

АНОТАЦІЯ

Зелінський Б.В. Ріст і розвиток енергетичних плантацій верб залежно від едафічних умов та агротехніки на маргінальних землях Київського Полісся – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агрономія» галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство». Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, Київ, 2021.

Актуальність теми. У зв'язку із критичною залежністю України від імпорту енергоносіїв та вичерпністю традиційних видів палива надзвичайно актуальною стає необхідність пошуку альтернативного вирішення енергетичної проблеми. Одним із важливих напрямків отримання власних ресурсів енергетичної сировини є прискорене вирощування рослинної біомаси, зокрема – деревини. Одним із шляхів масового отримання деревної енергетичної біомаси є її вирощування на енергетичних плантаціях верби. Успішність такого напрямку отримання енергетичної біомаси у певних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема у Київському Поліссі, залежить від використання найбільш продуктивних і стійких до негативних чинників конкретної місцевості видів і сортів верби та системи ефективних елементів технології їх вирощування.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше на основі комплексних досліджень підібрано види і сорти верби, придатні до вирощування на маргінальних землях Київського Полісся; встановлена тісна залежність едафічних умов та окремих агротехнічних заходів на ріст і продуктивність енергетичних плантацій верби.

Удосконалено технологію створення та вирощування енергетичних плантацій верби в регіоні досліджень із встановленням оптимальної періодичності заготівлі енергетичної біомаси.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо енергоємності енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Полісся залежно від ґрунтових умов.

Практичне значення отриманих результатів. На основі результатів проведених досліджень науково обґрунтовано асортимент сортів верби для створення енергетичних плантацій на основних типах маргінальних ґрунтів Київського Полісся та розроблено методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних плантацій верби та тополі.

Теоретичні положення, сформульовані в дисертаційній роботі підтверджено актами впровадження, зокрема окремі наукові результати роботи використовуються у Малинському фаховому коледжі підчас вивчення навчальних дисциплін «дендрологія», «селекція», «лісові культури».

Основні результати досліджень.

Встановлено, що приживлюваність живців на торфово-болотному ґрунті суттєво залежить від сорту верби. Так у сорту 'Тернопільська' після першого вегетаційного періоду приживлюваність живців змінювалася (за варіантами густоти) від 48,6 до 54,8 %, у сорту 'Збруч' – від 72,8 до 86,6 %, а у верби тритичинкової – від 71,0 до 82,3 %. Протягом другого вегетаційного періоду відбувся суттєвий відпад рослин, особливо – у більш густих варіантах. Найбільше загинуло рослин у верби тритичинкової. Збереженість її рослин становила лише 36,3–40,2 %. На супіщаному ґрунті після другого року вегетації збереглося від 74,1 до 87,5 % рослин. Було встановлено, що у перший рік густота садіння не впливає на висоту пагонів, що виростили з живців. Як і у випадку з приживлюваністю живців, висота пагонів, що з них виростили, найменшою виявилася у рослин сорту 'Тернопільська' ($33,0 \pm 1,96$ см). На інших двох варіантах цього сорту висота становила $42,6 \pm 2,20$ та $45,5 \pm 1,66$ см. Однорічні рослини сорту 'Збруч' інтенсивніше росли за висотою зі збільшенням густоти садіння. За густоти 10 тис. шт./га їх висота становила $44,6 \pm 1,51$ см, за 15

тис. шт./га – $45,4 \pm 1,44$ см, а за 20 тис. шт./га – $49,8 \pm 1,53$ см. У верби тритичинкової, навпаки, середня висота однорічних саджанців зменшувалася із зростанням густоти – від $50,8 \pm 1,82$ см (за густоти 10 тис. шт./га) до $43,1 \pm 1,31$ см (за густоти 20 тис. шт./га). Схожа тенденція за висотою збереглася і на другий вегетаційний період. Найбільші показники висоти у дворічному віці мали рослини сорту 'Збруч' (від $107,3 \pm 3,78$ до $144,4 \pm 4,77$ см), а найменші – сорту 'Тернопільська' (від $78,4 \pm 3,55$ до $95,2 \pm 4,69$ см). За третій рік висота досліджуваних насаджень суттєво зросла і досягла у сорту 'Тернопільська' від $144,6 \pm 4,69$ см до $178,6 \pm 4,94$ см, у сорту 'Збруч' – $180,2 \pm 5,03$ – $248,6 \pm 6,79$ см. У досліджуваного клону верби тритичинкової показники висоти змінювалися від $167,5 \pm 5,80$ до $185,5 \pm 9,13$ см. На супіщаному ґрунті після другого року вегетації висота становила від $98 \pm 8,7$ до $175 \pm 4,3$ см. Урожайність сухої біомаси протягом перших трьох років існування плантацій в досліджуваних умовах виявилася невисокою. Урожайність біомаси в середньому за перші 3 роки на торфово-болотному ґрунті, залежно від густоти садіння, становила у сорту 'Тернопільська' $0,58$ – $1,10$ т/га/рік, в сорту 'Збруч' – від $0,80$ до $3,28$ т/га/рік, а у тритичинкової – від $0,62$ до $0,96$ т/га/рік. При цьому на продуктивність сухої маси рослин істотно впливали густота насадження та едафічні умови. Зокрема, на супіщаному ґрунті сорт 'Тернопільська' за 2 перші роки мав середню продуктивність від $0,77$ до $3,21$ т/га/рік, тобто значно більшу, ніж на багатих на органіку перезволожених торфово-болотних ґрунтах.

Різниця за показниками продуктивності досліджуваних сортів зумовлена, найімовірніше, різницею в інтенсивності накопичення біомаси внаслідок різної інтенсивності фотосинтетичної діяльності рослин, яка, зі свого боку, залежить від площі листкової поверхні протягом періоду вегетації і продуктивності фотосинтезу.

Аналіз динаміки формування площі листкового апарату досліджуваних сортів помісячно залежно від густоти насадження (густиоти садіння живців) і

ґрунтових умов показав, що площа листкової поверхні збільшується зі збільшенням густоти насаджень. Найбільшу площу листкової поверхні мав сорт 'Тернопільська' на супіщаному ґрунті – від 22,0 до 31,3 тис. м²/га, а на торфово-болотному – сорт 'Збруч' (від 17,2 до 27,5 тис. м²/га). Найменшими досліджуваними показниками були у насадженнях верби тритичинкової, яка характеризується найменшою продуктивністю біомаси. Фотосинтетичний потенціал характеризує тривалість роботи листкової поверхні протягом певного періоду. У досліджуваних сортів за весь період вегетації, залежно від густоти насадження та ґрунтових умов, він змінювався таким чином.

За тривалості вегетаційного періоду в межах 155–166 діб середній фотосинтетичний потенціал за варіантами досліді становив від 1,67 до 5,06 млн м² діб/га, зростаючи за збільшення густоти садіння рослин і площі листкового апарату. Швидкість накопичення сухої речовини в рослин верби залежно від біологічних особливостей сорту, густоти насадження і едафічних умов має певні особливості. Її встановлюють за показниками чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) – кількості сухої речовини, яку за певну фазу росту й розвитку певна площа листкової поверхні утворює протягом доби.

Найбільші показники ЧПФ спостерігаються у насадженні сорту 'Тернопільська' на супіщаному ґрунті – від 0,98 до 1,62 г/м² за добу та у сорту 'Збруч' (0,70–1,16 г/м² за добу). При цьому максимальними ці показники є за густоти 15 тис. шт./га.

Із двох варіантів заплавлених ґрунтів Полісся України більш придатними для вирощування енергетичної біомаси верби є супіщані, порівняно з торфово-болотними. На них енергетичні плантації верби мають більшу площу листкової поверхні (від 22,0 до 31,3 тис. м²/га), вищі показники фотосинтетичного потенціалу (3,56–5,06 млн м²·діб/га) та чистої продуктивності фотосинтезу (до 1,62 г/м² на добу), що забезпечує відносно високі показники продуктивності (0,77–2,21 т/га/рік). Для створення енергетичних плантацій верби на торфово-

болотних ґрунтах доцільно використовувати сорт 'Збруч', який відзначається найвищими показниками продуктивності біомаси (3,28 т/га/рік), у той час як у сорту 'Тернопільська' цей показник становив 1,10 т/га/рік, а у клону верби тритичинкової – 0,77 т/га/рік.

Ключові слова: *Salix viminalis* L.; *Salix triandra* L.; енергетичні плантації; сорти 'Збруч' і 'Тернопільська'; густота садіння живців; продуктивність біомаси; площа листкової поверхні; фотосинтетичний потенціал; чиста продуктивність фотосинтезу.

SUMMARY

Zelinsky B V "GROWTH AND DEVELOPMENT OF ENERGY WILLOW PLANTATIONS DEPENDING ON EDAPHIC CONDITIONS AND AGRICULTURAL TECHNIQUES IN THE MARGINAL LANDS OF KYIV POLISSYA" - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 - "Crop" field of knowledge - 20 "Agricultural Sciences and Food". Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS of Ukraine, Kyiv, 2021.

Actuality of theme. Due to the critical dependence of Ukraine on energy imports and the exhaustion of traditional fuels, the need to find an alternative solution to the energy problem is becoming extremely important. One of the important areas of obtaining own resources of energy raw materials is the accelerated cultivation of plant biomass, in particular - wood. One of the ways of mass production of wood energy biomass is its cultivation on energy plantations of willow. The success of this direction of energy biomass in certain soil and climatic conditions, in particular in Kyiv Polissya, depends on the use of the most productive and resistant to negative factors of a particular area species and varieties of willow and a system of effective elements of their cultivation technology.

Scientific novelty of the obtained results.

For the first time on the basis of complex researches the types and grades of a willow suitable for cultivation on the marginal lands of the Kiev Polissya are selected; the close dependence of edaphic conditions and separate agrotechnical measures on growth and productivity of power plantations of a willow is established.

The technology of creation and cultivation of energy willow plantations in the research region has been improved with the establishment of the optimal periodicity of energy biomass harvesting.

Scientific provisions on the energy intensity of willow energy plantations in the marginal lands of Polissya depending on soil conditions have been further developed.

The practical significance of the results. Based on the results of the research, the range of willow varieties for the creation of energy plantations on the main types of marginal soils of Kyiv Polissya is scientifically substantiated and methodical recommendations on the technology of growing energy plantations of willow and poplar are developed.

The theoretical provisions formulated in the dissertation are confirmed by acts of implementation, in particular, some scientific results are used in Malyn Vocational College during the study of disciplines "dendrology", "selection", "forest crops".

The main results of research.

It is established that the survival of cuttings on peat-swamp soil significantly depends on the variety of willow. Thus, in the cultivar 'Ternopilska' after the first vegetation period the survival rate of cuttings changed (according to density variants) from 48.6 to 54.8%, in the cultivar 'Zbruch' - from 72.8 to 86.6%, and in the willow three-stemmed - from 71.0 to 82.3%. During the second growing season there was a significant loss of plants, especially - in denser versions. The largest number of plants died in willow. The survival of its plants was only 36.3-40.2%. From 74.1 to 87.5% of plants survived on sandy soil after the second year of vegetation. It was found that in the first year of planting density does not affect the height of shoots grown from

cuttings. As in the case of survival of cuttings, the height of the shoots that grew from them was the lowest in plants of the cultivar 'Ternopilska' (33.0 ± 1.96 cm). In the other two variants of this variety, the height was 42.6 ± 2.20 and 45.5 ± 1.66 cm. Annual plants of the variety 'Zbruch' grew more intensively in height with increasing planting density. At a density of 10 thousand pieces / ha their height was 44.6 ± 1.51 cm, at 15 thousand pieces / ha - 45.4 ± 1.44 cm, and at 20 thousand pieces / ha - 49.8 ± 1.53 cm. In three-leaf willow, on the contrary, the average height of annual seedlings decreased with increasing density - from 50.8 ± 1.82 cm (at a density of 10 thousand pieces / ha) to 43.1 ± 1.31 cm (at a density of 20 thousand pcs / ha). A similar trend in height persisted for the second growing season. The highest indicators of height at the age of two had plants of the variety 'Zbruch' (from 107.3 ± 3.78 to 144.4 ± 4.77 cm), and the lowest - the varieties 'Ternopil' (from 78.4 ± 3.55 to 95.2 ± 4.69 cm). During the third year, the height of the studied plantations increased significantly and reached in the cultivar 'Ternopilska' from 144.6 ± 4.69 cm to 178.6 ± 4.94 cm, in the cultivar 'Zbruch' - 180.2 ± 5.03 – 248.6 ± 6.79 cm. In the studied willow clone, the three-stamen height indicators varied from 167.5 ± 5.80 to 185.5 ± 9.13 cm. On sandy soil after the second year of vegetation, the height ranged from 98 ± 8.7 to 175 ± 4.3 cm. The yield of dry biomass during the first three years of existence of plantations in the studied conditions was low. Yield of biomass on average for the first 3 years on peat-swamp soil, depending on planting density, was in the variety 'Ternopilska' 0.58-1.10 t / ha / year, in the variety 'Zbruch' - from 0.80 to 3.28 t / ha / year, and in three-leaf - from 0.62 to 0.96 t / ha / year. At the same time, the productivity of dry mass of plants was significantly influenced by planting density and edaphic conditions. In particular, on sandy soil the variety 'Ternopilska' for the first 2 years had an average productivity from 0.77 to 3.21 t / ha / year, ie much higher than on organically rich peat-swamp soils.

The difference in productivity of the studied varieties is probably due to the difference in the intensity of biomass accumulation due to different intensity of

photosynthetic activity of plants, which, in turn, depends on the leaf surface area during the growing season and photosynthesis productivity.

Analysis of the dynamics of the formation of the leaf area of the studied varieties on a monthly basis depending on the planting density (planting density of cuttings) and soil conditions showed that the leaf surface area increases with increasing planting density. The largest area of leaf surface was the variety 'Ternopilska' on sandy soil - from 22.0 to 31.3 thousand m^2 / ha, and on the peat-swamp - variety 'Zbruch' (from 17.2 to 27.5 thousand m^2 / ha). The lowest studied indicators were in plantations of willow, which is characterized by the lowest biomass productivity. Photosynthetic potential characterizes the duration of the leaf surface during a certain period. In the studied varieties for the entire growing season, depending on planting density and soil conditions, it changed as follows.

During the vegetation period, within 155–166 days, the average photosynthetic potential according to the experimental variants ranged from 1.67 to 5.06 million m^2 per day / ha, increasing with increasing planting density and leaf area. The rate of accumulation of dry matter in willow plants, depending on the biological characteristics of the variety, planting density and edaphic conditions has certain features. It is determined by the indicators of net productivity of photosynthesis (CPF) - the amount of dry matter, which for a certain phase of growth and development, a certain area of the leaf surface forms during the day.

The highest indicators of NPF are observed in the planting of the variety 'Ternopilska' on sandy soil - from 0.98 to 1.62 g / m^2 per day and in the variety 'Zbruch' (0.70–1.16 g / m^2 per day). At the same time, these indicators are maximum at a density of 15 thousand units / ha.

Of the two variants of floodplain soils of Polissya of Ukraine, sandy willows are more suitable for growing energy biomass compared to peat-swamp. Willow energy plantations have a larger leaf surface area (from 22.0 to 31.3 thousand m^2 / ha), higher photosynthetic potential (3.56–5.06 million $m^2 \cdot$ days / ha) and net

photosynthesis productivity (up to 1.62 g / m² per day), which provides relatively high productivity (0.77–2.21 t / ha / year). To create energy willow plantations on peat-swamp soils, it is advisable to use the variety ‘Zbruch’, which has the highest biomass productivity (3.28 t / ha / year), while in the variety ‘Ternopil’ this figure was 1.10 tons / ha / year, and in the clone of willow - 0.77 t / ha / year.

Key words: *Salix viminalis* L .; *Salix triandra* L .; energy plantations; varieties ‘Zbruch’ and ‘Ternopilska’; planting density of cuttings; biomass productivity; leaf surface area; photosynthetic potential; net photosynthesis performance.

Список публікацій за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях

1. Фучило Я. Д., Сбитна М.В., **Зелінський Б.В.** Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби залежно від ступеня зволоженості ґрунту / *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2018. Т. 14. № 3. С. 323-327 <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145310> (Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

2. Фучило Я. Д., **Зелінський Б.В.** Особливості росту вітчизняних сортів верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) в енергетичних плантаціях на торфво-болотних ґрунтах Київського Полісся / *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2019. Т. 15. № 4. С. 410–416. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188661> (Особистий внесок – 60 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

3. Шевчук Р. В., Ровна Г. Ф., Фучило Я. Д., **Зелінський Б. В.** Формування продуктивності енергетичних плантацій верби за різних рівнів родючості ґрунту в умовах Західного Полісся / *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України*. К. : ФОП Корзун Д.Ю., 2019. Вип. 27. С. 123-130. (Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

4. **Зелінський Б. В.**, Фучило Я. Д. Особливості накопичення енергетичної біомаси верби на заплавах ґрунтах Полісся України / / *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних*

наук України. К. : ФОП Корзун Д.Ю., 2020. Вип. 28. С. 76–84.
http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/28_76-84_0.pdf (Особистий унесок – 60 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

5. Фучило Я. Д., **Зелінський Б. В.** Ріст енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Київського Полісся / *Біоенергетика*. 2020. № 1 (15). С. 18–21 <https://bio.gov.ua/sites/default/files/5.pdf>

Стаття у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та Європейського Союзу (ЄС)

6. Fuchylo Ya., **Zelinsky B.**, Fuchylo D. Productivity of some cultivars of energy poplar and willow in the Kyiv Polissya conditions. *Journal of science. Lyon*. 2021. № 21. P. 3–6. (Особистий унесок – 60 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті).

Тези доповідей наукових конференціях

7. Фучило Я. Д., Сбитна М. В., **Зелінський Б. В.** Стан, перспективи та особливості створення енергетичних плантацій верб в Україні. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН «Новітні агротехнології: теорія та практика» (м. Київ, 11 липня 2017 р.). Вінниця : Нілан-ЛТД, 2017. С. 159–160. (Особистий унесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).

8. Сбитна М.В., Фучило Я.Д., **Зелінський Б.В.** Продуктивність енергетичних плантацій деяких видів верб у різних лісорослинних умовах. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Ліси Східної Європи у світі, що змінюється», присвяченої 120-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України та 80-річчю академіка Лісівничої

академії наук України та Євразійської академії наук, почесного професора НУБіП України, професора Швиденка Анатолія Зіновійовича (м. Київ, 27–30 вересня 2017 р). ТОВ «ЦП «Компринт», 2017. С. 110–111. (*Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій*).

9. Гументик М. Я., Фучило Я. Д., Кателевський В. М., **Зелінський Б. В.** Економічна ефективність вирощування біоенергетичних культур в умовах Лісостепу. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Колесніковські читання», присвяченої пам'яті професора О. І. Колеснікова (30-31 жовтня 2017 р., м. Харків). Харків, 2017. С. 52–54. (*Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій*).

10. Фучило Я. Д., **Зелінський Б. В.**, Ганжалюк Т. С. Ріст і продуктивність енергетичних плантацій верби прутоподібної (*Salix viminalis* L.) на торфово-болотних ґрунтах Київського Полісся / Актуальні проблеми молоді в сучасних соціально-економічних умовах: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 26 березня 2021 року, м. Житомир. Житомир: ПП «ДжіВіЕс», 2021. С. 111–113. (*Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій*).

11. **Зелінський Б. В.**, Фучило Я. Д. Особливості накопичення енергетичної біомаси верби на заплавах ґрунтах Полісся України // Актуальні проблеми молоді в сучасних соціально-економічних умовах: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 26 березня 2021 року, м. Житомир. Житомир: ПП «ДжіВіЕс», 2021. С. 114–117. (*Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій*).

12. Фучило Я. Д., **Зелінський Б. В.**, Фучило Д. Я. Продуктивність деяких сортів енергетичної тополі та верби в умовах Київського Полісся // Сучасні

проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення (Факультету лісового господарства та екології – 20 років). Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (7-8 жовтня 2021 року, м. Житомир). Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 193–195. *(Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*

Методичні рекомендації

13. Фучило Я.Д., Сінченко В.М., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Фурман В.А., Сбитна М.В., Квак В.М., Хіврич О.Б., Правдива Л.А., **Зелінський Б.В.**, Вокальчук Б.М., Фучило Д. Я., Бордусь О.О., Кирилко Я.О. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних плантацій верби та тополі. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 24 с. *(Особистий внесок – 55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій).*