мала кілька пагонів, ростові показники вимірювали у найрозвиненішого.

Дослідна ділянка розташована в межах лісового фонду ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція». Вона розміщена у лісостеповій географічній зоні [32]. За історичними записами погодних умов рік закладання плантації загалом виявився сприятливим для вкорінення живців. Характерною рисою термічного режиму 2014 року була велика тривалість теплого періоду та значна кількість спекотних днів. За даними Українського гідрометеорологічного центру (Укргідрометцентр) температурний режим 2014 р. характеризувався як один з найтепліших за останнє десятиріччя, оскільки середня річна температура повітря перевищувала норму на 1–2 °С. Із 12 місяців лише у червні, жовтні, листопаді та грудні температура повітря була близькою до норми або дещо нижчою, решту місяців вона перевищувала норму на 1–4 °С [33]. Весна виявилась найтеплішою в Україні за останні півстоліття і на переважній частині території країни розпочалась на місяць-півтора раніше середніх багаторічних строків.

У середньому за рік в Україні випало опадів лише на 5% менше від кліматичної нор-

ми. Березень був одним з найсухіших та найтепліших місяців, проте травень був найвологішим місяцем року [34]. У зв'язку з цим навесні 2014 року в Україні відмічали надлишок вологи. Кількість опадів влітку 2014 року загалом по Україні відповідала кліматичній нормі. У Харківській області червень був досить вологим. Середня температура повітря восени була в межах норми, однак жовтень був аномально холодним. У більшості регіонів восени спостерігався дефіцит опадів [33].

За даними Укргідрометцентру метеоумови 2015 р. виявились аномальними як щодо температурного режиму, так і режиму зволоження. Упродовж року спостерігалися тривалі періоди затяжних погодних умов. Середня річна температура повітря у 2015 р. виявилась на 1,8–2,8 °С вищою за норму по всій території країни. Середньомісячна температура квітня, травня та жовтня була близькою до норми або дещо нижчою, однак температура решти місяців значно перевищила її [35].

У липні, серпні та вересні на фоні майже сухої погоди відмічалися тривалі хвили тепла із температурами повітря 34–39 °С по всій території країни. Кількість жарких днів (з максимальною температурою 30 °С і вище) становила від 40 до 70 [35].

Найнесприятливішим для рослин явищем 2015 р. стала літньо-осіння посуха. Найбільша кількість опадів спостерігалась у квітні та листопаді, а у серпні було майже сухо [35].

У попередній роботі було наведено дані, одержані наприкінці 1-го вегетаційного сезону, щодо висоти і діаметра пагонів, середньої кількості пагонів на рослину та частки рослин з двома і більше пагонами [9].

Наразі представлено результати вимірювань висоти і діаметра наприкінці 2-го вегетаційного сезону, а також динаміку змін відсотка рослин з трьома та більше пагонами, виявлену в 1-му та 2-му вегетаційних сезонах.

Отримані результати вимірювань опрацьовували статистично за загальноприйнятими методиками із використанням пакету аналізу MS Excel та OriginPro9.0. Клонів з найвищими і найнижчими ростовими показниками визначали відносно середньорічних значень окремо для тополь і верб, достовірність відхилень оцінювали за t-критерієм Стьюдента та методом X^2 при $p \leq 0,05$.

Результати досліджень

У дослідженнях, опублікованих раніше, оцінювали приживлюваність, а також біометричні параметри: висоту, діаметр, масу та кількість пагонів на рослину в середині та

наприкінці 1-го вегетаційного сезону [7, 9]. У даній роботі представлено результати обмірів рослин наприкінці 2-го сезону вегетації. Погодні умови з теплим і вологим початком вегетаційного сезону [33] сприяли вкоріненню живців на плантації. Проте, посушлива осінь 2014 року та спекотна і посушлива погода протягом 2015 року [34, 35] були менш сприятливими для росту дерев на плантації.

У таблиці 1 наведено результати вимірювань висоти і діаметра пагонів. Клонів значно відрізнялись за ростовими показниками. Зокрема, у клонів 'Константа' і 'Львівська' виявлено достовірно нижчий середнього рівня ріст рослин як за висотою, так і за діаметром пагона, а у клону 'Ноктюрн' – достовірно нижчий ріст за висотою. Достовірно нижчий ріст за діаметром стебла виявлено у верби 'Лісова пісня' (табл. 1).

Перевищення середніх значень за приростом пагона на 30% та 42% було виявлено у клонів тополь 'Роганська' і 'Слава України', відповідно. Тополі клонів 'Гулівер' і 'Стрілоподібна' та верба клону 'Прибережна' після двох років вирощування мали високі значення діаметра пагона та перевищували за цим показником середньорічні показники більше ніж на 20%.

Таблиця 1

Висота і діаметр стебла у тополь і верб на 2-й рік вирощування в короткоротаційній дослідній плантації

Клони деревних культур	Висота, h ± SE, м	Діаметр, d ± SE, см
Тополі		
'Гулівер'	0,68 ± 0,02	0,65 ± 0,04*
'Дружба'	0,72 ± 0,05	0,58 ± 0,04
'Константа'	0,34 ± 0,03*	0,39 ± 0,03*
'Львівська'	0,57 ± 0,03*	0,39 ± 0,02*
'Новоберлінська-3'	0,61 ± 0,04	0,52 ± 0,03
'Ноктюрн'	0,42 ± 0,03*	0,54 ± 0,03
'Роганська'	0,83 ± 0,05*	0,52 ± 0,05
'Слава України'	0,91 ± 0,06*	0,54 ± 0,03
'Стрілоподібна'	0,68 ± 0,03	0,65 ± 0,03*
'Торопогрицького'	0,66 ± 0,05	0,52 ± 0,03
Верб		
'Лісова пісня'	0,78 ± 0,06	0,41 ± 0,03*
'Олімпійський вогонь'	0,89 ± 0,07	0,52 ± 0,04
'Прибережна'	1,06 ± 0,10	0,63 ± 0,05*
Середні значення		
Тополі (разом)	0,66 ± 0,01	0,55 ± 0,01
Верб (разом)	0,89 ± 0,05**	0,50 ± 0,03

Примітки:

SE – стандартна похибка;

* – відхилення статистично значимі порівняно із середньорічними рівнями, $p \leq 0,05$;

** – відхилення між тополями і вербами статистично значимі, $p < 0,001$;

виділення кольором: оранжевий – нижче середнього рівня; зелений – вище середнього рівня.

Загалом, порівняння усереднених ростових показників тополь і верб виявило, що верби переважали тополи за висотою, а достовірних відмінностей за діаметром та кущистістю не спостерігалось.

Під час річних обліків оцінювали здатність клонів до кущення. Цей показник має суттєве значення для продуктивності швидкорослих дерев у короткоротаційних плантаціях, поряд з висотою та діаметром пагонів, оскільки завдяки кущенню збільшується загальна біомаса рослини. Необхідно зауважити, що такий підхід є протилежним до того, який застосовують у випадку традиційного довгоротаційного вирощування, коли дерева з меншою кількістю бічних пагонів мають значні переваги [37].

На рисунку 2 наведено дані щодо відсотків рослин із трьома та більше пагонами у тополь і верб наприкінці 1-го та 2-го років вегетації. У клону тополи 'Гулівер' вже після першого року вирощування було виявлено найвищу кущистість серед усіх досліджених клонів: майже кожна п'ята досліджена рослина мала 3 або більше пагонів, що достовір-

но перевищувало середні значення ($p < 0,05$) (рис. 2). Після двох років вирощування цей показник у клону 'Гулівер' сягав уже майже 80%. У всіх інших клонів за перший сезон було виявлено невелику кількість рослин з трьома та більше пагонами. Найменші рівні спостерігали у тополи 'Дружба' та верби 'Олімпійський вогонь' (близько 2%), а у верби 'Прибережна' виявляли тільки рослини з одним та двома пагонами.

Наприкінці другого сезону кущистість рослин усіх клонів значно зростає, однак у клонів 'Константа' і 'Ноктюрн' це збільшення не було достовірно значущим порівняно з результатами першого року. У цих двох клонів, а також у клону 'Львівська' частка рослин з трьома та більше пагонами за другий сезон становила всього 12–26%, що було достовірно нижчим від середньорічного значення.

Незначну кількість пагонів після першого року вегетації утворювала тополя 'Роганська': лише 5% рослин клону мали три або більше пагонів ($p < 0,05$). Проте на другий рік вегетації у цього клону почали активно формуват-

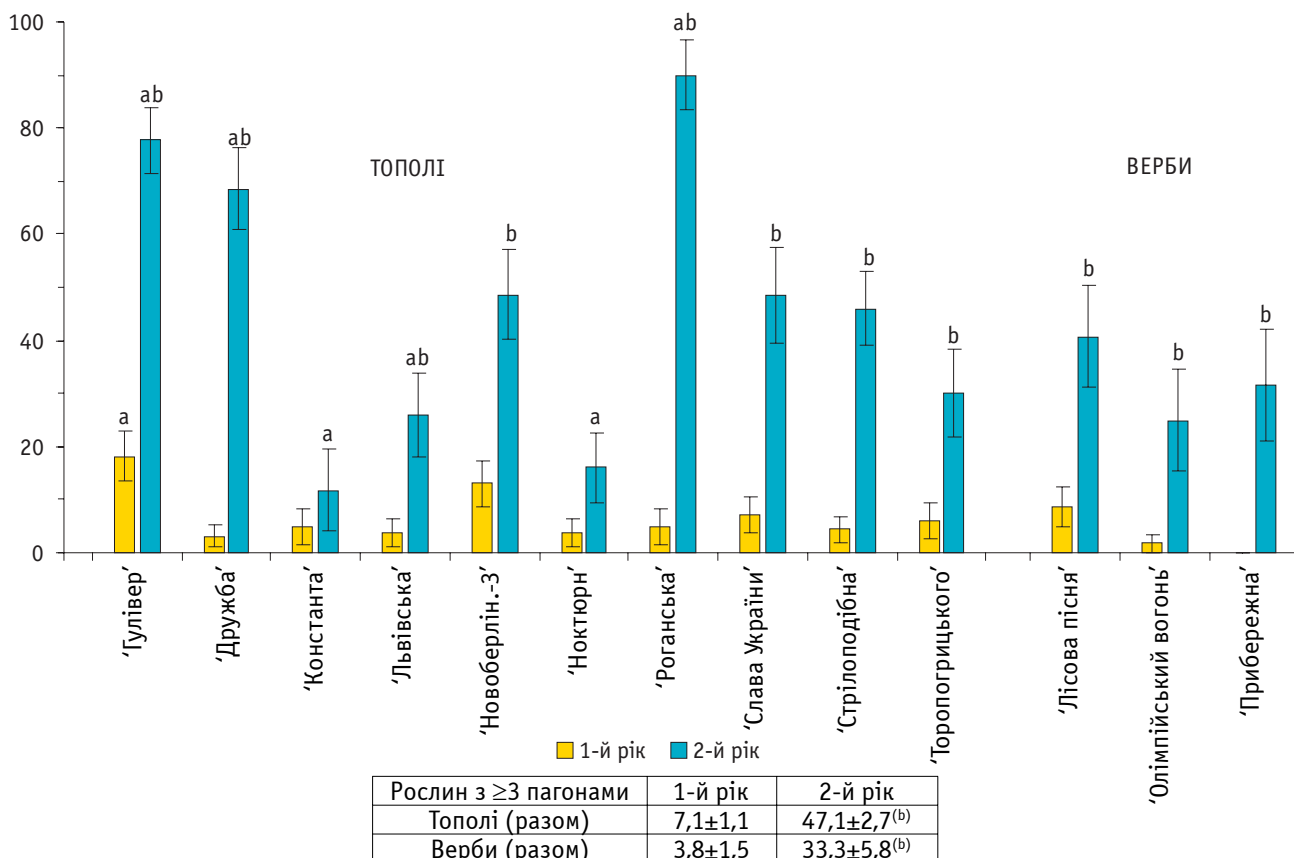


Рис. 2. Відсоток рослин із трьома та більше пагонами у тополь і верб ($\pm s_p$) наприкінці 1-го та 2-го років вегетації.

a – відхилення достовірні порівняно

з відповідними контролями (середні значення) ($p < 0,05$);

b – достовірні відхилення між роками ($p < 0,05$)

тися пагони і на другий рік частка рослин з кількома пагонами сягала 90% (рис. 2). Подібне значне зростання кількості пагонів на рослину було виявлено і у клону 'Дружба', де співвідношення на перший та другий рік вегетації становило 3% проти 69%.

Необхідно зауважити, що кількість рослин з ≥ 2 пагонами, визначена у попередній роботі [9], відрізняється від показників кількості рослин з ≥ 3 пагонами, визначеного в даному дослідженні. Зокрема, у тополі клону 'Слава України' кількість рослин із 2-ма та більше пагонами досягала близько 38%, із них майже всі рослини мали не більше двох пагонів [9]. Як видно з даних рисунка 2, відсоток рослин із трьома та більше пагонами на першому році у даного клону достовірно не відрізнявся від середнього значення.

Таким чином, за кущистістю у тополь можна виокремити дві відмінні групи клонів: із високим рівнем кущистості, яка особливо стрімко зростала в другому вегетаційному сезоні (клони 'Гулівер', 'Роганська', 'Дружба') та клони, кущистість яких була невисокою протягом обох сезонів ('Константа', 'Ноктюрн' та 'Львівська').

Верби показали дещо меншу варіабельність за проаналізованим показником кущистості – у всіх клонів кущистість на другий рік значно зросла порівняно з першим роком вегетації. І хоча середньорічні показники у тополь були загалом вищими як у першому, так і другому сезонах, проте відмінності не були статистично достовірними.

Вважають, що варіабельність у висоті та діаметрі рослин тополі і верби залежить від особливостей впливу кліматичних і ґрунтових чинників на різні клони, густоти садіння та генетичних чинників; у той час як рівень кущіння та, до певного значення, приживлюваність деревних рослин дещо більшою мірою обумовлені генетичними факторами [31, 37].

Як свідчать дані, опубліковані раніше, приживлюваність живців значно відрізнялась у різних клонів і була найнижчою у тополь 'Константа', 'Роганська' і верби 'Прибережна' (47–50%, $p < 0,05$) та найвищою – у тополь 'Стрілоподібна', 'Дружба' і 'Гулівер' (75–84%, $p < 0,05$) [9]. Приживлюваність живців є надзвичайно важливим чинником успішності вирощування біомаси швидко-рослих дерев у біоенергетичних плантаціях [20], який необхідно враховувати при виборі клонів. Тому клони навіть з високими показниками ростової активності, які характеризуються невисокою приживлюваністю (наприклад, тополя 'Роганська' і верба 'При-

бережна') [9], можуть мати обмежене застосування при створенні короткоротаційних плантацій біоенергетичних дерев, зокрема на ділянках без штучного зволоження.

Висновки

Результати обмірів рослин тополі та верби 2-го року вирощування на випробній короткоротаційній плантації у Харківській області показали, що клони значно відрізнялися між собою за дослідженими ростовими характеристиками. Клони тополь 'Константа', 'Львівська' і 'Ноктюрн' показали слабкі ростові показники та низький рівень кущистості. Високі показники ростової активності було виявлено у тополь 'Гулівер', 'Стрілоподібна', 'Роганська', 'Слава України' та верби 'Прибережна', а клони 'Гулівер', 'Роганська' і 'Дружба' продемонстрували найвищий рівень кущистості на 2-й рік вирощування. Однак, важливо також враховувати й результати раніше опублікованого дослідження, згідно з яким приживлюваність живців на цій ділянці була найнижчою у тополь 'Константа' і 'Роганська' та верби 'Прибережна', і найвищою – у тополь 'Стрілоподібна', 'Дружба' і 'Гулівер' [9].

За усередненими ростовими показниками верби значуще переважали тополі за висотою, достовірних відмінностей за діаметром та кущистістю не виявлено. Результати проведених досліджень важливо враховувати при створенні короткоротаційних плантацій біоенергетичних дерев, зокрема на ділянках без штучного зволоження.

Подяки. Роботу виконано за підтримки цілової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» (2013–2017). Автори висловлюють щире подяку співробітникам ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» УкрНДІЛГА за проведення агротехнічних доглядів на дослідній ділянці.

Використана література

1. Corenblit D., Steiger J., Charrier G. та ін. *Populus L. establishment and fluvial landform construction: biogeomorphic dynamics within a channelized river. Earth. Surf. Proc. Land.* 2016. Vol. 41, Iss. 9. P. 1276–1292. doi: 10.1002/esp.3954
2. Holloway J. V., Rillig M. C., Gurnell A. M. Underground riparian wood: Reconstructing the processes influencing buried stem and coarse root structures of black poplar (*Populus nigra L.*). *Geomorphology.* 2017. Vol. 279. P. 199–208. doi: 10.1016/j.geomorph.2016.07.027
3. *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment / J. G. Isebrands, J. Richardson (Eds).* Rome : FAO, 2014. 699 p.
4. Висоцька Н. Ю. Сучасний стан і перспективи збереження генетичних ресурсів тополі в Україні. *Наук. праці ЛАНУ.* 2017. Вип. 15. С. 38–44. doi: 10.15421/411705

5. Старова Н. В. Селекция ивовых. Москва : Лесная промышленность. 1980. 205 с.
6. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило Д. Я. Особливості створення плантацій тополі в умовах вологого сугруду. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2014. Вип. 125. С. 144–147.
7. Куцоконь Н. К., Лось С. А., Ткач В. П. та ін. Створення в Україні короткоротаційної дослідної плантації тополь і верб для потреб альтернативної енергетики. *Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив* : матер. наук. конф. (м. Київ, 9–11 вересня 2014 р.). Київ, 2014. С. 58–62.
8. Куцоконь Н. К., Рахметов Д. Б., Худолєєва Л. В. та ін. Ростові характеристики та енергопродуктивність тополь і верб у короткоротаційній плантації за перший рік вегетації. *Біологічні системи*. 2017. Т. 9, Вип. 2. С. 238–246. doi: 10.31861/biosystems2017.02.238
9. Куцоконь Н. К., Худолєєва Л. В., Лось С. А. та ін. Оцінка ростових показників однорічних клонів тополі та верби на короткоротаційній плантації в Харківській області. *Біологічні студії*. 2018. Т. 12, № 1. С. 55–64. doi: 10.30970/sbi.1201.545
10. Vysotska N., Torosova L. Collection of species and varieties of willows and poplars in the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky. *Conservation of Forest Genetic Resources: Proc. 5th Int. Conf. (Hornel, Belarus, October 2–7, 2017)*. Hornel, 2017. P. 39–40.
11. Klačnja V., Orlović S., Galić Z., Drekić M. Poplar biomass of short rotation plantations as renewable energy raw material. *Biomass and bioenergy new research* / F. Columbus (Ed.). New York, USA : Nova Science Publishers, 2006. P. 35–66.
12. Худолєєва Л. В., Куцоконь Н. К., Рашидов Н. М., Дуган О. М. Кількісні та якісні оцінки викидів шкідливих речовин у доквіллі під час спалювання деревини порівняно з природним газом і вугіллям. *Біологічні студії*. 2016. Т. 10, № 3–4. С. 61–70. doi: 10.30970/sbi.1003.491
13. Луцишин Е. Г., Тесленко И. К. Видова специфічність адаптації деревних рослин техногенно трансформованих урбоадафотопів Київського мегаполісу. *Екологія та ноосферологія*. 2015. Вип. 26, № 3–4. С. 42–61. doi: 10.15421/031519
14. Кулик М. І., Галицька М. А., Самойлік М. С., Жорник І. І. Фітотормедіаційні аспекти використання енергетичних культур в умовах України. *Agrology*. 2019. Т. 2, № 1. С. 65–73. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020
15. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху створення плантацій енергетичних культур. *Техніка і технології АПК*. 2013. Т. 2, № 41. С. 31–34.
16. Альбенский А. В. Культура тополей. Москва : Гос. кн. изд-во, 1946. 45 с.
17. Яблоков А. С. Пирамидальные тополя. Москва ; Ленинград : Гослесбумиздат, 1956. 58 с.
18. Богданов П. Л. Тополя и их культура. Ленинград : Гослестехиздат, 1965. 104 с.
19. Spinelli R. Short rotation coppice production in Italy. *Bornimer Agrartechnische Berichte: Heft 61*. Potsdam–Bornim, Germany, 2007. P. 1–8.
20. Bartko M. Analýza biologických, produkčných a ekonomických aspektov pestovania rychlorastúcich drevín na Slovensku. PhD thesis. Zvolen, 2011. 200 p.
21. Spinelli R., Nati C., Magagnotti N. Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croat. J. For. Eng.* 2008. Vol. 29, Iss. 2. P. 129–139.
22. Spinelli R., Nati C., Magagnotti N. Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. *Biomass Bioenergy*. 2009. Vol. 33, Iss. 5. P. 817–821. doi: 10.1016/j.biombioe.2009.01.001
23. Schweier J. Harvesting of short rotation coppice—harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fenn.* 2012. Vol. 46, Iss. 2. P. 287–299. doi: 10.14214/sf.61
24. Henriksson A., Henriksson G. Rokwood: development of direct chipping harvesters for short rotation plantations with the Swedish family enterprise Henriksson *Salix* AB. 2015. *Asp. Appl. Biol.* 2015. No. 131. P. 45–52.
25. Lindegaard K. N. Short rotation plantations policy history in Europe: lessons from the past and recommendations for the future. *Food Energy Secur.* 2016. Vol. 5, Iss. 3. P. 125–152. doi: 10.1002/fes3.86
26. Лось С. А., Терещенко Л. І., Торосова Л. О. та ін. Перспективні генотипи і популяції деревних порід для створення вископродуктивних та стійких лісових насаджень і біоенергетичних плантацій. Харків : УкрНДІЛГА, 2014. 12 с.
27. Висоцька Н. Ю. Технології та агротехніка створення біоенергетичних плантацій тополь та верб в Україні. Досвід та напрацювання Українського НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип. 155. С. 122–126.
28. Висоцька Н. Ю. Перспективи використання гібридних тополь в Україні на прикладі клону «Дружба» (*Populus trichocarpa* Torr. & Gray × *Populus laurifolia* Ldb.) *Наук. вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24, № 9. С. 54–60.
29. Висоцька Н. Ю. Перспективи використання клону тополі «Гулвер» для створення плантацій з короткоротаційним режимом вирощування у Лівобережному Лісостепу України. *Вісник ХНТУСГ*. 2016. Вип. 178. С. 111–117.
30. Маурер В. М., Мележик Л. П. Особливості росту швидкорослих культиварів роду *Salix* L. в умовах Київського Полісся. *Наук. вісник НУБіП України. Сер. : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 139–147.
31. Фучило Я. Д., Гнап І. В., Ганженко О. М. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби іноземної селекції в умовах Волинського Опілля. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 230–239. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134775
32. Максименко Н. В., Квартенко Р. О., Різник К. Ю. Оновлене фізико-географічне районування Харківської області. *Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сер. : Екологія*. 2016. Вип. 14. С. 20–31.
33. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП. Київ, 2015. 55 с.
34. Балабух В. О., Малицька Л. В., Лавриненко О. М. Особливості погодних умов 2014 року в Україні. *Наук. праці УкрГМІ*. 2014. Вип. 267. С. 28–38.
35. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП. Київ, 2016. 89 с.
36. Торосова Л. О. Обґрунтування можливостей створення виробничих культур тополь та верб невикоріненими живцями. *Наук. вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25, № 8. С. 58–62.
37. Mir A. A., Masoodi T. H., Mir N. A. et al. Nursery performance of male clones of poplar (*Populus deltoides* Bartr.) under temperate conditions of Kashmir Valley. *Br. J. Appl. Sci. Technol.* 2017. Vol. 21, Iss. 1. P. 1–8. doi: 10.9734/BJAST/2017/32669

References

1. Corenblit, D., Steiger, J., Charrier, G., Darrozes, J., Garófano-Gómez, V., Garreau, A., & Lambs, L. (2016). *Populus* L. establishment and fluvial landform construction: biogeomorphic dynamics within a channelized river. *Earth. Surf. Proc. Land.*, 41(9), 1276–1292. doi: 10.1002/esp.3954
2. Holloway, J. V., Rillig, M. C., & Gurnell, A. M. (2017). Underground riparian wood: Reconstructing the processes influencing buried stem and coarse root structures of black poplar (*Populus nigra* L.). *Geomorphology*, 279, 199–208. doi: 10.1016/j.geomorph.2016.07.027
3. Isebrands, J. G., & Richardson, J. (Eds.). (2014). *Poplars and willows: Trees for society and the environment*. Rome: FAO.
4. Vysotska, N. Yu. (2017). Current state and prospects of the poplar genetic resources conservation in Ukraine. *Naukovi праці Lisivničoi akademii nauk Ukraïni* [Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine], 15, 38–44. doi: 10.15421/411705 [in Ukrainian]
5. Starova, N. V. (1980). *Selektsiya ivovykh* [Breeding of willows]. Moscow: Lesnaya promyshlennost. [in Russian]

6. Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., & Fuchylo, D. Ya. (2014). Features of creation of poplar plantations in moist sandy clay soil conditions. *Lesovodstvo i agrolesomeliaciâ* [Forestry and Forest Melioration], 125, 144–147. [in Ukrainian]
7. Kutsokon, N. K., Los, S. A., Tkach, V. P., Vysotska, N. Yu., Torosova, L. O., Nesterenko, O. H., ... Rashydov, N. M. (2014). Creation of experimental short-rotation poplar and willow plantation in Ukraine for the needs of alternative energy]. In *Biologichni resursy i novitni biotekhnologii vyrobnystva biopalyv: materialy naukovoi konferentsii* [Biological resources and novel biotechnologies for biofuel production: Proc. Sci. Conf.] (pp. 58–62). Sept. 9–11, 2014, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
8. Kutsokon, N. K., Rakhmetov, D. B., Khudolieieva, L. V., Rakhmetova, S. O., Fishchenko, V. V., Nesterenko, O. H., & Rashydov, N. M. (2017). Growth characteristics and energy productivity of poplars and willows under short rotation planting for the first vegetation year. *Biologichni systemy* [Biological systems], 9(2), 238–246. doi: 10.31861/biosystems2017.02.238 [in Ukrainian]
9. Kutsokon, N. K., Khudolieieva, L. V., Los, S. A., Vysotska, N. Yu., Torosova, L. O., Tkach, V. P., ... Rashydov, N. M. (2018). Evaluation of growth characteristics of one-year poplar and willow clones in short rotation plantation in Kharkiv region]. *Biologichni studii* [Studia Biologica], 12(1), 55–64. doi: 10.30970/sbi.1201.545 [in Ukrainian]
10. Vysotska, N., & Torosova, L. (2017). Collection of species and varieties of willows and poplars in the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky. In *Conservation of Forest Genetic Resources: Proc. 5th Int. Conf.* (pp. 39–40). Oct. 2–7, 2017, Homel, Belarus. [in Russian]
11. Klačnja, B., Orlović, S., Galić, Z., & Drekić, M. (2006). Poplar biomass of short rotation plantations as renewable energy raw material. In F. Columbus (Ed.), *Biomass and bioenergy new research* (pp. 35–66). New York, USA: Nova Science Publishers.
12. Khudolieieva, L. V., Kutsokon, N. K., Rashydov, N. M., & Duhan, O. M. (2016). Quantitative and qualitative evaluations of environmentally dangerous wastes emission from burning wood comparing to natural gas and coal. *Biologichni studii* [Studia Biologica], 10(3–4), 61–70. doi: 10.30970/sbi.1003.491 [in Ukrainian]
13. Lutsyshyn, E. G., & Teslenko, I. K. (2015). Species specificity of woody trees adaptation at technogenically transformed urbanhabitats of the Kyiv megalopolis. *Ekologija ta noosferologija* [Ecology and noospherology], 26(3–4), 42–61. doi: 10.15421/031519 [in Ukrainian]
14. Kulyk, M. I., Halytska, M. A., Samoilik, M. S., & Zhornyk, I. I. (2019). Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*, 2(1), 65–73. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020 [in Ukrainian]
15. Kravchuk, V., Novokhatskyi, M., Kozhushko, M., Dumych, V., & Zhurba, H. (2013). Towards the creation of energy crops. *Tehnika i tehnologii APK* [Machinery and technologies of agro-industrial complex], 41(2), 31–34. [in Ukrainian]
16. Albenskiy, A. V. (1946). *Kul'tura topoley* [Culture of poplars]. Moscow: Gos. kn. izd-vo. [in Russian]
17. Yablokov, A. S. (1956). *Piramidalnye topoli* [Pyramidal poplars]. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat. [in Russian]
18. Bogdanov, P. L. (1965). *Topolya i ih kultura* [Poplars and their cultivation]. Leningrad: Goslestehizdat. [in Russian]
19. Spinelli, R. (2007). *Short rotation coppice production in Italy* (pp. 1–8). *Bornimer Agrartechnische Berichte: Heft 61*. Potsdam–Bornim, Germany.
20. Bartko, M. (2011). *Analiza biologickych, produkčnych a ekonomickych aspektov pestovania rychlorastjich drevin na Slovensku*. PhD thesis. Zvolen. [in Slovak]
21. Spinelli, R., Nati, C., & Magagnotti, N. (2008). Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croat. J. For. Eng.*, 29(2), 129–139.
22. Spinelli, R., Nati, C., & Magagnotti, N. (2009). Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. *Biomass Bioenerg.*, 33(5), 817–821. doi: 10.1016/j.biombioe.2009.01.001
23. Schweier, J. (2012). Harvesting of short rotation coppice–harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fenn.*, 46(2), 287–299. doi: 10.14214/sf.61
24. Henriksson, A., & Henriksson, G. (2015). Rokwood: development of direct chipping harvesters for short rotation plantations by the Swedish family enterprise Henriksson *Salix* AB. *Asp. Appl. Biol.*, 131, 45–52.
25. Lindegaard, K. N. (2016). Short rotation plantations policy history in Europe: lessons from the past and recommendations for the future. *Food Energy Secur.*, 5(3), 125–152. doi: 10.1002/fes3.86
26. Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L. O., Hryhorieva, V. H., Plotnikova, O. M., Kolchanova O. Yu., ... Shlonchak, H. V. (2014). *Perspektyvni henotypy i populiacii derevnykh porid dlia stvorennia vysokoproduktyvnykh ta stiikykh lisovykh nasadzen i bioenerhetychnykh plantatsii* [Promising genotypes and populations of tree species for the creation of highly productive and sustainable forest plantations and bioenergy plantations] Kharkiv: UkrNDILHA. [in Ukrainian]
27. Vysotska, N. Yu. (2014). Technology and agriculture for creation of bioenergy plantations of poplars and willows in Ukraine. Experience and achievements of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. N. Vysotsky. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture], 155, 122–126 [in Ukrainian]
28. Vysotska, N. Yu. (2014). Prospects for the use of poplar hybrid «Druzhba» (*Populus trichocarpa* Torr. & Gray × *Populus Laurifolia* Ldb.) in Ukraine. *Nauk. visn. NLTU Ukr.* [Scientific Bulletin of UNFU], 24(9), 54–60. [in Ukrainian]
29. Vysotska, N. Yu. (2016). Prospects for the use of the poplar clone «Gulliver» for the establishment of plantations with short rotation in the conditions left-bank forest-steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka* [Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture], 178, 111–117. [in Ukrainian]
30. Maurer, V. M., & Melezhyk, L. P. (2016). Growth of *Salix L.* cultivars in moist trophotopes of the right bank of forest-step of Ukraine. *Naukovij visnik NUBIP Ukraini. Seria: Lisivnictvo ta dekorativne sadivnictvo* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening], 238, 139–147. [in Ukrainian]
31. Fuchylo, Ya. D., Hnap, I. V., & Hanzhenko, O. M. (2018). Growth and productivity of some foreign cultivars of energy willow in Volyn Opillia. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 230–239. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134775 [in Ukrainian]
32. Maksymenko, N. V., Kvarthenko, R. O., & Riznyk, K. Yu. (2016). Updated physical-geographical zoning of the Kharkiv region. *Visn. Hark. nac. univ. im. V.N. Karazina, Ser. Ekol.* [Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Ecology], 14, 20–31. [in Ukrainian]
33. *Informatsiyni shchorichnyk shchodo aktyvizatsii nebezpechnykh ekzohennykh heolohichnykh protsesiv za danymy monitorynhu EHP* [Information yearbook on activation of hazardous exogenous geological processes in Ukraine according to EGP monitoring]. (2015). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
34. Balabukh, V. O., Malytska, L. V., & Lavrynenko, O. M. (2014). Features of weather in Ukraine in 2014]. *Naukovi pratsi Ukrain-skoho hidrometeorolohichnoho instytutu* [Scientific works of the Ukrainian hydrometeorological institute], 267, 28–38. [in Ukrainian]
35. *Informatsiyni shchorichnyk shchodo aktyvizatsii nebezpechnykh ekzohennykh heolohichnykh protsesiv za danymy monitorynhu EHP* [Information yearbook on activation of hazardous exogenous geological processes in Ukraine according to EGP monitoring]. (2016). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]

36. Torosova, L. O. (2015). The substantiation of the possibility of creating the test plantations of poplar and willow by rootless cuttings. *Nauk. visn. NLTU Ukr.* [Scientific Bulletin of UNFU], 25(8), 58–62. [in Ukrainian]
37. Mir, A. A., Masoodi, T. H., Mir, N. A., Rather, T. A., & Sofi, P. A. (2017). Nursery performance of male clones of poplar (*Populus deltoides* Bartr.) under temperate conditions of Kashmir Valley. *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, 21(1), 1–8. doi: 10.9734/BJAST/2017/32669

УДК 630:662.631

Куцоконь Н. К.^{1*}, Худолева Л. В.¹, Лось С. А.², Торосова Л. О.², Высоцкая Н. Ю.² Оценка клонов тополей и ив на короткоротационном участке в Харьковской области: результаты второго года выращивания // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 2. С. 182–190 <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209238>

¹Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, пр-т Академика Заболотного, 148, г. Киев, 03143, Украина, *e-mail: kutsokon@nas.gov.ua

²Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого ГАЛРУ и НАН Украины, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина

Цель. Установить особенности роста и развития клонов тополей и ив на 2-й год вегетации на испытательной короткоротационной плантации в Харьковской области и выявить наиболее перспективные клоны для создания биоэнергетических плантаций. **Методы.** На участке исследовали ростовые характеристики 2-летних тополей – 10 клонов и ив – 3 клона. Измерения проводили на плантации, заложенной в 2014 году стеблевыми черенками длиной 20–25 см и толщиной 0,8–1,2 см по общепринятой методике. Во время учета, проводимого в октябре, оценивали биометрические характеристики – толщину и высоту побегов и определяли количество растений, имеющих 1, 2 и ≥ 3 побегов на одно растение. **Результаты.** На второй год вегетации клоны существенно отличались по ростовым параметрам. Высокие показатели ростовой активности были обнаружены у тополей ‘Гулівер’, ‘Стрілоподібна’, ‘Роганська’, ‘Слава України’ и ивы ‘Прибережна’. Так, тополя ‘Роганська’ и ‘Слава України’ после двух лет выращивания по приросту побега в высоту превышали средние уровни на 30% и 42%, соответственно. Клоны тополей ‘Гулівер’ и ‘Стрілоподібна’ и клон ивы ‘Прибережна’ характеризовались наибольшим диаметром побега и превышали по этому показателю среднегодовой уровень более чем на 20%. Клоны тополей ‘Константа’, ‘Львівська’ и ‘Ноктиурн’ показали слабые ростовые показатели. По спо-

собности к кущению у тополей выделены две различные группы клонов: с высоким уровнем кустистости, которая значительно увеличивалась во втором вегетационном сезоне (клоны ‘Гулівер’, ‘Роганська’, ‘Дружба’) и клоны с незначительной кустистостью на протяжении двух сезонов (клоны ‘Константа’, ‘Ноктиурн’ и ‘Львівська’). В целом, сравнение усредненных ростовых показателей тополей и ив показало, что ивы превосходили тополя по росту в высоту, но при этом достоверных различий между ними по показателям диаметра и кустистости не наблюдалось. **Выводы.** Высокие показатели ростовой активности на второй год выращивания обнаружены у тополей ‘Гулівер’, ‘Стрілоподібна’, ‘Роганська’, ‘Слава Україна’ и ивы ‘Прибережна’, а клоны ‘Гулівер’, ‘Роганська’ и ‘Дружба’ продемонстрировали наиболее высокие уровни кустистости. В течение двух вегетационных сезонов клоны тополей ‘Константа’, ‘Львівська’ и ‘Ноктиурн’ показали слабые ростовые показатели и низкий уровень кустистости. Результаты проведенных исследований важно учитывать при создании короткоротационных плантаций биоэнергетических деревьев, в особенности на участках без искусственного полива.

Ключевые слова: биоэнергетические культуры; короткоротационные плантации; *Populus sp.*; *Salix sp.*; ростовые характеристики.

UDK 630:662.631

Kutsokon, N. K.^{1*}, Khudolieieva, L. V.¹, Los, S. A.², Torosova, L. O.², & Vysotska, N. Yu.² (2020). Evaluation of poplar and willow clones on the experimental short rotation plantation in Kharkiv region: results of the second cultivation year. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(2), 182–190. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209238>

¹Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, NAS of Ukraine, 148 Akademika Zabolotnoho Ave., Kyiv, 03143, Ukraine, *e-mail: kutsokon@nas.gov.ua

²Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry named after G. M. Vysotsky, DALRU and NAS of Ukraine, 86 Pushkinska St., Kharkiv, 61024, Ukraine

Purpose. To estimate the growth performance of poplar and willows clones on the 2nd vegetation year at short rotation plantation in the Kharkiv region, and to identify the most perspective clones for the establishing of bioenergy plantations. **Methods.** The growth characteristics of 2-year-old poplars (10 clones) and willows (3 clones) were analyzed on experimental plot established in 2014 due to common practice, with stem cuttings 20–25 cm long and 0.8–1.2 cm in diameter. During the analysis performed in October, diameter and height of the shoots were measured and the quantity of plants with 1, 2, and ≤ 3 shoots per plant was determined. **Results.** The investigations revealed significant interclonal variation in estimated growth parameters on the second

vegetation year. The poplar clones ‘Huliver’, ‘Strilopodibna’, ‘Rohanska’, ‘Slava Ukrainy’ and willow clone ‘Pryberzhna’ demonstrated high growth rates. The shoot height of poplars ‘Rohanska’ and ‘Slava Ukrainy’ were 30% and 42% respectively, higher than average rates after two years of cultivation. The clones of poplars ‘Huliver’, ‘Strilopodibna’, and clone of willow ‘Pryberzhna’ had the largest diameters exceeded the average rates more than 20%. Poplars ‘Constanta’, ‘Lvivska’ and ‘Noc-tiurn’ demonstrated low growth. By the sprouting capacity the clones were divided into two groups: with a high level of sprouting capacity increasing significantly during the second growing season (‘Huliver’, ‘Rohanska’, ‘Druzhba’); and with low sprouting capacity within both vegetation seasons

(‘Constanta’, ‘Nocturn’ and ‘Lvivska’). In general, a comparison of the averaged growth parameters of poplars and willows revealed that the willows prevailed the poplars in height, but no significant differences in diameter and sprouting capacity were observed. **Conclusions.** The poplars ‘Huliver’, ‘Strilopodibna’, ‘Rohanska’, ‘Slava Ukrainy’ and the willow ‘Pryberezhna’ demonstrated high growth values, and poplar clones ‘Huliver’, ‘Rohanska’ and ‘Druzhba’ showed a high level of sprouting ca-

capacity. During the two growing seasons the clones of poplars ‘Constanta’, ‘Lvivska’ and ‘Nocturn’ showed low growth rates and sprouting capacity. The results of experiments could be taken into account when establishing short-rotation plantations of bioenergy trees, in particular on plots without artificial irrigation.

Keywords: *bioenergy trees; short-rotation plantations; Populus sp.; Salix sp.; growing parameters.*

Надійшла / Received 16.04.2020
Погоджено до друку / Accepted 10.06.2020