

УДК 662.63:633.584.3–021.465:631.526.3]:631.535+631.8
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.13>

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАГОНІВ ВЕРБИ РІЗНИХ СОРТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЗАГОТІВЛІ ЖИВЦІВ ТА УДОБРЕННЯ

Доронін В.А. – д.с.-г.н., професор,
завідувач лабораторією насінництва та насіннєзнавства буряків
і біоенергетичних культур,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-9355-881X

Данюк В.О. – аспірантка,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0009-0004-0985-4480

Біохімічний склад верби змінювався залежно від агротехнологічних заходів вирощування. Так, вміст сухої речовини змінювався від 62,4 до 66,5 % у сорту Збруч і від 62,4 до 65,8 % у сорту Панфільська. При цьому достовірної різниці між сортами, способом заготівлі живців та удобренням не встановлено.

Необхідно відзначити, що вміст золи у вербі сорту Збруч достовірно зростав за використання пагонів порівняно з живцями у 1,5–2,0 рази. При цьому застосування N_{103} достовірно знижувало вміст золи від 3,0 до 2,0 % за використання живців і від 4,0 до 3,0 % за використання пагонів. Проте у сорту Панфільська вміст золи майже не змінювався залежно від агротехнологічних заходів – 2,0–2,2 %. Не встановлено також достовірної різниці між сортами за показником целюлози у вербі. При цьому застосування добрива достовірно підвищувало вміст целюлози на 8–10 % залежно від способу заготівлі живців.

Не виявлено достовірних змін щодо вмісту геміцелюлози і лігніну в обох сортів верби. Так, вміст геміцелюлози становив 12,0–12,3 % а вміст лігніну – 11,0–11,6 % залежно від варіанту дослідів.

Вміст основних елементів живлення в пагонах верби змінювалось від застосування добрива. Проте не встановлено чіткої залежності між вмістом азоту, фосфору та калію в пагонах верби залежно від сорту та способу заготівлі живців. Так, застосування добрива сприяло зростанню вмісту азоту на 5–10 %, фосфору – на 3–11 %, а калію – на 4–19 % залежно від варіанту дослідів.

Необхідно відзначити, що вміст хлору та сірки майже не змінювався залежно від варіанту дослідів. Так, вміст хлору в пагонах змінювався від 0,012 до 0,015 %, а вміст сірки – від 0,06 до 0,08 % за різних агротехнологічних заходів вирощування верби.

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що вміст золи достовірно зростає від застосування пагонів для живцювання. При цьому застосування добрив істотно знижує цей показник у сорту верби Збруч. Не встановлено однозначного впливу досліджених чинників на формування вмісту сухої маси, вмісту целюлози, вмісту азоту, фосфору та калію в пагонах верби. Вміст геміцелюлози і лігніну, а також хлору та сірки майже не змінюється від агротехнологічних заходів.

Ключові слова: технологічні властивості, верба енергетична, удобрення, спосіб живцювання, сорт.

Doronin V.A., Daniuk V.O. Technological property formation of willow shoots of different varieties depending on the method of harvesting cuttings and fertilizer

The biochemical composition of willow changed depending on the agrotechnological methods of cultivation. Thus, the dry matter content varied from 62.4 to 66.5 % in the Zbruch variety and from 62.4 to 65.8 % in the Panfilska variety. At the same time, there was no significant difference between the varieties, the method of harvesting cuttings and the fertilizer.

It should be noted that the ash content in the willow of the Zbruch variety reliably increased by 1.5–2.0 times when using shoots compared to cuttings. At the same time, N105 application reliably reduced the ash content from 3.0 to 2.0 % when using cuttings and from 4.0 to 3.0 % when using shoots. However, in the Panfilska variety, the ash content almost did not change depending on agrotechnological measures – 2.0–2.2 %. There was also no significant difference between the varieties in terms of cellulose in willow. At the same time, the use of fertilizer reliably increased the cellulose content by 8–10 % depending on the method of harvesting cuttings.

No significant changes in hemicellulose and lignin content were found in both varieties of willow. Thus, the hemicellulose content was 12.0–12.3 %, and the lignin content was 11.0–11.6 % depending on the experiment variant.

The content of the main nutrients in the willow shoots changed with the use of fertilizer. However, no clear relationship between the content of nitrogen, phosphorus and potassium in willow shoots has been established depending on the variety and harvesting cutting method. Thus, the use of fertilizer contributed to an increase in nitrogen content by 5–10 %, phosphorus – by 3–11 %, and potassium – by 4–19 % depending on the experiment variant.

It should be noted that the chlorine and sulfur content almost did not change depending on the experiment variant. Thus, the chlorine content in the shoots varied from 0.012 to 0.015 %, and the sulfur content from 0.06 to 0.08 % under different agrotechnological measures for willow cultivation.

Therefore, as a result of the conducted research, it was established that the ash content reliably increases with the use of shoots for grafting. At the same time, fertilizer application significantly reduces this indicator in the Zbruch willow variety. No unequivocal influence of the studied factors on the formation of dry mass content, cellulose content, nitrogen, phosphorus and potassium content in willow shoots has been established. The content of hemicellulose and lignin, as well as chlorine and sulfur, almost does not change from agrotechnical measures.

Key words: technological properties, energy willow, fertilizer, grafting method, variety.

Актуальність теми дослідження. Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верб є: вибір місця для посадок, ретельний обробіток ґрунту, вибір оптимального для лісорослинних умов лісокультурної площі виду (клону) верби, придатного для вирощування запланованих асортименту і виду садивного матеріалу, сезону і способів садіння, догляду за ґрунтом, внесення добрив та захисту рослин від шкідників і хвороб [1, 2]. Зважаючи на високу порослеву здатність верб, після зрізання вирощеної сировини з порослі формується наступна генерація плантації. Таких генерацій, в залежності від вирощуваного асортименту, може бути від кількох десятків (плантації на прут) до 2–3, за вирощування балансової деревини, пиловника та інших середніх і грубих сортиментів [3, 4]. У зв'язку з цим важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок.

Постановка проблеми. У Канаді в провінції Саскачеван дослідження врожайності тридцяти культиварів верби протягом першого трирічного циклу вирощування показали, що продуктивність енергетичної біомаси становила у середньому 10,5 т/га у рік (середня збереженість рослин – 81 %) [5]. Найвищі показники урожайності – 17,4 т/га сухої біомаси на рік тут продемонстрував сорт «Tully Champion» [6].

Аналіз морфометричних показників та урожайності біомаси 30-ти досліджуваних сортів показав, що висока продуктивність енергетичних плантацій може бути досягнута за використання двох типів сортів [7]. До першого з них входять клони, яким властива висока кущистість та щільність деревини, мала товщина пагонів, високий вміст азоту в листі та відносно низький індекс площі листя. До другого типу відносяться сорти з малою кількістю пагонів, що відзначаються великим їх діаметром, низькою щільністю деревини, низьким вмістом азоту в листі та високим індексом листової площі [8].

У провінції Квебек дослідження енергетичних плантацій 12-ти швидкорослих клонів верби (густота садіння 18 тис. шт./га) показали, що деякі клони *Salix sachalinensis* та *Salix miyabeana* були більш урожайними та стійкішими до ураження хворобами та пошкодження комахами та ніж *Salix viminalis* [9]. Також було встановлено, що деякі види і форми місцевих верб здатні зростати за незначного рівня засолення ґрунту та вплив різних варіантів зволоження ґрунту на продуктивність біомаси кількох північноамериканських видів. Селекційні роботи у США спрямовані на повторне схрещування найперспективніших форм верби, масове отримання гібридів і вибір з них найкращих екземплярів для проведення подальших селекційних досліджень [10]. Ефективність такої стратегії підтверджена дослідженнями, проведеними в штаті Мінесота, де за перший трирічний цикл вирощування продуктивність енергетичних плантацій гібридних сортів верби становила від 7,4 до 16,0 т/га сухої маси на рік, тоді як у насадженнях місцевих верб – лише 0,69–1,83 т/га. Проведена селекційна робота дозволила дослідникам США вивести і запатентувати низку високопродуктивних сортів: «Tully Champion», «Otsco», «Canastota», «Millbrook» та інші. Дослідженнями 15-ти сортів, проведеними у Польщі, встановлено, що за трирічного циклу збирання біомаси, найбільший врожай (понад 15 т/га сухої біомаси у рік) забезпечили сорти верби «Ekotur», «Zubr» та «Start». Селекційні дослідження та вивчення інтродукованих сортів верби виконуються також у низці інших країн [11].

Для успішної ефективності в цьому напрямку отримування енергетичної вербової сировини важливо враховувати залежність від ґрунтово-кліматичних умов, відбору високопродуктивних в цих умовах видів (сортів) та впровадження ефективних технологічних схем створення, вирощування та експлуатації їх плантацій [12, 13].

Проведений огляд свідчить, що відсутня інформація щодо заготівлі, зберігання садивного матеріалу енергетичної верби та впливу його якості на формування продуктивності енергетичної верби. Дослідження цих елементів технології забезпечить створення сприятливих умов для максимальної приживлюваності живців чи пагонів енергетичної верби, та підвищення коефіцієнту розмноження садивного матеріалу. Застосування абсорбенту при садіння живців забезпечило б доступною, і в необхідній кількості, вологою на період посухи, зменшило б контрасти коливання вологозабезпечення рослин в період вегетації, і тим самим суттєво впливало б на підвищення виходу саджанців.

В Україні, зважаючи на значні проблеми із забезпеченням традиційним видом енергоносіїв, і при сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами та традиції землеробства, виробництво енергетичної рослинної біомаси має великі перспективи і надалі сприятиме зменшенню необхідності імпорту твердого біопалива. Широке впровадження у виробництво енергетичної верби не можливе без наявності достатньої кількості високоякісного садивного матеріалу, тому розробка елементів технології, які забезпечують одержання якісних живців або пагонів є актуальним.

Методика досліджень. Дослідження проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків с. Ксаверівка 2 упродовж 2023–2025 рр.

Дослідження проводили з двома видами енергетичної верби – тритичинкової верби сорту Панфільська та прутovidної верби сорту Збруч. Це сорти Української селекції які занесені до Державного реєстру сортів рослин власниками яких є інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії

аграрних наук України та Панфільська дослідна станція Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

Первинний дослід було закладено в першій декаді квітня 2020 р. з використанням живців та пагонів як садивного матеріалу. Пагони перед висаджуванням нарізали на живці які зберігали в сховищі за різних умов: у контейнерах, у контейнерах з обробкою зрізів вапном, у прошарку піску в сховищі, у прошарку в піску з обробкою зрізів вапном, у поліетиленових мішках. у поліетиленових мішках в сховищі з обробкою зрізів вапном. Після 3-х років вегетації було здійснено скошування енергетичної верби та здійснено підживлення рослин аміачною селітрою перед початком нового вегетаційного періоду також щорічно проводили підживлення гранульованим добривом N_{105} .

Загальна площа ділянок: 990,88 м², повторність чотирикратна. Розміщення варіантів та повторень – рандомізоване. Висадка енергетичної верби проводилась в першій декаді квітня 2020 р. з міжряддям 70 см та кроком садіння в рядку 70 см.

Дослідне поле Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України, в зоні нестійкого зволоження, яка характеризується помірноконтинентальним кліматом. Рельєф дослідного поля слабохвилястий рівнина з невеликим нахилом поверхні. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу 2,64 % (за методом Тюріна) рухомих форм фосфору та обмінного калію (за Чириковим) становить відповідно – 180 та 160 мг/кг, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 280 мг/кг. Кислотність ґрунту (рН) – 6,6. Глибина гумусового горизонту 100–120 см.

У рослинних зразках визначали вміст сухої речовини термогравіметричним методом, вміст основних елементів живлення в рослинному матеріалі після мокрого озолення в сірчаній кислоті за МВВ 31-497058-019-2005, вміст золи – спалюванням у муфельній печі.

Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу однофакторного польового дослід, використовуючи пакет стандартних програм Microsoft Excel 2016.

Результати досліджень. Результати досліджень свідчать, що біохімічний склад верби змінювався залежно від агротехнологічних заходів вирощування (табл. 1). Так, вміст сухої речовини змінювався від 62,4 до 66,5 % у сорту Збруч і від 62,4 до 65,8 % у сорту Панфільська. При цьому достовірної різниці між сортами, способом заготівлі живців та удобренням не встановлено.

Необхідно відзначити, що вміст золи у вербі сорту Збруч достовірно зростав за використання пагонів порівняно з живцями у 1,5–2,0 рази. При цьому застосування N_{105} достовірно знижувало вміст золи від 3,0 до 2,0 % за використання живців і від 4,0 до 3,0 % за використання пагонів. Проте у сорту Панфільська вміст золи майже не змінювався залежно від агротехнологічних заходів – 2,0–2,2 %. Не встановлено також достовірної різниці між сортами за показником целюлози у вербі. При цьому застосування добрива достовірно підвищувало вміст целюлози на 8–10 % залежно від способу заготівлі живців.

Не виявлено достовірних змін щодо вмісту геміцелюлози і лігніну в обох сортах верби. Так, вміст геміцелюлози становив 12,0–12,3 % а вміст лігніну – 11,0–11,6 % залежно від варіанту дослід.

Таблиця 1

**Біохімічна складова пагонів різних сортів верби
від способу заготівлі живців та удобрення**

Варіант	Вміст, %				
	сухої речовини	золи	целюлози	геміцелюлози	лігніну
Збруч живці-доброво	62,4	2,0	35,0	12,1	11,6
Збруч живці-контроль	63,4	3,0	32,4	12,0	11,1
Збруч пагони-доброво	63,5	3,0	36,3	12,3	11,1
Збруч пагони-контроль	63,4	4,0	33,0	12,1	11,2
Панфільська живці-доброво	63,1	2,0	35,2	12,1	11,1
Панфільська живці-контроль	62,4	2,0	33,2	12,1	11,1
Панфільська пагони -доброво	62,5	2,2	36,3	12,2	11,2
Панфільська пагони контроль	63,8	2,0	34,0	12,0	11,0
<i>НІР₀₅</i>	<i>3,1</i>	<i>0,1</i>	<i>1,8</i>	<i>0,6</i>	<i>0,5</i>

Таблиця 2

**Біохімічна складова пагонів різних сортів верби
від способу заготівлі живців та удобрення**

Варіант	N,%	P,%	K,%	Хлор,%	Сірка,%
Збруч живці-доброво	1,10	0,50	1,55	0,015	0,07
Збруч живці-контроль	1,00	0,45	1,30	0,014	0,07
Збруч пагони-доброво	1,15	0,55	1,45	0,015	0,08
Збруч пагони-контроль	1,10	0,45	1,40	0,015	0,07
Панфільська живці-доброво	1,12	0,50	1,50	0,013	0,08
Панфільська живці-контроль	1,10	0,50	1,45	0,012	0,08
Панфільська пагони -доброво	1,15	0,55	1,50	0,013	0,07
Панфільська пагони контроль	1,00	0,45	1,45	0,012	0,06
<i>НІР₀₅</i>	<i>0,05</i>	<i>0,02</i>	<i>0,07</i>	<i>0,001</i>	<i>0,01</i>

Вміст основних елементів живлення в пагонах верби змінювалось від застосування добрива (табл. 2). Проте не встановлено чіткої залежності між вмістом азоту, фосфору та калію в пагонах верби залежно від сорту та способу заготівлі живців. Так, застосування добрива сприяло зростанню вмісту азоту на 5–10 %, фосфору – на 3–11 %, а калію – на 4–19 % залежно від варіанту досліджу.

Необхідно відзначити, що вміст хлору та сірки майже не змінювався залежно від варіанту досліджу. Так, вміст хлору в пагонах змінювався від 0,012 до 0,015 %, а вміст сірки – від 0,06 до 0,08 % за різних агротехнологічних заходів вирощування верби.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що вміст золи достовірно зростає від застосування пагонів для живцювання. При цьому застосування добрив істотно знижує цей показник у сорту верби Збруч. Не встановлено однозначного впливу досліджених чинників на формування вмісту сухої маси, вмісту целюлози, вмісту азоту, фосфору та калію в пагонах верби. Вміст геміцелюлози і лігніну, а також хлору та сірки майже не змінюється від агротехнологічних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Доронін В. А., Кравченко Ю. В., Дрига В. В., Доронін В. В. Формування садивного матеріалу міскантусу в другому році вегетації залежно від елементів технології його вирощування. *Біоенергетика*. 2018. № 2. С. 28–31.
2. Моргун А. В., Коваленко А. М., Любич В. В. Параметри формування сировини тютюну. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 82–88.
3. Мандровська С. М., Любич В. В. Формування продуктивності різних сортів проса прутноподібного. *Збірник Уманського НУС*. 2024. Вип. 105. С. 84–95.
4. Любич В. В., Моргун А. В. Технологічні параметри формування тютюнової сировини у Правобережному Лісостепу. *Збірник Уманського НУС*. 2024. Вип. 105. С. 153–162.
5. Горелов О. М., Фучило Я. Д., Кругляк Ю. М. та ін. Гібридизація та селекція верб як перспективний напрям отримання високопродуктивних клонів. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2014. Вип. 125. С. 108–114.
6. Гументик М. Я. Ефективне використання біомаси та сільськогосподарських відходів. *Агроеліта*. 2019. № 2. С. 12–13.
7. Гументик М. Я., Гайда Ю. І., Фучило Я. Д., Гнап І. В. Економічна ефективність інвестицій у вирощування біоенергетичних культур в зоні лісостепу України. *Економічний аналіз*. 2018. Т. 28, № 2. С. 21–30.
8. Доронін В. А., Дрига В. В., Кравченко Ю. А., Доронін В. В. 133 Особливості формування садивного матеріалу міскантусу гігантського залежно від елементів технології вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 351–360.
9. Гордієнко М. І., Фучило Я. Д. Морфометричні параметри та посівні якості насіння деяких представників роду *Salix* L. в умовах Полісся України. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 1999. Вип. 9.10. С. 56–58.
10. Дебринок Ю. М. Насадження з коротким оборотом рубки як відновлюване джерело енергії. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. Вип. 147. С. 201–208.
11. Дебринок Ю. М. Плантаційні лісові насадження як об'єкти невичерпного виробництва енергетичної біомаси. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. Вип. 116. С. 170–178.

12. Гелету́ха Г. Г., Же́lezна Т. А., Олі́йник Є. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. Т. 35, № 5. С. 48–57.

13. Гелету́ха Г. Г., Же́lezна Т. А., Олі́йник Є. М., Гелету́ха А. І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. Т. 35, № 6. С. 67–75.

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 05.12.2025