

УДК 662.63:633.584.3–021.465:631.526.3]:631.535+631.8
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.19>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

Данюк В.О. – аспірантка,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії
аграрних наук України
orcid.org/0009-0004-0985-4480

Дрига В.В. – д.с.-г.н.,

головний науковий співробітник лабораторії насінництва та насіннезнавства
буряків і біоенергетичних культур,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії
аграрних наук України
orcid.org/0000-0001-8085-5313

Мета – з'ясувати особливості формування вегетативної маси різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців. *Методи*. Польовий – закладання дослідів, облік висоти рослин, кількості пагонів та їх діаметру, аналізування, статистичний.

Експериментально підтверджено достовірне збільшення лінійних розмірів (висоти та діаметра) пагонів обох досліджуваних сортів енергетичної верби внаслідок внесення аміачної селітри як мінерального добрива. Ця позитивна динаміка простежується протягом усього вегетаційного періоду, починаючи від старту вегетації і до її завершення, та не залежить від терміну заготівлі садивного матеріалу (живців). На початкових етапах розвитку інтенсивність ростових процесів за висотою була статистично значущо вищою у сорту Збруч порівняно із сортом Панфільська. Зокрема, в умовах контролю (без підживлення) середні показники висоти становили 7,13 см та 7,99 см відповідно, тоді як при застосуванні аміачної селітри вони зросли до 3,56 см і 12,18 см. Проте до кінця вегетації диференціація за цим показником між сортами була нівельована.

Встановлено кореляцію між підживленням добривами та збільшенням товщини (діаметра) пагонів обох сортів. Наприклад, для сорту Панфільська (заготівля живців осіння) початковий діаметр у контролі становив 2,64 см. Після застосування добрив цей показник збільшився на 0,51 см (при НІР добрива = 0,18 см). Наприкінці вегетації приріст діаметра становив 0,81 см (НІР добрива = 0,48 см). Аналогічні закономірності спостерігалися і при використанні живців весняної заготівлі. Внесення аміачної селітри на початку вегетації стимулювало збільшення куцистості, а саме кількості стебел на рослину. Приріст склав 1,2–1,4 рази для сорту Панфільська та 1,5–1,6 рази для сорту Збруч відносно контролю, незалежно від терміну заготівлі живців.

Термін заготівлі живців (осінь/весна) не чинить достовірного впливу на кінцеві морфометричні показники пагонів ($p > 0,05$). Критичним чинником, що забезпечує достовірне збільшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел, є внесення аміачної селітри на початковому етапі вегетації для обох сортів верби.

Ключові слова: удобрення, висота пагонів, кількість пагонів, діаметр пагонів, строк заготівлі живців.

Daniuk V.O., Dryga V.V. Features of the formation of vegetative mass of willow depending on the elements of technology

The aim is to find out the features of the formation of vegetative mass of different varieties of willow depending on fertilization and the time of harvesting cuttings. Methods. Field – setting up experiments, recording plant height, number of shoots and their diameter, analysis, statistical.

A significant increase in the linear dimensions (height and diameter) of shoots of both studied varieties of energy willow due to the application of ammonium nitrate as a mineral fertilizer was experimentally confirmed. This positive dynamics is observed throughout the entire growing season, from the start of the growing season to its completion, and does not depend on the time of harvesting planting material (cuttings). At the initial stages of development, the intensity of growth processes in height was statistically significantly higher in the Zbruch variety compared to the Panfilska variety. In particular, under control conditions (without fertilization), the average height indicators were 7.13 cm and 7.99 cm, respectively, while when ammonium nitrate was applied, they increased to 3.56 cm and 12.18 cm. However, by the end of the growing season, the differentiation in this indicator between the varieties was leveled.

A correlation was established between fertilization with fertilizers and an increase in the thickness (diameter) of the shoots of both varieties. For example, for the Panfilska variety (autumn cuttings harvesting), the initial diameter in the control was 2.64 cm. After the application of fertilizers, this indicator increased by 0.51 cm (with LSD fertilizer = 0.18 cm). At the end of the growing season, the increase in diameter was 0.81 cm (LSD fertilizer = 0.48 cm). Similar patterns were observed when using spring cuttings. The application of ammonium nitrate at the beginning of the growing season stimulated an increase in bushiness, namely the number of stems per plant. The increase was 1.2–1.4 times for the Panfilska variety and 1.5–1.6 times for the Zbruch variety relative to the control, regardless of the time of cuttings harvesting.

The time of cuttings harvesting (autumn/spring) did not have a significant effect on the final morphometric indicators of shoots ($p > 0.05$). The critical factor that ensures a significant increase in the height of shoots, their thickness and the number of stems is the application of ammonium nitrate at the initial stage of the growing season for both willow varieties.

Key words: fertilizer, shoot height, number of shoots, shoot diameter, cuttings harvesting time.

Актуальність теми дослідження. У відповідь на зростання населення світу та занепокоєння щодо зміни клімату залишаються актуальними питання щодо адаптації виробничих систем для задоволення зростаючого попиту на продукти харчування та енергію, а також визначення ефективніших і стійкіших технологій виробництва біопалива [1]. Тому інтерес до біоекономіки зріс завдяки узгодженню політики, що стосується центральних і взаємозалежних секторів, включаючи сільське та лісове господарство, харчову промисловість, корми, біоенергетику й біохімію [2].

Постановка проблеми. Оскільки зростаючий пріоритет ЄС щодо відновлюваних джерел енергії зумовлений підвищеною енергетичною залежністю, зростанням цін на викопне паливо та бажанням захистити навколишнє середовище, попит на енергію з біомаси, головним чином деревини, зростає. Відходи деревини від лісового господарства та муніципального управління енергетикою в майбутньому можуть бути доповнені деревиною, отриманою з сільськогосподарських угідь, як паливо для електростанцій або теплоелектростанцій [3].

Хоча основною роллю сільського господарства є виробництво продуктів харчування, частина сільськогосподарських угідь зазвичай відводилася під нехарчові продукти, головним чином у рамках нових технологій. Таке використання включає виробництво біоенергії та різних біоматеріалів [4].

Швидростучі дерева для виробництва біомаси пропонуються як економічне та екологічне рішення для задоволення зростаючого попиту на енергію, а також для очікуваного дефіциту сировини для деревообробної промисловості [5].

Однією з деревних порід, що швидко росте, є верба, яка отримала широке визнання як відновлюване джерело енергії. Біомасу верби можна перетворити за допомогою широкого спектру технологій, таких як комбіноване виробництво тепла та електроенергії за допомогою гідротермальної модернізації, на різноманітні форми та носії енергії [6].

Верба має ряд переваг, включаючи широкий спектр генетичного різноманіття, легке розмноження, стійкість до широкого спектру умов місцевості, здатність швидко відновлюватися після збору врожаю, можливість збору врожаю в різних сівозмінах та стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища, наприклад, ранкових заморозків, мокрої снігу та сильних вітрів [7].

Вербу можна враховувати в концепції екстенсивного сільського господарства, особливо на маргінальних ґрунтах, які мало використовуються або непридатні для вирощування продовольчих культур, ґрунтах, які періодично виключаються з використання та деяких перелогових землях [6]. При цьому розмноження верби є важливою складовою в технології біовиробництва деревини.

Наукові дані свідчать про позитивну кореляцію між збільшенням розміру живців (як довжини, так і діаметра) та показниками їхнього виживання та приросту біомаси [7].

У польових умовах на покинутих сільськогосподарських угіддях кращу виживаність та ріст демонстрували довші живці (30–50 см). Експеримент у теплиці з *Salix nigra* Marshall показав, що живці діаметром 1 см мали 100% виживання за різних умов вологості (контроль, посуха, періодичне затоплення) [8]. Хоча живці діаметром 10 см також мали високе виживання при затопленні, вони демонстрували кращі морфометричні показники (маса листя, площа, ріст у висоту, маса коренів) в умовах періодичного затоплення [9]. Це вказує на доцільність використання живців різного розміру залежно від специфічних умов посадки [10].

Загальне збільшення розміру живців пов'язане зі збільшенням біомаси пагонів [10], що, ймовірно, пояснюється більшими запасами доступних вуглеводів, які зберігаються у більшому садивному матеріалі [11].

Виживання живців також критично залежить від виду та генотипу рослини [12]. Особливе значення має здатність прибережних видів верб утворювати додаткове (адвентивне) коріння, що є ключовою адаптацією до умов повеней та волого середовища [13].

Прибережні види (*Salix alaxensis* та *Salix myrtilifolia*) легко вкорінювалися по всій довжині зануреної частини стебла. Натомість, не прибережні види (*Salix bebbiana*, *Salix scouleriana*, *Salix glauca*) формували коріння рідко і лише на базальному кінці живця [14]. Ця особливість прибережних видів є важливою адаптацією, яка дозволяє їм вкорінюватися з обламаних або сплюснених стебел у затоплених екосистемах, забезпечуючи виживання та поширення популяції [14].

Мета статті – з'ясувати особливості формування вегетативної маси різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців.

Методика досліджень. Дослідження проводили з двома видами енергетичної верби української селекції: тритичинкова (*Salix triandra* L.) сорту Панфільська і прутувидна (*Salix viminalis* L.) сорту Збруч. Оригінаторами сорту Збруч є Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків і Панфільська дослідна станція Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». Польові досліди проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (с. Ксаверівка 2 Київської області) упродовж 2023–2025 рр. яке розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України, в зоні нестійкого зволоження. Дослідження проводили з рослинами верби другого циклу росту і розвитку (4–5 роки вегетації). Для садіння заготівлю живців проводили восени та навесні, які були висаджені в квітні 2020 р. Після 3-х років вегетації було здійснено скошування енергетичної верби та проведено підживлення рослин аміачною селітрою з нормою витрати N_{105} перед початком нового вегетаційного

періоду. Приріст біометричних показників енергетичної верби проводити шляхом вимірювання висоти та діаметру пагонів на одну і ту ж дату кожного місяця починаючи з травня до закінчення вегетаційного періоду.

Загальна площа ділянок: 990,88 м², повторність чотирикратна. Розміщення варіантів та повторень – рандомізоване.

Зона нестійкого зволоження, де проводили дослідження, 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.

Погодні умови вегетаційного періоду в 2023–2025 років за температурним режимом був спекотним середня добова температура повітря становила 15,34–16,45 °С та перевищувала середнє багаторічне значення на 2,74–3,85 °С, а за вологозабезпеченістю ці роки були засушливими, дефіцит вологи становив 150,8–154,81 мм. Дефіцит вологи негативно вплинув на ріст та розвиток рослин.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням методичних рекомендацій.

Результати досліджень. Встановлено, що достовірне збільшення висоти пагонів залежно від застосування підживлення аміачною селітрою обох сортів енергетичної верби було як на початку, так і по завершенню вегетації незалежно від строку заготівлі живців (табл. 1).

Таблиця 1

Висота пагонів різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців, см

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфільська	Восени	Без підживлення	75,51	142,85
	Навесні		70,19	149,08
	Восени	Підживлення селітрою	83,81	169,65
	Навесні		87,60	165,71
Збруч	Восени	Без підживлення	83,50	146,21
	Навесні		77,32	135,46
	Восени	Підживлення селітрою	95,99	183,87
	Навесні		91,16	165,63
НІР _{0,05 заг.}			7,13	13,93
НІР _{0,05 сорт, строк заготівлі}			3,57	6,96
НІР _{0,05 добрива}			3,70	6,96

Для сорту Панфільська спостерігається зміна інтенсивності приросту висоти залежно від терміну заготівлі живців протягом вегетації: приріст у рослин із осінньої заготівлі склав 8,3 см, тоді як у рослин із весняної заготівлі – 17,41 см (НІР

добрива = 3,70 см). Це свідчить про значно швидший старт росту живців, заготовлених навесні.

Загальне збільшення висоти для осінньої заготівлі досягло 26,8 см, а для весняної – 16,63 см. Отже, до кінця сезону рослини з осінніх живців демонструють кращий сумарний результат.

Аналогічна динаміка спостерігалася і для сорту Збруч (НІР добрива = 6,96 см). На початку вегетації інтенсивність приросту висоти пагонів була вищою у сорту Збруч порівняно з Панфільська. Контрольні показники становили 7,13 см та 7,99 см, а за підживлення добривами – 3,56 см і 12,18 см відповідно. На кінець вегетації статистично значущої різниці між сортами за висотою пагонів виявлено не було.

Важливо зазначити, що не було виявлено закономірного або статистично значущого впливу самого лише терміну заготівлі живців (без урахування підживлення) на кінцеву висоту пагонів як у контролі, так і за умов застосування азотних добрив. Основний вплив має саме взаємодія фактора підживлення та терміну заготівлі.

Аналогічне збільшення товщини (діаметру) пагонів обох сортів верби виявлено залежно від підживлення добривами (табл. 2).

Таблиця 2

Діаметр пагонів верби залежно від сортових особливостей, удобрення та строку заготівлі живців, см.

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфільська	Восени	Без підживлення	2,64	4,21
	Навесні		2,33	3,46
	Восени	Підживлення селітрою	3,15	5,02
	Навесні		2,96	4,34
Збруч	Восени	Без підживлення	2,51	4,00
	Навесні		2,43	3,97
	Восени	Підживлення селітрою	2,95	5,65
	Навесні		3,06	5,07
НІР _{0,05}			0,36	0,96

Дослідження демонструють, що внесення добрив позитивно впливає на потовщення пагонів обох сортів верби, хоча сортові відмінності стають очевидними лише наприкінці вегетаційного періоду.

У контрольних умовах діаметр пагонів становив 2,64 см. Застосування підживлення збільшило цей показник на 0,51 см на початку вегетації (НІР добрива = 0,18 см) та на 0,81 см наприкінці вегетації (НІР добрива = 0,48 см).

Аналогічні результати збільшення товщини пагонів були отримані і для живців, заготовлених навесні, що підтверджує стабільний ефект добрива незалежно від початкового терміну заготівлі.

На початку вегетаційного періоду достовірної різниці у прирості товщини пагонів залежно від сортових особливостей чи строку заготівлі живців виявлено не було. Однак, до кінця вегетації сорт Збруч демонстрував інтенсивніший

приріст товщини пагонів порівняно із сортом Панфільська, як у контрольних групах, так і при підживленні добривами, незалежно від терміну заготівлі садивного матеріалу.

Встановлено, що за підживлення рослин верби аміачною селітрою на початку вегетації забезпечило збільшення кількості стебел сорту Панфільська в 1,2–1,4, а сорту Збруч в 1,5–1,6 разів більше порівняно з контролем незалежно від строку заготівлі живців (табл. 3).

Таблиця 3

Кількість пагонів різних сортів верби залежно від удобрення та строку заготівлі живців, шт.

Варіант			Дата обліку	
Сорт	Строк заготівлі живців	Підживлення	01.05.	01.09.
Панфільська	Восени	Без підживлення	6,56	7,61
	Навесні		6,41	7,11
	Восени	Підживлення селітрою	8,12	9,56
	Навесні		8,82	9,97
Збруч	Восени	Без підживлення	11,27	12,34
	Навесні		9,52	10,77
	Восени	Підживлення селітрою	17,81	18,55
	Навесні		14,63	15,38
НІР _{0,05}			3,27	3,11

Інтенсивніше приріст кількості стебел був у сорту Збруч, ніж сорту Панфільська як у контролі, так і за підживлення рослин добривами. Залежно від строку заготівлі живців не виявлено закономірного збільшення чи зменшення кількості стебел обох сортів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Не виявлено закономірного збільшення або зменшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел залежно від строку заготівлі живців як на початку, так і в кінці вегетації верби. Достовірне збільшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел забезпечило підживлення рослин верби обох сортів на початку вегетації аміачною селітрою. В подальших дослідженнях перспективним буде вивчення формування продуктивності насаджень верби залежно від основних елементів технології вирощування, оскільки важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Любич В. В., Рогалський С. В. Посівні властивості зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання та оброблення препаратами. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 129–139.
2. Любич В. В., Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Терещенко І. С., Лосева А. І. Агробіологічні параметри різних сортів і гібридів сорго цукрового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 193–198.
3. Caslin B., Finnan J., McCracken A. (eds). *Willow Varietal Identification Guide*. Crops Research Centre, Carlow & Agri-Food Bioscience Institute. Carlow,

Ireland: Teagasc, 2012. 64 p. URL: https://www.afbini.gov.uk/sites/afbini.gov.uk/files/publications/Willow%20variety%20guide_0.pdf.

4. Сінченко В. М., Мельничук Г. А. Економічна ефективність вирощування енергетичної верби в Україні. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 41–45. doi: 10.47414/be.1.2018.229204

5. Фучило Я. Д., Зелінський Б. В., Іванюк І. Д., Зелінська Л. Г. Вирощування енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Київського Полісся. Житомир: НОВОград, 2023. 144 с. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9890>

6. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Гументик М. Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1(7). С. 11–13. URL: <http://be.bio.gov.ua/issue/view/15250>

7. Burgess D., Hendrickson O. O., Roya L. The Importance of Initial Cutting Size for Improving the Growth Performance of *Salix alba* L. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 1990. Vol. 5. P. 215–224.

8. Rossi P. Length of Cuttings in Establishment and Production of Short-Rotation Plantations of *Salix 'Aquatica'*. *New Forests*. 1999. Vol. 18. P. 161–177.

9. Greger M., Landberg T. Use of Willow in Phytoextraction. *International Journal of Phytoremediation*. 1999. Vol. 1. P. 115–123.

10. Verwijst T., Lundkvist A., Edelfeldt S., Forkman J., Nordh N.- E. Effects of Clone and Cutting Traits on Shoot Emergence and Early Growth of Willow. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 37. P. 257–264.

11. Carpenter L. T., Pezeshki S. R., Shields F. D. Responses of Nonstructural Carbohydrates to Shoot Removal and Soil Moisture Treatments in *Salix nigra*. *Trees*. 2008. Vol. 22, no. 5. P. 737–748.

12. Mosseler A., Major J. E. Coppice Growth Responses of Two North American Willows in Acidic Clay Soils on Coal Mine Overburden. *Canadian Journal of Plant Science*. 2014. Vol. 94, no. 7. P. 1269–1279.

13. Labrecque M., Teodorescu T. I., Cogliastro A., Daigle S. Growth patterns and biomass productivity of two *Salix* species grown under short-rotation intensive culture in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*. 1993. Vol. 4, Iss. 6. P. 419–425.

14. Amichev B. Y., Hangs R. D., Bélanger N. et al. First-Rotation Yields of 30 Short-Rotation Willow Cultivars in Central Saskatchewan, Canada. *BioEnergy Research*. 2015. Vol. 8. P. 292–306.

Дата першого надходження рукопису до видання: 07.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025