**ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ ВЕРБИ
(*SALIX L.*) В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Я. Д. ФУЧИЛО, доктор сільськогосподарських наук, професор,

М. Я. ГУМЕНТИК, кандидат сільськогосподарських наук,

Я. П. МАКУХ, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

E-mail: fuchylo_yar@ukr.net

Анотація. Метою досліджень було вивчення особливостей росту і продуктивності енергетичних плантацій верби прутовидної (*Salix viminalis L.*) та тритичинкової (*Salix triandra L.*) на викупуваних чорноземах Центрального Лісостепу України та встановлення оптимальної періодичності збору їх біомаси.

Встановлено, що садіння живців у третій декаді вересня забезпечило їх укоріненість у верби тритичинкової на рівні 85 %, а прутовидної – 92 %.

За застосування дворічного циклу збирання урожаю загальна продуктивність трирічних плантацій верб тритичинкової та прутовидної виявилася практично однаковою: відповідно 41,1 і 41,9 т/га. За трирічного циклу збору деревної маси продуктивність верби прутовидної (54,6 т/га) є значно вищою, ніж у верби тритичинкової (27,7 т/га), що дозволяє зробити висновок, що у перші роки вирощування енергетичних плантацій верби прутовидної в умовах регіону досліджень доцільно застосовувати трирічний цикл збору урожаю, а для верби тритичинкової – дворічний.

У виробничих умовах, із урахуванням погодних умов, маркетингу і логістики, можна вважати доцільним використання як дворічного, так і трирічного циклу заготівлі вербової енергетичної сировини обох досліджуваних видів.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, біомаса, енергетичні плантації, верба, живці, строки садіння, ріст, продуктивність, періодичність збору урожаю

Актуальність. Зниження залежності економіки від імпорту викопних видів палива є однією з нагальних проблем України. У її вирішенні важливе місце займають відновлювані джерела енергії, зокрема – деревина [1-5, 8]. Обмежені можливості отримання енергетичної деревної маси з лісових насаджень спонукають до пошуку інших шляхів її отримання, зокрема – вирощування її на спеціальних енергетичних плантаціях. Завдяки специфічним біологічним та

екологічним особливостям на таких плантаціях найчастіше вирощують окремі види і сорти верб. Протягом кількох десятиріч вирощування енергетичних плантацій верби активно розвивається у низці країн Європи, зокрема в Швеції, Великобританії, Данії, Польщі, Австрії, Угорщині та в інших [9-11]. Найбільша площа таких насаджень на даний час створена у Швеції – близько 20 тис га. В Україні цей напрям господарювання почав розвиватися протягом останнього десятиріччя, але вже можна відзначити певні успіхи: енергетичні плантації верби у нас зростають на площі близько 5,0 тис га [4].

Під енергетичні плантації найкращим чином можуть послужитися площі, що вийшли з-під сільськогосподарського використання та інші малопридатні для використання категорії земель (низькопродуктивні, перезволожені, еродовані тощо). Крім отримання значної кількості деревної енергетичної сировини, це дозволить також значно підвищити ефективність використання таких площ, суттєво поліпшити екологічний стан довкілля і створити сприятливі умови для наступного вирощування на цих землях сільськогосподарських культур чи традиційних лісових насаджень [6, 8].

Успішність вирощування енергетичної вербової сировини залежить від вдалого поєднання ґрунтового-кліматичних умов, вирощуваного виду (сорту) і застосованої системи агротехнічних заходів.

Мета досліджень – вивчення особливостей росту і продуктивності енергетичних плантацій двох видів верби – прутовидної (*S. viminalis* L.) та тритичинкової (*S. triandra* L.) на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу України та встановлення оптимальної періодичності збору їх біомаси.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили упродовж 2013 – 2015 рр. на дослідному полі ІБКіЦБ НААН (ДПДГ «Саливінківське», с. Ксаверівка-2 Васильківського району Київської області). Передбачалось встановити відсоток укорінення живців, особливості росту та продуктивності енергетичних плантацій верб залежно від термінів їх створення і експлуатації.

Відомо, що у перші роки значну загрозу для насаджень верби становлять багаторічні бур'яни та личинки шкідників, тому площа під створення дослідної

плантації на початку вересня 2013 року була оброблена гербіцидами суцільної дії, після чого був проведений якісний механічний обробіток ґрунту. Садіння живців завдовжки 20 см і завтовшки 10-15 мм здійснювалось у два строки: третя декада вересня та третя декада жовтня.

Верби, що використовуються для отримання енергетичної біомаси, характеризуються високою світлолюбністю, дуже вразливі до затінення бур'янами і потребують ретельного догляду міжряддях та у рядах, особливо у перший рік вегетації [4, 7]. У зв'язку з цим, перший механізований догляд за плантаціями був проведений невдовзі після початку вегетаційного періоду, а наступні два проводились залежно від щільності ґрунту ($1,2-1,25 \text{ г/см}^2$ і більше) та за наявності бур'янів (рис. 1).

Рис. 1. Механізований догляд за ґрунтом міжряддях плантації верби прутівидної (ДПДГ «Саливонківське», квітень 2013 р.)

Для максимального знищення бур'янів і зменшення необхідності застосування ручної праці, одночасно з культивацією проводили присипання бур'янів ґрунтом у рядках верби. Для цього культиватор КРНВ-5.6-02 під час першого догляду обладнали лапами-бритвами, а під час наступних – переобладнаними захисними дисками. У цьому разі, як показали наші дослідження, знищується 50-60 % бур'янів.

З настанням періоду інтенсивного росту пагонів (кінець червня) механізоване розпушування ґрунту було припинене через можливе пошкодження механізмами надземної частини кущів (рис. 2).

Рис. 2. Останній механізований догляд за ґрунтом плантації верби прутівидної (ДПДГ «Саливінківське», червень 2013 р.)

Обприскування листя проти листорозїзучих шкідників як у перший, так і в наступні роки не проводили через їх незначну чисельність.

Після закінчення кожного вегетаційного періоду визначали збереженість рослин, їхні розміри та масу. Висоту кущів та діаметр найвищого пагона у кущі визначали також у кінці кожного місяця вегетації. Частину плантації перед початком третього вегетаційного періоду було зрізано для встановлення доцільності застосування дворічного циклу збирання урожаю.

Під час проведення досліджень використовувались традиційні методики досліджень. Вимірювання висоти кущів верби проводили за допомогою мірної рейки з точністю до 1 см, а діаметра найбільшого пагона у кущі – електронним штангенциркулем із точністю до 0,1 мм. Отримані дані обробляли на ПК за допомогою пакета Statistika.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідженнями, проведеними після завершення першого вегетаційного періоду встановлено, що садіння,

виконане у третій декаді вересня, забезпечило укоріненість живців верби тритичинкової на рівні 85 %, а прутовидної – 92 %; проведене у кінці жовтня – відповідно 80 та 87 %. У наступні роки відпад рослин був незначним.

З'ясувалося, що в досліджуваних умовах верба прутовидна за перший та другий вегетаційні періоди за біометричними показниками перевищувала вербу тритичинкову (рис. 3).

Рис. 3. Динаміка висоти та діаметру сортів енергетичної верби другого року вегетації (ДПДГ «Саливонківське», 2014 р.)

Середні показники висоти та діаметра пагонів дворічних кущів верби прутовидної у травні становили відповідно 94 см та 5,8 мм, а у тритичинкової – 68 см та 4,5 мм. До кінця вегетації ця тенденція збереглась. Найбільш інтенсивний ріст рослин спостерігався протягом літніх місяців, у вересні темпи приросту різко знизилися, а припинення росту відбулося у жовтні. На цей час кущі верби прутовидної мали середню висоту 254 см, а тритичинкової – 191 см; річний приріст за висотою становив відповідно 160 та 123 см.

За третій вегетаційний період показники приросту плантацій досліджуваних верб за висотою виявилися ще більшими: у верби прутовидної приріст становив 181 см, а у тритичинкової – 164 см. Між тим середня висота трирічних рослин на дослідних плантаціях верби прутовидної за садіння живців у вересні і жовтні становила відповідно $4,4 \pm 0,12$ і $4,3 \pm 0,16$ м, а у тритичинкової – $3,5 \pm 0,14$ м і

3,6 ± 0,16 м (табл. 1).

1. Збереженість, ріст і продуктивність трирічних енергетичних плантацій верби (ДПДГ «Саливонківське», 2015 р.)

№ з/п	Характеристика плантації	Збереженість, %	Характеристика середнього куща		Продуктивність сирової маси, т/га
			висота, м	сиря маса, кг	
1	Верба тритичинкова, садіння у III декаді вересня	82,1 ± 7,37	3,5 ± 0,14	2,6	27,7
2	Вербатритичинкова, садіння у III декаді жовтня	78,6 ± 7,90	3,6 ± 0,16	3,0	30,9
3	Вербапрутовидна, садіння у III декаді вересня	89,3 ± 5,95	4,4 ± 0,12	4,7	54,6
4	Вербапрутовидна, садіння у III декаді жовтня	85,7 ± 6,73	4,3 ± 0,16	2,9	32,3

Як видно з наведених даних, усі варіанти дослідів відзначалися високою збереженістю рослин. Разом з тим, за більш раннього садіння живців, вона у обох видів вища, ніж за садіння у кінці жовтня. Також за обох строків садіння показники збереженості вищі у верби прутовидної. Вона відзначалася більшими розмірами і масою кущів. Усе це забезпечило її плантаціям вищі показники продуктивності.

Максимальними показники свіжозрізаної маси (54,6 т/га) виявилися у верби прутовидної, висадженої у третій декаді вересня. У верби тритичинкової цей показник становив 27,7 т/га. Дещо нижчою продуктивністю характеризувалося насадження верби прутовидної, створене у кінці жовтня – 32,3 т/га, а продуктивність верби тритичинкової цьому між тим виявилася вищою, ніж за садіння у вересні і становила 30,9 т/га. Достатньо високою продуктивністю відзначався варіант, де навесні 2015 року кущі досліджуваних видів верб були зрізані після другого року вирощування (табл. 2).

Водночас було отримано 29,2 т/га свіжозрізаної маси верби прутовидної та 26,4 т/га – тритичинкової. За вегетаційний період 2015 року від зрізаних дворічних рослин верби тритичинкової відросли кущі із середньою висотою 3,2 ± 0,14 м, а у прутовидної – 2,7 ± 0,12 м (рис. 4), урожай деревної маси яких становив відповідно 14,7 т/га та 12,7 т/га.

2. Продуктивність трирічних плантацій верб прутовидної та тритичинкової (дослідне поле ІБКіЦБ, 2015 р.)

Варіант досліджу	Періоди росту деревної маси	Середня висота кущів, м	Свіжозрізана маса		
			середнього куща, кг	урожай, т/га	річний приріст, т/га
Верба тритичинкова 2-річна + 1-річна	2013 – 2014	$1,9 \pm 0,08$	2,7	26,4	13,2
	2015	$3,2 \pm 0,14$	1,5	14,7	14,7
	Разом			41,1	13,7
Верба тритичинкова 3-річна	2013 – 2015	$3,5 \pm 0,14$	2,6	27,7	9,2
Верба прутовидна 2-річна + 1-річна	2013 – 2014	$2,5 \pm 0,12$	2,8	29,2	14,6
	2015	$2,7 \pm 0,12$	1,2	12,7	12,7
	Разом			41,9	14,0
Верба прутовидна 3-річна	2013 – 2015	$4,4 \pm 0,12$	4,7	54,6	18,2

а)

б)

Рис. 4. Загальний вигляд плантації верби прутовидної: а) навесні; б) восени 2015 р. на дослідному полі ІБКіЦБу ДПДГ «Саливінківське». (на кожному з рисунків: зліва – ряд рослин з дворічною надземною частиною, а справа – з однорічною)

Таким чином, за такого варіанту збирання урожаю, загальна продуктивність трирічних плантацій обох досліджуваних видів виявилася практично однаковою: відповідно 41,1 і 41,9 т/га. За застосування трирічного циклу збору деревної маси

продуктивність досліджуваних верб суттєво відрізняється: у верби тритичинкової вона становить 27,7 т/га, або 9,2 т/га у рік, а у верби прутovidної – відповідно 54,6 і 18,2 т/га, тобто є майже у два рази вищою.

З отриманих даних можна зробити висновок про те, що у перші роки вирощування і експлуатації енергетичних плантацій верби прутovidної на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу доцільно застосовувати трирічний цикл збору урожаю, а для верби тритичинкової – дворічний, однак для отримання достовірних даних необхідні повторні багаторічні дослідження.

На даному етапі можна констатувати, що у виробничих умовах, враховуючи природні умови, маркетинг і логістику, можна використовувати як дворічний, так і трирічний цикл заготівлі енергетичної сировини обох досліджуваних видів верби.

Висновки

1. Успішність вирощування енергетичної вербової сировини залежить від оптимального поєднання вирощуваного виду (сорту) верби, ґрунтового-кліматичних умов і застосованої системи агротехнічних заходів, тому актуальною проблемою є вибір високопродуктивних видів і форм верб та ефективних технологічних схем їх плантаційного вирощування, адаптованих до певних ґрунтового-кліматичних умов України.

2. На вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу ранньоосіннє садіння живців (у третій декаді вересня), забезпечило вищу приживлюваність живців верб тритичинкової та прутovidної (відповідно 85 % і 92 %), ніж садіння у третій декаді жовтня (відповідно на 80 % та 87 %). У наступні роки відпад рослин на плантаціях був незначним і не мав суттєвого впливу на їх продуктивність.

3. Для максимального знищення бур'янів і зменшення необхідності застосування ручної праці одночасно з культивацією доцільно проводити присипання бур'янів ґрунтом у рядках верби. Для цього культиватор КРНВ-5.6-02 під час перших доглядів доукомплектується лапами-бритвами, а під час наступних – переобладнаними захисними дисками. Цей захід дозволяє знищити близько 50-60 % бур'янів.

4. За застосування дворічного циклу збирання урожаю загальна продуктивність трирічних плантацій верб тритичинкової та прутovidної виявилася практично однаковою: відповідно 41,1 і 41,9 т/га. У разі застосуванні трирічного циклу збору деревної маси продуктивність верби прутovidної (54,6 т/га) є майже у два рази вищою, ніж у верби тритичинкової (27,7 т/га), що дозволяє зробити попередній висновок про те, що у перші роки вирощування енергетичних плантацій верби прутovidної на вилугуваних чорноземах Центрального Лісостепу доцільно застосовувати трирічний цикл збору урожаю, а для верби тритичинкової – дворічний.

5. У виробничих умовах, із урахуванням погодних умов, маркетингу і логістики, можна вважати доцільним використання як дворічного, так і трирічного циклу заготівлі вербової енергетичної сировини.

Список літератури

1. Гументик М. Я. Вирощування та використання органічної сировини для виробництва енергії / М. Я. Гументик // Збірник наукових праць ІБКіЦБ НААН. – 2012. – Вип. 14. «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур». — С. 446-448.
2. Дебринюк Ю. М. Плантаційні лісові насадження як об'єкти невичерпного виробництва енергетичної біомаси / Ю. М. Дебринюк // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2009. – Вип. 116. – С. 170-178.
3. Дебринюк Ю. М. Насадження з коротким оборотом рубки як відновлюване джерело енергії / Ю. М. Дебринюк // Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування. – 2010. – Вип. 147. – С. 201-208.
4. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / [М. В. Роїк, В. М. Сінченко, Я. Д. Фучило та ін.]. – Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. – 340 с.
5. Роїк М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива / М. В. Роїк., М. Я. Гументик, В. В. Мамайсур // Біоенергетика. – 2013. – № 2. – С. 18-19.
6. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: Науково-методичні рекомендації / [Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, О. Я. Фучило, В. М. Літвін] – К.: Логос, 2009. – 80 с.
7. Фучило Я. Д. Верб України (біологія, екологія, використання) / Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна. – К.: Логос, 2009. – 200 с.
8. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. / Я. Д. Фучило. – К.: Логос, 2011. – 464 с.
9. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications / N. El Bassam. – London; Washington, DC : Earthscan,

2010. – 544 p.

10. McCracken A. R. Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures / A. R. McCracken, W. M. Dawson // *Tests of Agrochemicals and Cultivars*. – 1998. – No. 14. – P. 54-55.

11. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (eds) / Crops Research Centre, Carlow & Agri-Food Bioscience Institute. – Carlow, Ireland : Teagasc, 2012. – 64 p.

References

1. Humentyk, M.Y. (2012). *Vyroshchuvannya ta vykorystannya orhanichnoyi syrovyny dlya vyrobnytstva enerhiyi* [The cultivation and use of organic raw materials for energy production]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buryakiv Natsionalnoyi akademiiy ahrarnykh nauk* [Collection of scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet of National Academy of agrarian Sciences of Ukraine], 14, 446–448. [in Ukraine]

2. Debrynyuk Y.M. (2009). *Plantatsiyni lisovi nasadzhennya yak obyekty nevycherpnoho vyrobnytstva enerhetychnoyi biomasy* [Forest plantations as objects of inexhaustible production of energy biomass]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya* [Forestry and forest meliorations]. 116, 170–178. [in Ukraine]

3. Debrynyuk Y.M. (2010). *Nasadzhennya z korotkym oborotom rubky yak vidnovlyuvane dzherelo enerhiyi* [Forest short-rotation stand as renewable energy source]. *Naukovyy visnik Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya* [Scientific Bulletin of National University of Life and environmental Sciences of Ukraine], 147, 201–208. [in Ukraine]

4. Royik M.V., Sinchenko V.M., Fuchylo, Ya. D. et al (2015), *Enerhetychna verba: tekhnolohiya vyroshchuvannya ta vykorystannya* [Energy willow: technology of cultivation and use]. Vinnytsya: TOV «Niland LTD». [in Ukraine]

5. Royik M.V., Humentyk, M.Y. & Mamaisur V.V. (2013) *Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby dlya vyrobnytstva tverdoho biopalyva* [Prospects of cultivation of energy willow for the production of solid biofuels]. *Bioenerhetyka* [Bioenergy], 2, 18–19. [in Ukraine]

6. Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., Fuchylo, D.Ya. & Litvin V.M. (2009) *Stvorennya ta vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsiy verb i topol. Naukovo-metodychni rekomendatsiyi* [The creation and cultivation of energy plantations of willows and poplars. Scientific-methodical recommendations]. Kyiv: Lohos. [in Ukraine]

7. Fuchylo, Ya. D., & Sbytna, M. V. (2009). *Verby Ukrainy (biolohiya, ekolohiya, vykorystannya)* [Willows of Ukraine (biology, ecology, use)]. Kyiv: Lohos. [in Ukraine]

8. Fuchylo, Ya. D. (2011). *Plantatsiyni lisovyroshchuvannya: teoriya, praktyka, perspektyvy* [Forest plantations: theory, practice, perspectives]. Kyiv: Lohos. [in

Ukraine]

9. El Bassam, N. (2012). Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications. London/Washington, DC: Earthscan.

10. McCracken, A. R., & Dawson, W. M. (1998). Interaction of willow (*Salix*) clones growing in mixtures. Tests of Agrochemicals and Cultivars, 19, 54–55.

11. Caslin, B., Finnan, J., & Mc Cracken, A. (Eds.). (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland : Teagasc.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЛАНТАЦИЙ ИВЫ (*SALIX L.*) В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Я. Д. Фучило, М. Я. Гументик, Я. П. Макух

Аннотация. Снижение зависимости экономики от импорта ископаемых видов топлива является одной из насущных проблем Украины. В ее решении важное место занимают возобновляемые источники энергии, в частности – древесина. Целью исследований было изучение особенностей роста и производительности энергетических плантаций ивы прутьевидной (*Salix viminalis L.*) и трехтычинковой (*Salix triandra L.*) на выщелоченных черноземах Центральной Лесостепи Украины и установления оптимальной периодичности сбора их биомассы.

Установлено, что высаживание черенков в третьей декаде сентября обеспечило их укореняемость на уровне 85 % у ивы трехтычинковой и на 92 % – у прутьевидной. Черенки, высаженные в конце октября, прижились соответственно на 80 и 87 %. При использовании двухлетнего цикла сбора урожая общая производительность трехлетних плантаций ивы трехтычинковой и прутьевидной оказалась практически одинаковой: соответственно 41,1 и 41,9 т/га. При срезании древесной массы через три года производительность ивы прутьевидной (54,6 т / га) значительно выше, чем у ивы трехтычинковой (27,7 т / га), что позволяет сделать вывод, о целесообразности в условиях региона исследований в первые годы выращивания энергетических плантаций ивы прутьевидной применения трехлетнего цикла сбора урожая, а для ива трехтычинковой – двухлетнего.

В производственных условиях, с учетом погодных условий, маркетинга и логистики, можно считать целесообразным использование как двухлетнего, так и трехлетнего цикла заготовки ивового энергетического сырья обоих исследуемых видов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биомасса, энергетические плантации, ива, черенки, сроки посадки, рост, производительность, периодичность сбора урожая

ENERGY WILLOW (*SALIX L.*) PLANTATION PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Ya. D. Fuchylo, M. Ya. Humentyk, Ya. P. Makukh

Abstract. *Reducing the dependence of the economy on imported fossil fuels is a critical problem in Ukraine. Renewable energy sources, in particular, wood take a large part in solving this problem. The purpose of the research was to study the specifics of growth and productivity of energy plantations of two willow varieties, namely basket willow (*Salix viminalis L.*) [1] and almond willow (*Salix triandra L.*) on leached black soil in the Central Forest-Steppe of Ukraine and to find out the optimal frequency of biomass harvesting.*

Planting in late September provided 85% establishment of almond willow cuttings and 92% of basket willow, while conducted in late October, 87 and 80%, respectively.

Given two-year harvest cycle, the total productivity of three-year plantations of almond and basket willow was almost identical (41.1 and 41.9 t/ha, respectively). Three-year harvest cycle ensured yield of 54.6 t/ha in basket willow, that was much higher than yield of almond willow (27.7 t/ha). This leads us to a preliminary conclusion that in the early years of growing basket willow under the conditions of studied region it is appropriate to use the three-year harvest cycle and while for almond willow two-year harvest cycle is feasible.

In a production environment, taking into account the weather conditions, marketing and logistics, both two-year and three-year harvest cycle can be considered appropriate to produce feedstock of both energy willow species.

Keywords: *renewable energy, biomass, energy plantations, willow, cuttings, timing of planting, growth, productivity, frequency of harvest*