

АНОТАЦІЯ

Вокальчук Б.М. «Продуктивність енергетичних плантацій верби прутувидної впродовж другого циклу вирощування» – 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. Для умов України надзвичайно перспективною в галузі відновлювальної енергетики є вид верба прутувидна, *Salix viminalis L.* та похідні від неї. Перевагою верби при вирокористанні на біопаливо є висока тепловіддача, та досить низький вміст шкідливих речовин, що звільняються при згорянні. Провідними науковцями в галузі рослинництва та біоенергетики проводиться робота з впровадження у виробництво високопродуктивних сортів та гібридів. Але поряд з тим вони потребують вивчення їх у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, а також створення сучасних технологій вирощування до конкретних умов.

У зв'язку з цим актуальним є розроблення наукових основ і практичних пропозицій щодо добору сортів верб, які найбільш придатні для вирощування на енергетичних плантаціях у ґрунтово-кліматичних умовах України та розробити ефективні технологічні схеми їх створення, вирощування та експлуатації. На вирішення вищезазначених проблем спрямована дана дисертаційна робота.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше проведено комплексні дослідження особливостей росту та розвитку енергетичних плантацій верби прутувидної в другому циклі вирощування, вивчено вплив підживлення на початку вегетації другого обороту вирощування, удосконалено вітчизняну технологію вирощування різних сортів енергетичної верби в другому циклі вирощування, встановлено вплив густоти садіння та удобрення плантацій верби прутувидної на їх продуктивність впродовж другого циклу вирощування.

Удосконалено основні елементи технології вирощування енергетичної верби на енергетичних плантаціях впродовж другого циклу вирощування з урахуванням

погодно-кліматичних умов.

Набули подальшого розвитку питання вивчення впливу умов вирощування на ріст та розвиток верби прутовидної, проходження процесів поглинання поживних речовин та фотосинтезу в умовах Правобережного Лісостепу України.

Обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність вирощування верби прутовидної в другому циклі за вдосконаленими елементами технології вирощування.

Практичне значення отриманих результатів. В результаті проведених досліджень визначено найбільш ефективну густоту стояння та схему садіння верби прутовидної, а також оптимальну дозу внесення азотних добрив, що забезпечить максимальну продуктивність біомаси.

Дослідженнями встановлено, що отримати максимальні результати продуктивності біомаси за вирощування плантацій верби прутовидної в другому циклі вирощування необхідно проводити садіння плантацій спареними рядами за схемою з відстанню між кулісами 1,5 м, відстань між рядами в кулісах 0,75 м, за відстані між живцями в рядку становила 0,75 м, та густоти садіння — 15 тис шт./га. Також доведено, що для закладки швидкого росту та розвитку рослин верби в другому циклі вирощування необхідно на початку вегетації після першого трирічного обороту заготівлі біомаси вносити 200 кг/га аміачної селітри (70 кг/га д.р. азоту).

Оптимізація досліджуваних елементів технології вирощування верби прутовидної дозволяє навіть в стресових умовах навколишнього середовища дозволяє забезпечити урожайність абсолютно сухої біомаси на рівні 74,1 т/га.

Основні результати досліджень. За результатами досліджень плантацій верби прутовидної встановлено, що зі збільшенням густоти садіння на всіх варіантах дослідів призводило до зменшення середньої висоти кущів у перший рік вегетації. Найбільшу середню висоту в перший рік (4,61 м) мали рослини сорту ‘Тора’ за схеми садіння 0,75-1,50-0,75 м та густоти 12 тис. шт/га.

Найбільшими показниками середньої висоти пагонів в кінці другого циклу вирощування років відзначився сорт 'Тора' за схеми садіння 0,75-1,50-0,75 м та густоти 12 тис. шт./га (6,83 м) та за схеми садіння 0,75-2,50-0,75 м і аналогічної густоти (6,33 м). На всіх варіантах досліджень відмічено зниження висоти рослин зі збільшенням густоти стояння. Найнижчими були рослини сорту 'Тернопільська' за схеми садіння 0,75-2,50-0,75 м і густоти стояння 18 та 15 тис. шт./га і становили 4,55 і 4,84 м відповідно.

Найбільший середній діаметр найвищих трирічних пагонів при основі відмічено у сорту 'Тора' за схеми садіння 0,75-1,50-0,75 м і був на рівні 51,4 мм. Майже на всіх варіантах досліджень спостерігається зворотня залежність між густотою стояння та діаметром найвищого пагона, зі збільшенням густоти стояння зменшується показник його діаметру. Сорт 'Тернопільська' показав значно менші показники діаметра в третій рік вегетації за схеми садіння 0,75-2,50-0,75 м і густоти 15 тис. шт./га (29,7 мм) мм, а також схеми 0,75-1,50-0,75 м густоти стояння 18 тис. шт./га.

В дослідженнях відмічено, що найбільшу кількість пагонів в кінці другого циклу вирощування сформував сорт 'Тернопільська' за густоти 12 тис. шт./га з на двох схемах садіння 0,75-1,50-0,75 м та 0,75-2,50-0,75 м і становило 8,0 та 8,4 шт/кущ відповідно. Найменшу кількість пагонів сформував сорт 'Тора' (5,0 шт/кущ) за схеми садіння 0,75-2,50-0,75 м і густоти стояння 18 тис. шт./га. Відмічено зниження кількості пагонів на кущ зі збільшенням густоти стояння.

Врожайність сухої біомаси верби після другого трирічного циклу вирощування найбільшою виявилася в сорту 'Тора' за схеми садіння 0,75-1,50-0,75 м за густоти садіння 15 тис. шт./га – 65,3 т/га, у варіанті з густотою 12 тис. шт./га цей показник становив 59,3 т/га.

Внесення азотних добрив у ґрунт на енергетичних плантацій верби двох сортів, після зрізання біомаси першого циклу вирощування, у вигляді аміачної селітри (N_0 , N_{35} , N_{70}) мало суттєвий вплив на показники росту, розвитку і продуктивності в другому циклі вирощування. Виявлено, що на варіантах із

внесенням N_{70} рослини мали довший вегетаційний період в перший рік росту, і протягом вересня в них ще відбувався приріст у висоту. Найбільший приріст рослин спостерігався в кінці травня-на початку червня у сорту 'Тора'. На варіантах без внесення добрив і за внесення N_{35} він становив 90 см, а на ділянці з внесенням N_{70} — 92 см.

В кінці третього циклу вирощування позитивний вплив добрив на середню висоту кущів зберігся, але різниця між показниками висоти між варіантами досліду була не суттєва. Найвищі рослини в кінці другого циклу вирощування з внесенням аміачної селітри сформував сорт 'Тора' у варіанті з максимальною дозою підживлення N_{70} — 6,78 м, що більше контролю на 8%, де показник висоти становив 6,29 м. Найнижчі рослини в кінці другого циклу вирощування було відмічено на контрольному варіанті сорту 'Тернопільська' — 5,22 м, а збільшення дози азоту до N_{35} та N_{70} сприяло збільшенню висоти до 5,58 м та 5,79 м відповідно.

Дослідження впливу удобрення на середній діаметр найвищого пагона при основі сортів 'Тора' та 'Тернопільська' показує суттєвий вплив на його збільшення. Найбільший діаметр найвищого пагона було відмічено у сорту 'Тора' з внесенням добрив в дозі N_{70} - 46,8мм. Найменший діаметр спостерігався у сорту 'Тернопільська' на контролі без внесення добрив становив 35,0 мм, і був найнижчий в досліді.

На всіх варіантах досліду максимальні показники площі листової поверхні на кущ спостерігаються в кінці червня — на початку липня. В обох сортів спостерігалася тенденція збільшення площі листової поверхні зі збільшенням дози азотних добрив. За показником площі листової поверхні 1 га переважав сорт 'Тора'. На контрольному варіанті без внесення добрив площа листя на 1 га у сорту 'Тора' становила 68 тис. м²/га та зростала до 71,22 та 74,53 тис. м²/га за внесення N_{35} та N_{70} відповідно. Показники сорту 'Тернопільська' були нижчими і становили 57,40 тис. м²/га на контрольному варіанті без внесення добрив, і за внесення N_{35} та N_{70} - 60,45 до 65,85 тис. м²/га відповідно.

Чистої продуктивності фотосинтезу в кінці другого циклу вирощування спостерігалася в період червня-липня. Найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу спостерігався в період 30 червня-30 липня у сорту 'Тора' у варіанті з максимальною дозою підживлення (6,23 г/м² доба). Відмічено, що різниця в показнику ЧПФ в липні була несуттєва на нашу думку через кращу адаптованість до посушливих умов року, що склалися вітчизняного сорту 'Тернопільська', ростові процеси якого за таких умов відбуваються краще.

Вищими показниками вмісту макроелементів в трирічній біомасі відзначається сорт 'Тора', де вміст азоту в деревині на контролі становив 0,95 % і збільшувався до 1,00 та 1,15 % за внесення дози азоту N₃₅ та N₇₀ відповідно. У біомасі сорту 'Тернопільська' міститься приблизно однакова кількість азоту, незалежно від варіантів удобрення ґрунту – від 0,9 до 1,05%. В обох сортах за різних варіантів внесення добрив спостерігається збільшення інших мікроелементів фосфору та калію.

Встановлено, що зольність сухої трирічної біомаси верби у варіанті без внесення добрив становить у сортів 'Тора' - 1,3%, а в сорту 'Тернопільська' – 1,1 %. З внесенням дози добрив N₃₅ уміст попелу в сухій біомасі зростає до 1,7 % у сорту 'Тора' та до 1,5 % у сорту 'Тернопільська'. Збільшення дози азоту до 70 кг/га д.р. призводить до збільшення показника зольності у сортів 'Тора' та 'Тернопільська' до 2,3 і 2,0 % відповідно.

Найвищу врожайність в кінці другого циклу вирощування сформував сорт 'Тора' у варіанті з максимальною дозою підживлення N₇₀ – 74,1 т/га, що більше контролю на 13 %, де урожайність становила 65,3 т/га. Сорт 'Тернопільська' виявився менш продуктивним. На варіантах із внесенням мінеральних добрив урожайність плантацій сорту 'Тернопільська' зростала порівняно до контролю без добрив (55,6 т/га) зі збільшенням їх дози на 3,7 та 9,3 т/га відповідно.

Вищі показники коефіцієнту енергетичної ефективності (КЕЕ) в другому циклі вирощування зафіксовано у варіантах із застосуванням аміачної селітри в дозі 200 кг/га (N₇₀) в обох сортах, за якого цей коефіцієнт досягає 22,9 сорту 'Тора' та

22,6 сорту 'Тернопільська'. Найбільш енергетично ефективним виявився сорт 'Тора' за внесення 200 кг/га аміачної селітри.

Ключові слова: біоенергетика, верба, енергетична біомаса, сорти, густина садіння, внесення азотних добрив, урожайність, уміст макроелементів, зольність.

SUMMARY

Vokalchuk VM «Productivity of energy plantations of willow during the second cycle of cultivation» – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 201 – «Agronomy» branch of knowledge – 20 "Agrarian sciences and food". Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, Kyiv, 2021

Actuality of theme. For Ukraine conditions, the species of willow, *Salix viminalis* L. and its derivatives is extremely promising in the field of renewable energy. The advantage of willow when used for biofuels is high heat transfer and a low content of harmful substances released during combustion. Leading scientists in the field of crop production and bioenergy are working to introduce high-yielding varieties and hybrids into production. But at the same time, they need to study them in different soil and climatic zones of Ukraine, as well as the creation of modern technologies for growing to specific conditions.

In this regard, it is important to develop scientific bases and practical proposals for the selection of willow varieties that are most suitable for growing on energy plantations in soil and climatic conditions of Ukraine and to develop effective technological schemes for their creation, cultivation, and operation. This dissertation is aimed at solving the above problems.

Scientific novelty of the obtained results. For the first time a comprehensive study of the peculiarities of growth and development of energy plantations of willow in the second cycle of cultivation, studied the effect of fertilization at the beginning of the growing season, improved domestic technology for growing different varieties of energy

willow in the second cycle, established the effect of planting density and fertilization their productivity during the second growing cycle.

The main elements of the technology of growing energy willow on energy plantations during the second cycle of cultivation have been improved, considering weather and climatic conditions.

The issues of studying the influence of growing conditions on the growth and development of willow, the processes of nutrient absorption and photosynthesis in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine were further developed.

The economic and energy efficiency of cultivation is substantiated willow twigs in the second cycle for advanced elements of cultivation technology.

The practical significance of the results. As a result of the conducted research the most effective density of standing and the scheme of planting of a willow, and also an optimum dose of entering of nitrogen fertilizers that will provide the maximum productivity of biomass are defined.

Studies have shown that to obtain maximum biomass productivity results for growing willow plantations in the second cycle of cultivation it is necessary to plant plantations in paired rows according to the scheme with a distance between the scenes 1.5 m, the distance between rows behind the scenes 0.75 m, the distance between cuttings in row was 0.75 m, and planting density - 15 thousand pieces / ha. It is also proved that to bookmark the rapid growth and development of willow plants in the second cycle of cultivation, it is necessary at the beginning of the growing season after the first three years of biomass harvesting to make 200 kg / ha of ammonium nitrate (70 kg / ha of nitrogen).

Optimization of the studied elements of the technology of growing willow allows even in stressful environmental conditions to ensure the yield of dry biomass at the level of 74.1 t / ha.

The main results of research. According to the results of studies of willow plantations, it was found that with increasing planting density in all variants of the experiment led to a decrease in the average height of the bushes in the first year of vegetation. The highest average height in the first year (4.61 m) had the plants of the

variety 'Torah' with planting schemes of 0.75-1.50-0.75 m and a density of 12 thousand pieces / ha.

The highest indicators of the average height of shoots at the end of the second cycle of growing years was marked by the variety 'Tora' for planting schemes 0.75-1.50-0.75 m and density of 12 thousand pieces / ha (6.83 m) and for planting schemes 0.75-2.50-0.75 m and a similar density (6.33 m). In all variants of the study there was a decrease in plant height with increasing stocking density. The lowest were the plants of the variety 'Ternopilska' with planting schemes of 0.75-2.50-0.75 m and standing densities of 18 and 15 thousand pieces / ha and were 4.55 and 4.84 m, respectively.

The largest average diameter of the highest three-year shoots at the base was observed in the variety 'Tora' for planting schemes 0.75-1.50-0.75 m and was at the level of 51.4 mm. In almost all variants of research there is an inverse relationship between the density of standing and the diameter of the highest shoot, with increasing density of standing decreases its diameter. Variety 'Ternopilska' showed much smaller diameter in the third year of the growing season for planting schemes 0.75-2.50-0.75 m and a density of 15 thousand pieces / ha (29.7 mm) mm, as well as schemes 0, 75-1.50-0.75 m standing density 18 thousand pieces / ha.

In researches it is noted that the greatest number of shoots at the end of the second cycle of cultivation was formed by the variety 'Ternopilska' at densities of 12 thousand pieces / hectare with on two schemes of planting of 0,75-1,50-0,75 m and 0,75-2, 50-0.75 m and was 8.0 and 8.4 pcs / bush, respectively. The smallest number of shoots was formed by the variety 'Tora' (5.0 pcs / bush) with planting schemes of 0.75-2.50-0.75 m and standing density of 18 thousand pcs / ha. In There is a decrease in the number of shoots per bush with increasing stocking density.

The yield of dry willow biomass after the second three-year growing cycle was the highest in the variety 'Tora' for planting schemes 0.75-1.50-0.75 m for planting densities of 15 thousand pieces / ha - 65.3 t / ha, in variant with a density of 12 thousand units / ha, this figure was 59.3 t / ha.

Application of nitrogen fertilizers to the soil on energy plantations of willow of two varieties, after cutting the biomass of the first growing cycle, in the form of ammonium nitrate (N_0 , N_{35} , N_{70}) had a significant impact on growth, development and productivity in the second growing cycle. It was found that in the variants with the introduction of N_{70} the plants had a longer growing season in the first year of growth, and during September they still had an increase in height. The highest growth of plants was observed in late May-early June in the variety 'Tora'. In the variants without fertilizer application and for N_{35} application, it was 90 cm, and in the area with N_{70} –92 cm application.

At the end of the third growing cycle, the positive effect of fertilizers on the average height of the bushes remained, but the difference between the height indicators between the variants of the experiment was not significant. The tallest plants at the end of the second cycle of cultivation with the introduction of ammonium nitrate formed a variety 'Torah' in the version with a maximum fertilization dose of N_{70} - 6.78 m, which is more than 8%, where the height was 6.29 m. The lowest plants at the end of the second cultivation cycle was observed in the control variant of the variety 'Ternopilska' - 5.22 m, and the increase in the dose of nitrogen to N_{35} and N_{70} contributed to the increase in height to 5.58 m and 5.79 m, respectively.

The study of the influence of fertilizer on the average diameter of the highest shoot based on varieties 'Tora' and 'Ternopilska' shows a significant effect on its increase. The largest diameter of the highest shoot was observed in the variety 'Torah' with the application of fertilizers at a dose of N_{70} - 46.8 mm. The smallest diameter was observed in the cultivar 'Ternopilska' in the control without fertilizer application was 35.0 mm and was the lowest in the experiment.

In all variants of the experiment, the maximum leaf area per bush is observed in late June - early July. In both varieties there was a tendency to increase the leaf area with increasing dose of nitrogen fertilizers. According to the leaf area of 1 ha, the variety 'Torah' prevailed. In the control variant without fertilizer application, the leaf area per 1 ha in the cultivar 'Tora' was 68 thousand m^2 / ha and increased to 71.22 and 74.53

thousand m² / ha with the application of N₃₅ and N₇₀, respectively. Indicators of the variety 'Ternopilska' were lower and amounted to 57.40 thousand m² / ha in the control variant without fertilizer application, and for application of N₃₅ and N₇₀ - 60.45 to 65.85 thousand m² / ha, respectively.

The Effect on Net Photosynthesis at the end of the second cycle of cultivation was observed during the growing season, the highest rates were observed in June-July. The highest indicator of net photosynthesis productivity was observed in the period from June 30 to July 30 in the variety 'Tora' in the variant with the maximum feeding dose (6.23 g / m² per day). It is noted that the difference in the NPF in July was insignificant in our opinion due to better adaptation to the arid conditions of the current year of the domestic variety 'Ternopilska', the growth processes of which are better under such conditions.

The highest indicators of the content of macronutrients in three-year biomass are marked by the variety 'Tora', where the nitrogen content in the wood under control was 0.95% and increased to 1.00 and 1.15% with the application of nitrogen N₃₅ and N₇₀, respectively. The biomass of the 'Ternopilska' variety contains approximately the same amount of nitrogen, regardless of the soil fertilization options - from 0.9 to 1.05%. In both varieties, with different fertilizer application options, there is an increase in other trace elements phosphorus and potassium.

It was found that the ash content of dry three-year willow biomass in the variant without fertilizer application is 1.3% for Tora varieties and 1.1% for 'Ternopilska' varieties. With the application of a dose of N₃₅ fertilizers, the ash content in dry biomass increases to 1.7% in the variety 'Tora' and to 1.5% in the variety 'Ternopilska'. Increasing the nitrogen dose to 70 kg / ha d.r. leads to an increase in the ash content of varieties 'Tora' and 'Ternopilska' to 2.3 and 2.0%, respectively.

The highest yield at the end of the second growing cycle was formed by the variety 'Tora' in the variant with the maximum fertilization dose N₇₀ - 74.1 t / ha, which is 13% more than the control, where the yield was 65.3 t / ha. The 'Ternopilska' variety turned out to be less productive. In the variants with mineral fertilizers, the yield of plantations

of the 'Ternopilska' variety increased compared to the control without fertilizers (55.6 t / ha) with an increase in their dose by 3.7 and 9.3 t / ha, respectively.

The higher energy efficiency ratio (KEE) in the second rotation cycle were recorded in the variants applying ammonium nitrate at a dose of 200 kg / ha (N70) in both cultivars, with a coefficient of 22.9 in Tora and 22.6 in 'Ternopilska '. The most energy efficient variety was 'Tora' with 200 kg / ha of ammonium nitrate.

Key words: bioenergy, willow, energy biomass, varieties, planting density, application of nitrogen fertilizers, yield, macronutrient content, ash content.

Список публікацій за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях

1. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., **Вокальчук Б. М.** Ріст і розвиток енергетичних плантацій верби різної густоти за внесення азотних добрив на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу / *Новітні агротехнології*, 2018, 1 (6) http://plant.gov.ua/sites/default/files/fuchylo_.pdf (55 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання).

2. Фучило Я. Д., **Вокальчук Б. М.** Вплив технології створення енергетичних плантацій *Salix viminalis* L. на їх ріст і продуктивність після першого трирічного обороту заготівлі біомаси / *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. – Л.: РВВ НЛТУ України. 2020. Вип.21. С. 109–116. (65 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання).

3. **Вокальчук Б. М.**, Фучило Я. Д., Вплив азотних добрив на продуктивність енергетичної біомаси верби прутувидної / *Біоенергетика / Bioenergy*. № 2 (18). – 2021. С. 24–27. (70 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання).

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

4. Vokalchuk B. Influence of nitrogen on photosynthetic activity and biomass productivity of energy willow. *Journal of science*. Lyon. №26. 2021. P. 3–11.

Тези доповідей на наукових конференціях

5. Сінченко В. М., Фучило Я. Д., **Вокальчук Б. М.**, Мельничук Г. А. Ріст і розвиток енергетичних плантацій верби різної густоти під впливом азотних добрив на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Колесниковські читання», присвяченої пам'яті професора О. І. Колесникова. ХНУМГ ім. О.М. Бекетова (16–17 жовтня 2018 року. м. Харків). – Харків. – С. 98–100.

6. Фучило Я. Д., **Вокальчук Б. М.** Особливості росту та продуктивність біомаси енергетичних плантацій верби прутовидної другого циклу вегетації / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропоцену» присвяченої 100-річчю кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій (6-8 листопада 2019 р., м. Київ). – К. : Видавництво «Ліра К», 2019. – С. 85–86.

7. **Вокальчук Б. М.**, Фучило Я. Д., Ганжалюк Т. С. Продуктивність енергетичних плантацій *Salix viminalis* L. впродовж другого трирічного обороту заготівлі біомаси / Лісівнича освіта і наука: стан, пролеми та перспективи розвитку: Збірник матеріалів учасників науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів (25 березня 2021 р., м. Малин). – Малин: Вид-во МЛТК, 2021. С. 91–97.

8. Фучило Я. Д., **Вокальчук Б. М.**, Шемет О. І., Сінченко В. М. Вплив азотних добрив на ріст і розвиток енергетичних плантацій верби на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу // Лісівнича освіта і наука: стан, пролеми та перспективи розвитку: Збірник матеріалів учасників науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів (25 березня 2021 р., м. Малин). – Малин: Вид-во МЛТК, 2021. С. 112–118.

9. **Вокальчук Б. М.**, Фучило Я. Д. Вплив азотних добрив на продуктивність енергетичних плантацій верби протягом другого трирічного циклу вирощування // 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. 34–36.

Методичні рекомендації

10. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., **Вокальчук Б. М.**, та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних плантацій верби та тополі. –

Київ: ЦП «Компринт», 2021. – 24 с. (50 %, проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання розділів монографії).