

Особливості росту вітчизняних сортів верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) в енергетичних плантаціях на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся

Я. Д. Фучило*, Б. В. Зелінський

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

Мета. Встановити особливості росту двох вітчизняних сортів верби прутоподібної 'Тернопільська' та 'Збруч' на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2017–2019 рр. у заплаві річки Тетерів у Іванківському районі Київської області на торфово-болотному ґрунті з шаром торфу 30 см. Живці завдовжки 25 см висаджували двома спареними рядами з відстанню між ними 0,75 м та міжряддями 1,50 м. У ряду живці розміщували через 0,89; 0,59 і 0,45 м, що відповідало густоті: 10, 15 і 20 тис. живців на 1 га. Площа облікової ділянки – 38 м², повторність варіантів – 3-разова, розміщення ділянок рендомізоване. Приживлюваність живців і збереженість рослин верби встановлювали як виражену у відсотках частку рослин, що збереглися до кількості висаджених живців; висоту кущів визначали мірною рейкою з точністю до 1 см, а масу – зважуванням на електронних терезах з точністю до 5 г. Отримані дані були опрацьовані на ПК за допомогою пакета Microsoft Excel. **Результати.** Приживлюваність живців сорту 'Тернопільська' за варіантами густоти після першого року становила від 48,6 до 54,8%, а сорту 'Збруч' – від 72,8 до 86,6%. Після другого року збереглося 41,8–52,2% та 42,0–65,5% рослин відповідно. Протягом третього року цей показник не змінився. Після третього року вегетації середня висота рослин сорту 'Тернопільська' становила від 144,6±4,7 до 178,7±4,9 см, а сорту 'Збруч' – від 180,2±5,0 до 248,6±6,8 см залежно від густоти садіння живців. У всіх варіантах досліду приріст за висотою з кожним роком збільшувався. Максимальні показники річного приросту (104,2 см) мали рослини сорту 'Збруч' за густоти 20 тис./га у третій рік вегетації, у той час, як на суглинкових і супіщаних ґрунтах максимум приросту їхніх рослин за висотою припадав на другий рік. За всіх варіантів щільності рослин плантації сорту 'Збруч' мали значно вищу продуктивність сухої біомаси. При цьому, у насадженнях обох сортів показники врожаю біомаси зростали зі збільшенням кількості рослин на 1 га і досягали максимуму (9,84 т/га в сорту 'Збруч' і 3,29 т/га – у сорту 'Тернопільська') при 20 тис. рослин на 1 га. **Висновки.** Із двох досліджуваних сортів верби прутоподібної на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся для створення енергетичних плантацій придатнішим є сорт 'Збруч', який відзначається вищою укоріненістю живців, інтенсивнішим ростом та більшою продуктивністю біомаси (до 9,84 т/га).

Ключові слова: верба; *Salix viminalis* L.; сорти 'Тернопільська' та 'Збруч'; приживлюваність живців; висота рослин; приріст за висотою; врожайність сухої біомаси.

Вступ

Інтенсивне використання викопних видів палива призводить до суттєвого забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами, зокрема діоксидом вуглецю, оксидами сірки та азоту й іншими шкідливими речовинами, що викликає велике занепокоєння світового співтовариства, оскільки відомо, що надмірна кількість таких газів в атмосфері, особливо CO₂, є причиною парникового ефекту і зміни клімату на планеті [1–3].

Для заміщення викопних енергоносіїв активно впроваджують і розвивають вирощування біоенергетичних культур, зокрема – верби. Крім отримання енергетичної біомаси, такі

насадження позитивно впливають на довкілля вбираючи вуглекислоту, виділяючи кисень, сприяючи збільшенню біорозмаїття рослин, тварин, грибів тощо [4–7].

Перші комерційні енергетичні плантації верби було створено у Швеції. Там же шведською компанією Svalöf AB у 1987 році була започаткована програма виведення сортів верби для енергетичних плантацій, яка зараз продовжується як частина селекційної діяльності в компанії Lantmännen [3, 8]. З 2011 року виведенням сортів верби в Швеції також займається компанія European Willow Breeding AB. Селекція проводиться, в основному, на базі різних форм верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) шведського походження, які схрещують з *Salix Schwerinii* E. Wolf, *Salix triandra* L., *Salix aegyptiaca* L., *Salix eriocephala* Michx., *Salix dasyclados* Wimm та ін. [9]. При цьому виведені нові сорти можуть давати на 60% більше біомаси, ніж

Yaroslav Fuchylo

<https://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

Bohdan Zelinsky

<https://orcid.org/0000-0002-2805-5287>

їхні батьківські форми [10, 11]. Селекційні дослідження з метою отримання нових сортів та вивчення їхнього росту і продуктивності було проведено також у Великобританії [12], Канаді [13, 14], США [15–17], але з дещо іншими видами верби.

Значні обсяги енергетичних вербових плантацій створено на даний час у сусідній Польщі [18]. В Україні використання вербової біомаси як енергетичної сировини теж набуває широкого розвитку [3]. На даний час площа енергетичних плантацій верби в нашій державі становить близько 5000 га [3, 19].

Для створення енергетичних плантацій важливе значення має вибір сорту верби для культивування у тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах. Одним із найперспективніших видів для вирощування на енергетичних плантаціях є верба прутopodobна [3, 20, 21]. В Україні, як і в інших європейських країнах, селекційні роботи з виведення нових сортів енергетичної верби значною мірою базуються саме на сортах і формах верби прутopodobної [18, 22].

Серед різних категорій маргінальних земель, на яких можливе вирощування вербової енергетичної сировини, перспективними є перезволожені площі з незначним шаром торфу, тому актуальними є дослідження впливу таких ґрунтових умов на ріст і продуктивність енергетичних плантацій верби.

Мета досліджень – встановити особливості росту вітчизняних сортів верби прутopodobної ‘Тернопільська’ та ‘Збруч’ на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводились на створених навесні 2017 року експериментальних насадженнях верби, які розташовані в заплаві річки Тетерів у Іванківському районі Київської області. Ґрунт – торфово-болотний з шаром торфу 30 см, слабо кислий (рН 6,7) та зі значним вмістом органічних речовин у верхньому шарі. Ґрунтові води в ранньовесняний період досягають поверхні ґрунту, а в літньо-осінній – опускаються до глибини 85 см.

Досліджувались два сорти верби прутopodobної (*Salix viminalis* L.): ‘Тернопільська’ та ‘Збруч’. Перший з них виведений у Національному аграрному університеті України (нині – НУБіП України), а другий – в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Садивний матеріал (дворічні пагони) було заготовлено на Дослідному полі ІБКіЦБ України в листопаді 2016 року і збережено до весни 2017 року прикопаним у ґрунті.

Живці завдовжки 25 і завтовшки 0,7–1,8 см нарізали безпосередньо перед садінням і висаджували в оброблений ґрунт за найпоширенішою в Європі схемою розміщення садивних місць – двома спареними рядами з відстанню між ними 0,75 та міжряддями 1,50 м [3, 4, 10].

Для встановлення оптимальної густоти для формування енергетичних плантацій в досліджуваних умовах, у ряду живці розміщували через 89, 59 і 45 см, що відповідає густоті садіння 10, 15 і 20 тис. шт./га.

Площа облікової ділянки – 38 м², повторність варіантів – 3-разова, розміщення ділянок рендомізоване. На кожній повторності досліджували: по 37 рослин за густоти 10 тис. шт./га, по 56 рослин за густоти 15 тис. шт./га та по 74 рослини – за густоти 20 тис. шт./га.

Після садіння живців у міжряддях плантацій щорічно проводили дворазовий механізований догляд за ґрунтом міжрядь і дворазове просапання з видаленням бур’янів у рядах.

Погодні умови Київського Полісся в роки проведення досліджень (2017–2019 рр.), згідно з даними сайту <https://rp5.ua>, були близькими між собою і в цілому за температурним режимом суттєво теплішими за середні багаторічні показники. Середня річна температура повітря у 2017 і 2018 рр. становила 9,5 °С, тоді як за середніми багаторічними даними – 7,7 °С.

За температурним режимом у розрізі окремих місяців до середніх багаторічних даних найближчий 2018 рік, який характеризувався мінусовими температурами повітря протягом зими і першого місяця весни і теплішими останніми місяцями вегетаційного періоду.

За кількістю опадів погодні умови 2017 року були близькими до середніх багаторічних даних (654 мм), а наступного – дещо сухішими (595 мм). При цьому, за вегетаційний період (з квітня по вересень) за ці роки випало приблизно однаково опадів – відповідно 304 та 322 мм, що трохи менше середніх багаторічних даних (379 мм). Не значно відрізнялися від попередніх років погодні умови 2019 року. За вегетаційний період випало 336 мм опадів.

Отже, погодні умови в роки проведення досліджень загалом були сприятливими для вирощування енергетичних плантацій верби. Однак, у регіоні досліджень можливі такі негативні явища, як пізньо-весняні приморозки, один з яких припав на травень 2017 року, коли розпочалося інтенсивне відростання пагонів з живців, що в подальшому негативно позначилось на показниках приживлюваності живців і висоти однорічних рослин.

Досліджувані показники (укоріненість живців, збереженість виживання рослин на другій і третій рік вегетації, висота і маса рослин) встановлювали відповідно до загальноприйнятих у рослинництві методик. Зокрема, укоріненість живців та виживання рослин визначали як виражене у відсотках відношення рослин, що збереглися до загальної кількості висаджених живців. Висота кущів встановлювалася за допомогою мірної рейки з точністю до 1 см, а середня маса рослин – зважуванням на терезах з точністю до 5 г свіжозрізаної біомаси десяти середніх за розмірами рослин на кожному варіанті досліджу. Вміст сухої речовини визначався у лабораторних умовах висушуванням подрібненого зразка сирової біомаси в сушильній шафі за температури 105 °С. Отримані результати опрацьовували методами математичної статистики [23] з використанням пакета Microsoft Excel.

Результати досліджень

Аналіз отриманих даних щодо сортових особливостей і впливу густоти садіння живців верби на їхню приживлюваність та інтенсивність росту пагонів показав, що приживлюваність живців залежить від сорту верби (табл. 1).

Таблиця 1

Приживлюваність живців верби залежно від сортових особливостей та густоти садіння, % (2017–2019 рр.)

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	‘Тернопільська’	‘Збруч’
2017 р.		
10	54,5	86,6
15	48,6	72,8
20	54,8	73,3
2018 р.		
10	52,2	65,5
15	41,8	48,2
20	45,5	42,0
2019 р.		
10	51,7	63,4
15	41,8	46,6
20	43,1	42,0

Так у сорту ‘Тернопільська’ приживлюваність живців змінюється від 48,6 до 54,8%, залежно від густоти, а в сорту ‘Збруч’ – від 72,8 до 86,6%. Протягом другого вегетаційного сезону відбулося часткове відмирання рослин, особливо в густіших варіантах, що призвело до зменшення показників приживлюваності рослин сорту ‘Тернопільська’ до 41,8–52,2%, а сорту ‘Збруч’ – до 42,0–65,5%. Протягом третього року вегетації показники приживлюваності практично не змінилися,

що можна пояснити збільшенням висоти рослин, завдяки чому вони не страждали від негативного впливу небажаної рослинності. З наведених у таблиці 1 даних видно, що в більшості варіантів приживлюваність живців зростала зі зменшенням початкової густоти їхнього садіння. Особливо чітко це проявлялось у насадженнях сорту ‘Збруч’.

Було встановлено, що в перший рік густота садіння не впливала на висоту пагонів, що виростили з живців (табл. 2).

Таблиця 2

Середня висота рослин верби (см) залежно від сортових особливостей і густоти садіння (2017–2019 рр.)

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	‘Тернопільська’	‘Збруч’
2017 р.		
10	42,6±2,20	44,6±1,51
15	33,0±1,96	45,4±1,44
20	45,5±1,66	49,8±1,53
2018 р.		
10	95,2±4,69	107,3±3,78
15	78,4±3,55	131,7±4,22
20	93,8±2,95	144,4±4,77
2019 р.		
10	178,7±4,94	180,2±5,03
15	144,6±4,69	225,8±5,54
20	167,0±3,77	248,6±6,79

Як і у випадку з приживлюваністю живців, довжина пагонів, що з них виростили, найменшою виявилася у рослин сорту ‘Тернопільська’ (33,0±1,96 см). На інших двох варіантах цього сорту довжина становила 42,6±2,20 та 45,5±1,66 см. Однорічні рослини сорту ‘Збруч’ збільшували свою висоту зі збільшенням густоти садіння: за густоти 10 тис. шт./га їхня висота становила 44,6±1,51 см, за 15 тис. шт./га – 45,4±1,44 см, а за 20 тис. шт./га – 49,8±1,53 см.

Протягом другого року вирощування різниця між досліджуваними сортами за висотою значно зросла. При цьому, у плантаціях сорту ‘Тернопільська’ не простежувалося залежності між густотою садіння і висотою, у той час, як у сорту ‘Збруч’ висота прямо залежала від збільшення густоти садіння рослин.

Після закінчення третього року вегетації з’ясувалося, що різниця за висотою між сортами зросла (за винятком варіанту з густотою 10 тис. шт./га), а залежність висоти рослин сорту ‘Збруч’ від густоти садіння стала суттєвішою. Встановлено, що незалежно від сорту і варіанту густоти в перші три роки приріст за висотою щорічно збільшувався, порівняно з попереднім роком. Максимальні показники приросту мали рослини сорту

‘Збруч’ за густоти 20 тис. шт./га у третій рік вегетації – 104,2 см.

Досліджувані сорти відрізнялись між собою за часткою приросту за висотою в окремі роки. Так, за перший рік середній приріст рослин сорту ‘Тернопільська’ становив, залежно від густоти садіння, від 22,8 до 27,3% від середньої висоти трирічних рослин, тоді як у сорту ‘Збруч’ цей показник змінювався від 20,0 до 24,7%. Протягом другого року частка приросту була більшою у сорту ‘Збруч’ (від 34,8 до 38,2%) проти 28,9–31,4% у сорту ‘Тернопільська’. За третій період вегетації перевага за цим показником знову перейшла до сорту ‘Тернопільська’ (43,8–46,7%), у той час, як у сорту ‘Збруч’ вона становила від 40,5 до 41,9%. Наведені дані вказують на відмінності в ритмах росту досліджуваних сортів верби прутоподібної та на значне збільшення темпів росту, а отже – і темпів накопичення біомаси насадженнями обох сортів протягом третього року вирощування. Останнє вказує на те, що збирати урожай на таких плантаціях у трирічному віці не доцільно, оскільки оптимальний вік для заготівлі біомаси настає у наступний рік після досягнення насадженнями максимальних темпів приросту [3, 13, 15]. Наприклад, на суглинкових і супіщаних ґрунтах як досліджувані, так й інші сорти верби, мали максимальні показники приросту за висотою протягом другого року, а протягом третього їхній ріст суттєво уповільнювався і тому заготівлю біомаси в них проводили, як правило, після третього року вирощування [19]. У зв’язку з цим, у досліджуваних умовах оптимальний вік першої заготівлі вербової біомаси повинен бути більшим ніж три роки (орієнтовно 4–5 років).

Отже, отримані дані вказують на те, що на торфово-болотних ґрунтах із двох досліджуваних сортів верби прутоподібної для вирощування енергетичної біомаси доцільно використовувати сорт ‘Збруч’. Він відзначився від сорту ‘Тернопільська’ вищими показниками приживлюваності живців та середньої висоти, що також позитивно позначилось на продуктивності біомаси (табл. 3).

Таблиця. 3

Урожайність верби прутоподібної трирічних енергетичних плантацій (т/га) залежно від сортових особливостей та густоти садіння

Густота садіння, тис. шт./га	Сорти верби	
	Тернопільська’	‘Збруч’
10	1,74	2,39
15	1,47	4,55
20	3,29	9,84

За всіх варіантів щільності рослин плантації сорту ‘Збруч’ мали значно вищу продуктивність. При цьому, у насадженнях обох сортів показники врожаю біомаси зростали зі збільшенням кількості рослин на 1 га і досягали максимуму (9,84 т/га – у сорту ‘Збруч’ і 3,29 т/га – у сорту ‘Тернопільська’) за густоти садіння 20 тис. рослин на 1 га.

Загалом отримані в досліджуваних умовах показники продуктивності біомаси є невисокими, порівняно з вирощуванням на суглинкових і супіщаних ґрунтах за межами заплави [9, 11, 14], що вказує на необхідність удосконалення технології вирощування, особливо в напрямку добору продуктивніших сортів, підвищення ефективності контролю забур’яненості та оптимізації періодичності заготівлі біомаси.

Висновки

Отже, досліджувані сорти верби прутоподібної ‘Тернопільська’ і ‘Збруч’ відрізнялися між собою за особливостями росту і продуктивністю. Із двох досліджуваних сортів для створення енергетичних плантацій верби на торфово-болотних ґрунтах доцільно вирощувати сорт ‘Збруч’. Він вирізнявся вищими показниками приживлюваності живців, середньої висоти та продуктивності біомаси (до 9,84 т/га).

Для підвищення продуктивності енергетичних плантацій в досліджуваних умовах необхідно приділяти належну увагу боротьбі з небажаною рослинністю, застосовувати густу схему садіння живців (20 тис. шт./га) і 4–5-річний цикл заготівлі біомаси.

Використана література

- Keoleian G. A., Volk T. A. Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2005. Vol. 24, Iss. 5–6. P. 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334
- Kopp R. F., Smart L. B., Maynard C. A. et al. The development of improved willow clones for eastern North America. *Forest. Chron.* 2001. Vol. 77, Iss. 2. P. 287–292. doi: 10.5558/TFC77287-2
- Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за ред. В. М. Сінченка. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2015. 340 с.
- Dobrowolski, J. W., Bedla, D., Czech T. et al. Integrated Innovative Biotechnology for Optimization of Environmental Bioprocesses and a Green Economy. *Optimization and Applicability of Bioprocesses* / Н. Purohit, V. Kalia, A. Vaidya, A. Khardenavis (Eds.). Singapore : Springer, 2017. P. 27–71. doi: 10.1007/978-981-10-6863-8_3
- Bressler A. S., Vidon P. G., Volk T. A. Impact of Shrub Willow (*Salix* spp.) as a Potential Bioenergy Feedstock on Water Quality and Greenhouse Gas Emissions. *Water Air Soil Pollut.* 2017. Vol. 228, Iss. 4. P. 170–188. doi: 10.1007/s11270-017-3350-4
- Campbell S. P., Frair J. L., Gibbs J. P., Volk T. A. Use of short-rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York. *Biomass Bioenerg.* 2012. Vol. 47. P. 342–353. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026

7. Karlen D. L., Volk T. A., Abrahamson L. P. et al. Development and Deployment of Willow Biomass Crops. *Cellulosic Energy Cropping Systems* / D. L. Karlen (Ed.). New York : John Wiley & Sons, 2014. P. 201–217. doi: 10.1002/9781118676332.ch12
8. Larsson S. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass Bioenerg.* 1998. Vol. 15, Iss. 1. P. 23–26. doi: 10.1016/S0961-9534(98)80003-2
9. Christersson L. High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiol.* 1986. Vol. 2, Iss. 1–3. P. 261–272. doi: 10.1093/treephys/2.1-2-3.261
10. Aronsson P., Weih M., Ehman I. *Salix* cultivation yields added value – in addition to energy. *Bioenergy – for what and how much* / B. Johansson (Ed.). Stockholm : Swedish Research Council Formas, 2008. P. 269–284.
11. Lindroth A., Beth A. Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecol. Manag.* 1999. Vol. 121, Iss. 1–2. P. 57–65. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00556-8
12. Kuzovkina Y. A., Weih M., Romero M. A. et al. *Salix*: botany and global horticulture. *Horticult. Rev.* 2008. Vol. 34. P. 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
13. Amichev B. Y., Hangs R. D., Bйlanger N. et al. First-Rotation Yields of 30 Short-Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnerg. Res.* 2015. Vol. 8, Iss. 1. P. 292–306. doi: 10.1007/s12155-014-9519-4
14. Mosseler A., Major J. E., Labrecque M., Larocque G. R. Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (*Salix* spp.) across three different sites. *Forest Ecol. Manag.* 2014. Vol. 320. P. 190–196. doi: 10.1016/j.foreco.2014.02.027
15. Sleight N. J., Volk T. A., Johnson G. A. et al. Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix* spp.) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield. *BioEnerg. Res.* 2016. Vol. 9, Iss. 1. P. 270–287. doi: 10.1007/s12155-015-9684-0
16. Volk T. A., Heavey J. P., Eisenbies M. H. Advances in shrub-willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food Energy Secur.* 2016. Vol. 5, Iss. 2. P. 97–106. doi: 10.1002/fes3.82
17. Volk T. A., Berguson B., Daly C. et al. 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. *GCB Bioenergy.* 2018. Vol. 10, Iss. 10. P. 735–751. doi: 10.1111/gcbb.12498
18. Krasuska E., Rosenqvist H. Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass Bioenerg.* 2011. Vol. 38. P. 23–33. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.09.011
19. 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
20. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (Eds.). Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI. 2012. 64 p.
21. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species. Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
22. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Зелінський Б. В. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби залежно від ступеня зволоженості ґрунту. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 3. С. 323–327. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145310
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агрпромиздат, 1985. 351 с.
24. Kopp, R. F., Smart, L. B., Maynard, C. A., Isebrands, J. G., Tuskan G. A., & Abrahamson, L. P. (2001). The development of improved willow clones for eastern North America. *Forest. Chron.,* 77(2), 287–292. doi: 10.5558/tfc77287-2
25. Sinchenko, V. M. (Ed.). (2015). *Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia* [Energy willow: technology of cultivation and use]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
26. Dobrowolski, J. W., Bedla, D., Czech, T., Gambuś, F., Gyrecka, K., Kiszczak, W., ... Zabochnicka-Świątek, M. (2017). Integrated Innovative Biotechnology for Optimization of Environmental Bioprocesses and a Green Economy. In H. Purohit, V. Kalia, A. Vaidya, & A. Khardenavis (Eds.), *Optimization and Applicability of Bioprocesses* (pp. 27–71). Singapore: Springer. doi: 10.1007/978-981-10-6863-8_3
27. Bressler, A. S., Vidon, P. G., & Volk, T. A. (2017). Impact of Shrub Willow (*Salix* spp.) as a Potential Bioenergy Feedstock on Water Quality and Greenhouse Gas Emissions. *Water Air Soil Pollut.,* 228(4), 170–188. doi: 10.1007/s11270-017-3350-4
28. Campbell, S. P., Frair, J. L., Gibbs, J. P., & Volk, T. A. (2012). Use of short-rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York. *Biomass Bioenerg.,* 47, 342–353. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026
29. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L. P., Caputo, J., & Eisenbies, M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops. In D. L. Karlen (Ed.), *Cellulosic Energy Cropping Systems* (pp. 201–217). New York: John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781118676332.ch12
30. Larsson, S. (1998). Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass Bioenerg.,* 15(1), 23–26. doi: 10.1016/S0961-9534(98)80003-2
31. Christersson, L. (1986). High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiol.,* 2(1–3), 261–272. doi: 10.1093/treephys/2.1-2-3.261
32. Aronsson, P., Weih, M., & Ehman, I. (2008). *Salix* cultivation yields added value – in addition to energy. In B. Johansson (Ed.), *Bioenergy – for what and how much* (pp. 269–284). Stockholm : Swedish Research Council Formas.
33. Lindroth, A., & Beth, A. (1999). Assessment of regional willow coppice yield in Sweden on basis of water availability. *Forest Ecol. Manag.,* 121(1–2), 57–65. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00556-8
34. Kuzovkina, Y. A., Weih, M., Romero, M. A., Charles, J., Hust, S., McIvor, I., ... Volk, T. A. (2008). *Salix*: botany and global horticulture. *Horticult. Rev.,* 34, 447–489. doi: 10.1002/9780470380147.ch8
35. Amichev, B. Y., Hangs, R. D., Bйlanger, N., Volk, T. A., Vujanovic, V., Schoenau, J., & Van Rees, K. C. J. (2015). First-Rotation Yields of 30 Short-Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnerg. Res.,* 8(1), 292–306. doi: 10.1007/s12155-014-9519-4
36. Mosseler, A., Major, J. E., Labrecque, M., & Larocque, G. R. (2014). Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (*Salix* spp.) across three different sites. *Forest Ecol. Manag.,* 320, 190–196. doi: 10.1016/j.foreco.2014.02.027
37. Sleight, N. J., Volk, T. A., Johnson, G. A., Eisenbies, M. H., Shi, S., Fabio, E. S., & Pooler, P. S. (2016). Change in Yield Between First and Second Rotations in Willow (*Salix* spp.) Biomass Crops is Strongly Related to the Level of First Rotation Yield. *BioEnerg. Res.,* 9(1), 270–287. doi: 10.1007/s12155-015-9684-0
38. Volk, T. A., Heavey, J. P., & Eisenbies, M. H. (2016). Advances in shrub-willow crops for bioenergy, renewable products, and environmental benefits. *Food Energy Secur.,* 5(2), 97–106. doi: 10.1002/fes3.82
39. Volk, T. A., Berguson, B., Daly, C., Halbleib, M. D., Miller, R., 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

References

1. Keoleian, G. A., & Volk, T. A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Crit. Rev. Plant Sci.,* 24(5–6), 385–406. doi: 10.1080/07352680500316334

- maps based on the PRISM-ELM model. *GCB Bioenergy*, 10(10), 735–751. doi: 10.1111/gcbb.12498
18. Krasuska, E., & Rosenqvist, H. (2011). Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass Bioenergy*, 38, 23–33. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.09.011
19. Fuchylo, Ya. D., Hnap, I. V., & Hanzenko, O. M. (2018). Growth and productivity of some cultivars of energy willow of foreign selection in the Volyn Opillia conditions. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 230–239. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134775 [in Ukrainian]
20. Caslin, B., Finnan, J., & McCracken, A. (Eds.). (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland: Teagasc & AFBI.
21. El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London; Washington, DC: Earthscan.
22. Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., & Zelinskyi, B. V. (2018). Growth and productivity of some cultivars of energy willow, depending on the degree of soil moisture. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(3), 323–327. doi: 10.21498/2518-1017.14.3.2018.145310 [in Ukrainian]
23. Dospikhov, 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]

УДК 630:620.952

Фучило Я. Д., Зелинский Б. В. Особенности роста отечественных сортов ивы прутьевидной (*Salix viminalis* L.) в энергетических плантациях на торфяно-болотных почвах Киевского Полесья // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 410–416. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188661>

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, *e-mail: fuchylo_yar@ukr.net*

Цель. Установить особенности роста двух отечественных сортов ивы прутьевидной ‘Тернопільська’ и ‘Збруч’ на торфяно-болотных почвах Киевского Полесья Украины. **Методы.** Исследования проводились на протяжении 2017–2019 гг. в пойме реки Тетерев в Иванковском районе Киевской области на торфяно-болотной почве со слоем торфа 30 см. Черенки длиной 25 см высаживали двумя спаренными рядами с расстоянием между ними 0,75 м и междурядьями 1,50 м. В ряду черенки располагали через 0,89; 0,59 и 0,45 м, что соответствовало густоте: 10, 15 и 20 тыс. черенков на 1 га. Площадь учетного участка – 38 м², повторность вариантов – 3-кратная, размещение участков рендомизированное. Приживаемость черенков и сохранность растений ивы устанавливали как выраженную в процентах долю сохранившихся растений к количеству высаженных черенков; высоту кустов определяли мерной рейкой с точностью до 1 см, а массу – взвешиванием на электронных весах с точностью до 5 г. Полученные данные были обработаны на ПК с помощью пакета Microsoft Excel. **Результаты.** Приживаемость черенков сорта ‘Тернопільська’ по вариантам густоты после первого года составила от 48,6 до 54,8%, а у сорта ‘Збруч’ – от 72,8 до 86,6%. После второго года – сохранилось до 41,8–52,2% и 42,0–65,5% соответственно. На протяжении третьего года этот показатель практически не изменился. После третьего года вегетации средняя высота растений сорта

‘Тернопільська’ составила от 144,6±4,69 до 178,7±4,94 см, а сорта ‘Збруч’ – от 180,2±5,03 до 248,6±6,79 см в зависимости от густоты посадки черенков. Во всех вариантах опыта прирост по высоте с каждым годом увеличивался. Максимальные показатели годового прироста (104,2 см) были у растений сорта ‘Збруч’ при густоте 20 тыс. шт./га в третий год вегетации, в то время, как на суглинистых и супесчаных почвах максимум прироста их растений по высоте приходился на второй год. При всех вариантах плотности стояния растений плантации сорта ‘Збруч’ имели значительно более высокую продуктивность сухой биомассы. При этом, в насаждениях обоих сортов показатели урожая биомассы возрастали с увеличением количества растений на 1 га и достигали максимума (9,84 т/га у сорта ‘Збруч’ и 3,29 т/га – у сорта ‘Тернопільська’) при 20 тыс. растений на 1 га. **Выводы.** Из двух исследуемых сортов ивы прутьевидной на торфяно-болотных почвах Киевского Полесья для создания энергетических плантаций более пригодным является сорт ‘Збруч’, который отличается более высокой приживаемостью черенков, более интенсивным ростом и большей продуктивностью биомассы (до 9,84 т/га).

Ключевые слова: ива; *Salix viminalis* L.; сорта ‘Тернопільська’ и ‘Збруч’; приживаемость черенков; высота растений; прирост по высоте; урожайность сухой биомассы.

UDC 630:620.952

Fuchylo, Ya. D.*, & Zelinskyi, B. V. (2019). Features of the growth of domestic varieties of *Salix viminalis* in the energy plantations on peat bog soils of Kyiv Polissia. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 410–416. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188661>

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

Purpose. To define the peculiarities of the growth of two domestic varieties of the *Salix viminalis* L.: ‘Ternopil’ska’ and ‘Zbruch’ on the peat bog soils of Kyiv Polissia of Ukraine. **Methods.** Studies were conducted during 2017–2019 in the floodplain of the Teterev River in the Ivankivskyi district of the Kyiv region on peat bog soil with a peat layer of 30 cm. Cuttings 25 cm long were planted in twin rows with a row distance of 0.75 m between twins and 1.50 m between twin rows. In a row cuttings were placed every 0.89; 0.59 and 0.45 m, which corresponds to densities of 10, 15 and 20 thousand cuttings per 1 ha. The area of the accounting site

was 38 m² with 3 times repetition of options; the placement of the sites is randomized. The survival rate of cuttings and the safety of willow plants was expressed as a percentage of the preserved plants to the number of planted cuttings; the height of the bushes was determined by a measured bar to within 1 cm, and the mass was determined by weighing on an electronic balance to within 5 g. The obtained data were processed on a computer using the Microsoft Excel package. **Results.** It was found that the survival rate of cuttings of ‘Ternopil’ska’ variety according to the density options was from 48.6 to 54.8% after the first year, and for ‘Zbruch’ vari-

ety from 72.8 to 86.6%. After the second year it decreased to 41.8–52.2% and 42.0–65.5%, and remained unchanged in the third year. After the end of the third year of vegetation, the average heights of 'Ternopil'ska' variety was from 144.6±4.69 to 178.7±4.94 cm and for 'Zbruch' variety – from 180.2±5.03 to 248.6±6.79 cm depending on planting density. In all variants of the experiment, height increment increased each year. The maximum growth rates in height (104.2 cm) were in plants of 'Zbruch' variety with a density of 20 thousand units/ha in the third year of vegetation, while being planted on loamy and sandy soils, the maximum growth of its plants in height was in the second year. In all variants of plant density, plantations of 'Zbruch' variety

had a much higher dry mass productivity. At the same time, in the plantations of both varieties, the biomass yields increased with an increase in the number of plants per 1 ha and reached a maximum (9.84 t/ha in 'Zbruch' variety and 3.29 t/ha – in 'Ternopil'ska' variety) at 20 thousand plants per 1 ha. **Conclusions.** Of the two varieties of *Salix viminalis* studied on peat bog soils of Kyiv Polissya, 'Zbruch' variety is more suitable for creating energy plantations, which is characterized by a higher survival rate of cuttings, more intensive growth and higher biomass productivity (up to 9.84 t/ha).

Keywords: willow; *Salix viminalis* L.; variety 'Ternopil'ska'; variety 'Zbruch'; cuttings survival; plant height; height increase; dry biomass productivity.

Надійшла / Received 23.09.2019
Погоджено до друку / Accepted 20.12.2019