




УДК 633.584.3

Формування вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей і виду садивного матеріалу

 Ю. С. Данюк*,  С. Д. Орлов,  В. В. Доронін

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна,
*e-mail: danyk.yura@ukr.net

Мета. Виявити закономірності формування структури наземної фітомаси та оцінити якісні та кількісні показники компонентів фітомаси біоенергетичної верби залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу. **Методи.** Польові дослідження проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (с. Ксаверівка 2, Київська обл.), яке розміщене в зоні нестійкого зволоження центральної частини Правобережного Лісостепу України. Живці та пагони заготовлювали восени та зберігали за різних способів до садіння. Навесні після висаджування садивного матеріалу у відкритий ґрунт визначали біометричні показники верби – висоту рослин, діаметр стебел та їх кількість щомісячно в динаміці в одні і ті ж самі дати упродовж трьох років вегетації. Дослідження проводили з двома видами верби: тритичинкова (*Salix triandra* L.) сорт ‘Панфільська’ та прутувидна (*S. viminalis* L.) сорт ‘Збруч’ на рослинах першого (2019–2021 рр.), другого (2020–2022 рр.) та третього (2021–2022 рр.) років вегетації. **Результати.** Інтенсивність наростання вегетативної маси верби, від чого залежить і вихід садивного матеріалу – живців або пагонів, зумовлено як її висотою, так і діаметром стебел та їх кількістю. Доведено, що біометричні показники – висота рослин, діаметр стебел та кількість продуктивних стебел були більшими в прутувидної верби сорту ‘Збруч’, ніж у тритичинкової сорту ‘Панфільська’. Так, у другому році вегетації на першу дату обліку (навесні) висота рослин, отриманих з живців сорту ‘Панфільська’, становила 136,3 см, а восени на 21 вересня – 242,8 см, а сорту ‘Збруч’ на ці ж дати обліку вона була більшою на 12,4 та 13,5 см відповідно. Аналогічна залежність виявлена за садіння пагонів. Доцільно зазначити, що в межах одного сорту закономірної достовірної різниці з висоти рослин залежно від виду садивного матеріалу не виявлено. У третьому році вегетації отримано аналогічну залежність висоти рослин від сортових особливостей. У середньому за 2021–2022 рр. за садіння верби живцями сорту ‘Збруч’ висота рослин навесні становила 276,1 см, а сорту ‘Панфільська’ вона була меншою на 20 см і становила 256,1 см, восени висота стебел була більшою у сорту ‘Збруч’ також на 20 см. Приріст висоти рослин залежно від років вегетації найбільшим був у першому році вегетації порівняно з другим і третім роками. Погодні умови в період вегетації впливали на висоту рослин, але в усі роки вона була більшою як за садіння живців, так і пагонів сорту ‘Збруч’, ніж сорту ‘Панфільська’. Не виявлено істотної різниці з товщини (діаметру) стебел верби та їх кількості залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу – живців та пагонів в усі роки вегетації. **Висновки.** Висота рослин та товщина стебел верби в динаміці залежала від сортових особливостей. За садіння прутувидної верби сорту ‘Збруч’ живцями та пагонами приріст висоти та діаметр стебел був більшим, ніж тритичинкової верби сорту ‘Панфільська’ як на початку вегетації – навесні, так і восени. За три роки другого та третього років вегетації істотної різниці з висоти рослин, їх товщини (діаметру) та кількості пагонів залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу – живців та пагонів – не виявлено.

Ключові слова: сорт; пагони; живці; біометричні показники; висота рослин; діаметр стебел.

Вступ

Створення відновлювальних джерел енергії є важливою альтернативою традиційним викопним енергоресурсам. Вагомою альтернативою традиційному пальному на сьогодні є біопаливо [1]. За наявності сприятливих ґрунтово-кліматичних умов для вирощування рослинної енергетичної сировини, зокрема й вербової [2, 3], та значної кількості малопродуктивних земель, на яких можна активно розвивати плантаційне вирощування енергетичної біомаси, зокрема й верби [4], можна значно зменшити залежність держави від традиційних видів палива. Одним із

найперспективніших альтернативних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса (біопаливо) органічного походження, наприклад, верба та тополя, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії [5]. Тому дослідження з удосконалення технології її вирощування, заготівлі і зберігання садивного матеріалу є актуальними.

У європейських країнах особливо популярними енергетичними культурами для отримання твердих видів біопалива є верба і тополя [6, 7]. У Європі інтерес до енергетичних культур виник у 1970-х рр. у зв'язку з несподіваною енергетичною кризою. Відповідно почалися активні пошуки альтернативних джерел енергії, включно з енергетичними культурами. Наразі вирощування та утилізація (спалювання) енергетичних культур залишається актуальним питанням як для європейських країн, так і для України [3].

У нашій країні перші плантації верби енергетичної з'явилися у 2007–2008 рр. на Волині та Івано-Франківщині, де нею було засаджено приблизно 50 і 30 га відповідно [8]. На сьогодні в Реєстрі сортів рослин знаходиться вісім сортів верби [9], з яких два – 'Панфільська' та 'Збруч' селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, які і стали предметом наших досліджень.

А відсутня інформація щодо впливу сортових особливостей та видів садивного матеріалу – живців і пагонів верби енергетичної вітчизняних сортів на формування її продуктивності упродовж першого, другого та третього років вегетації і була *метою досліджень*.

Матеріали та методика досліджень

Польові досліді проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (с. Ксаверівка 2, Київська обл.), яке розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України в зоні нестійкого зволоження, упродовж 2019–2022 рр.

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.

Веgetаційні періоди в роки проведення досліджень за температурним режимом були наближені до середньої багаторічної, а за кількістю опадів різнилися. Якщо 2019 р. характеризувався надмірним зволоженням, то 2020 р. – незначним дефіцитом вологи (–28 мм), а в 2022 р. – дефіцит вологи становив 168,1 мм, що вплинуло на загальний ріст та розвиток рослин, і лише 2021 р. за вологозабезпеченням був наближеним до багаторічних показників.

Визначення біометричних показників верби – висоти рослин, діаметру стебел та їх кількості проводили щомісячно в динаміці в одні і ті ж самі дати упродовж трьох років вегетації. Дослідження проводили з двома видами верби: тритичинкова (*Salix triandra* L.) сорт 'Панфільська' та прутувидна (*S. viminalis* L.) сорт 'Збруч' на рослинах першого (2019–2021 рр.), другого (2020–2022 рр.) та третього (2021–2022 рр.) років вегетації. Живці були довжиною 20–25 см та діаметром 2,0–0,7 см і мали не менше 4 добре розвинутих бруньок. При нарізанні живців верхній і нижній зрізи проводили на відстані 0,5–1,0 см від бруньки. Пагони були довжиною не менше 1,0 м. У польових дослідіх загальна площа ділянок: 990,8 м², площа облікової ділянки 5,6 м², повторність чотириразова. Розміщення варіантів і повторень – рендомізоване. Висаджували вербу вручну, з міжряддям 70 см і кроком садіння в рядку 70 см.

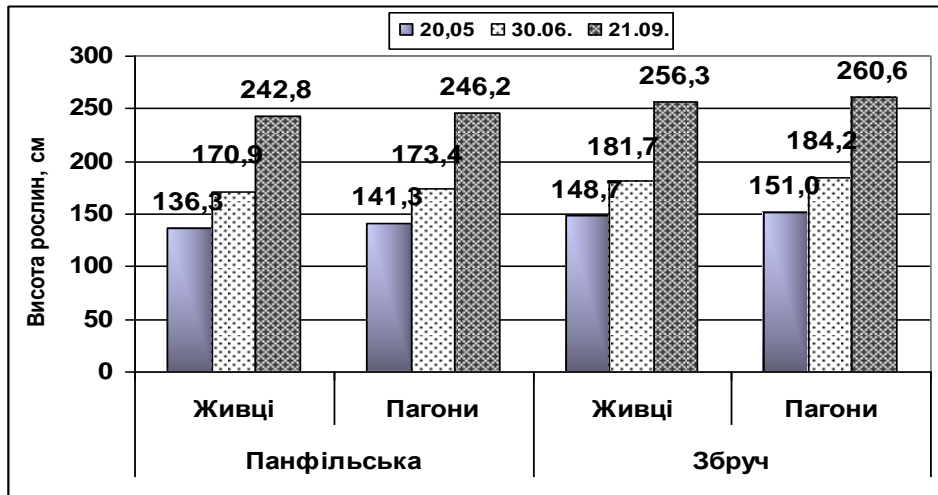
Досліджувані характеристики встановлювали згідно з методиками, викладеними в Методології дослідження енергетичних плантацій верб і тополь [10]. Дослідження планували відповідно до Методики наукових досліджень в агрономії і проводили шляхом закладання польових дослідів. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера [11] з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0.

Результати досліджень

Інтенсивність наростання наземної маси в онтогенезі рослин верби залежить від комплексу факторів – умов веgetаційного періоду, сортових особливостей, виду та якості садивного матеріалу, елементів технології вирощування.

Дослідження висоти рослин верби в динаміці залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу другого року веgetації показали, що за садіння верби сорту 'Збруч' як

живцями, так і пагонами висота рослин в усі дати обліку (навесні та на період призупинення вегетації) істотно була достовірно більшою, ніж сорту 'Панфільська' (рис. 1). Так, навесні в першу дату обліку висота рослин, отриманих з живців сорту 'Панфільська', становила 136,3 см, а восени на 21 вересня – 242,8 см, а сорту 'Збруч' на ці ж дати обліку вона була більшою на 12,4 та 13,5 см відповідно.



НІР_{0,05} сорт, вид садивного матеріалу = для 20.05. – 4,9 см; для 30.06. – 5,6 см; для 21.09. – 6,8 см

Рис. 1. Висота рослин другого року вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу (середнє за 2020–2022 рр.)

Аналогічна залежність виявлена за садіння пагонів. Доцільно зазначити, що в межах одного сорту закономірної достовірної різниці з висоти рослин залежно від виду садивного матеріалу не виявлено. Так, навесні висота рослин сорту 'Панфільська', отриманих з висаджених живців була 135,3 см, а з пагонів вона була більшою на 6 см (НІР_{0,05} = 4,9 см), водночас як восени висота була більшою лише на 3,4 см (НІР_{0,05} = 6,8 см). Така ж залежність спостерігалася і в сорту 'Збруч'. Погодні умови в період вегетації впливали на висоту рослин, але в усі роки вона була більшою як за садіння живців, так і пагонів сорту 'Збруч', ніж сорту 'Панфільська'.

У третьому році вегетації отримано аналогічну залежність висоти рослин від сортових особливостей. Так, в середньому за 2021–2022 рр. за садіння верби живцями сорту 'Збруч' висота рослин навесні становила 276,1 см, а сорту 'Панфільська' вона була меншою на 20 см і становила 256,1 см, восени висота стебел була більшою в сорту 'Збруч' також на 20 см (рис. 2). За садіння верби пагонами як на першу дату обліку (навесні), так і на період призупинення вегетації рослин восени висота рослин сорту 'Збруч' була вищою, ніж сорту 'Панфільська'. Закономірної достовірної різниці з висоти рослин в усі дати обліку залежно від виду садивного матеріалу не виявлено.



Рис. 2. Висота рослин третього року вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу (середнє за 2021–2022 рр.)

З'ясовано, що приріст висоти рослин залежав як від умов вирощування, так і від виду садивного матеріалу. Аналіз приросту висоти рослин залежно від років вегетації показав, що найбільшим він був у першому році вегетації порівняно з другим та третім роками (рис. 3).

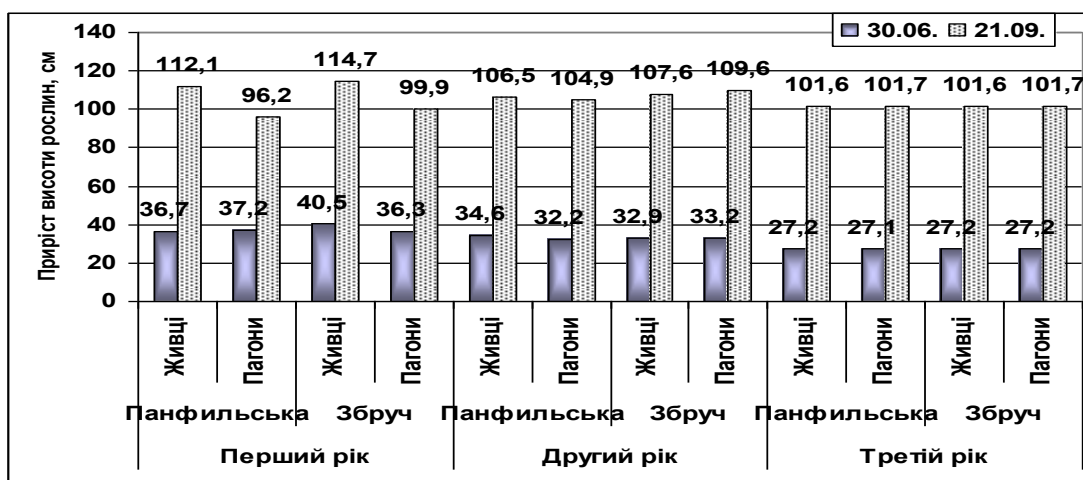


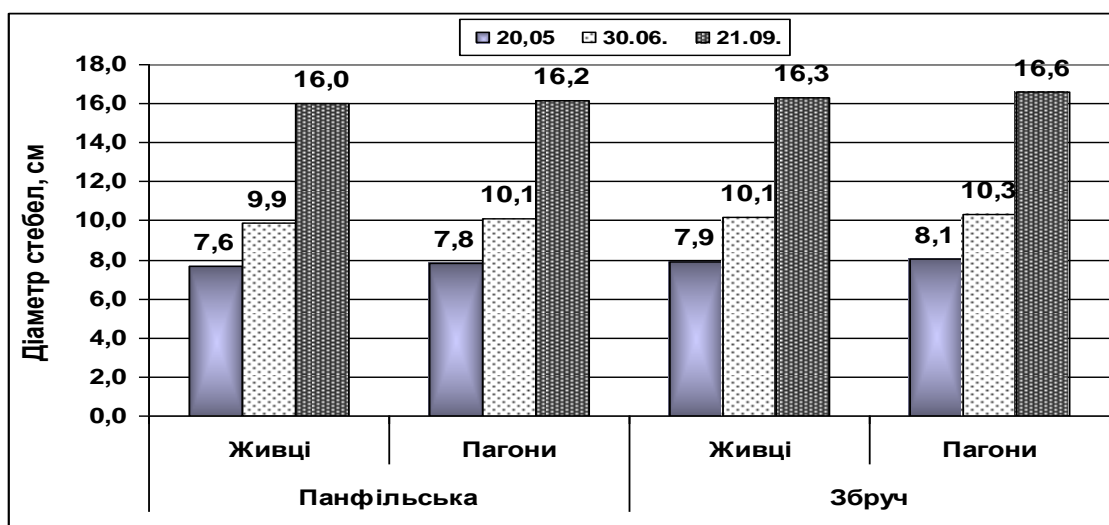
Рис. 3. Приріст висоти рослин залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу за роками вегетації (в середньому за три роки)

Станом на 30.06. спостерігалася тенденція збільшення приросту висоти рослин від початку вегетації (з 20.05.) в першому році росту та розвитку верби обох сортів незалежно від виду садивного матеріалу, порівняно з другим та третім роками вегетації. З роками вегетації інтенсивність приросту висоти рослин зменшувалася.

На період призупинення росту та розвитку рослин (станом на 21.09.) в першому році вегетації приріст висоти рослин, які отримані з живців, був більшим, ніж в другому та третьому роках вегетації, водночас як приріст рослин, отриманих за садіння пагонів був значно меншим обох сортів. Достовірної різниці залежно від сортових особливостей не виявлено.

Інтенсивність наростання вегетативної маси верби, від чого залежить і вихід садивного матеріалу – живців або пагонів, зумовлено як її висотою, так і діаметром стебел.

У середньому за три роки другого (рис. 4) та третього (рис. 5) років вегетації істотної різниці з товщини (діаметру) рослин залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу – живців та пагонів – не виявлено. Якщо на початку вегетації в другому році (навесні) за садіння живців сорту 'Панфільська' товщина пагонів була 7,6 см, а на період призупинення вегетації (восени) – 16,0 см, то сорту 'Збруч' ці показники становили 7,9 см та 16,3 см відповідно. Аналогічна залежність спостерігалася за садіння пагонів.



HP_{0,05} сорт, вид садивного матеріалу = для 20.05. – 0,2 см; для 30.06. – 0,3 см; для 21.09. – 0,3 см

Рис. 4. Діаметр рослин другого року вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу (середнє за 2020–2022 рр.)

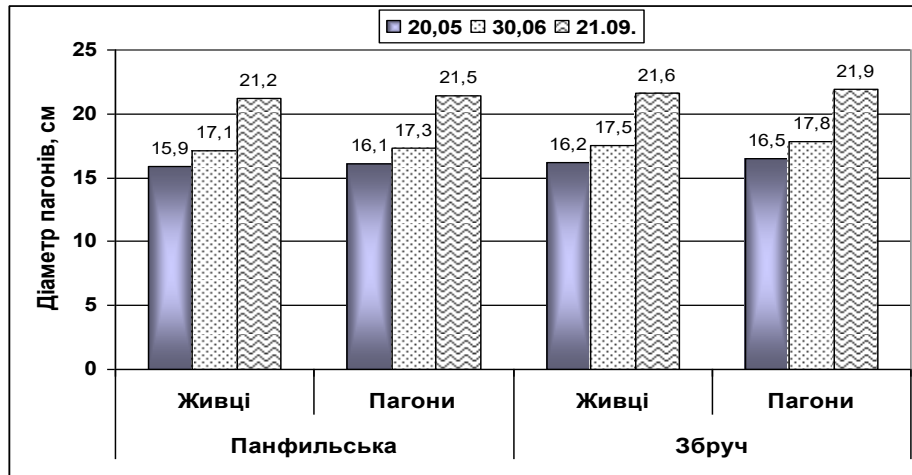


Рис. 5. Діаметр рослин третього року вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу (середнє за 2021–2022 рр.)

Якщо приріст висоти рослин інтенсивнішим був в першому році вегетації, то приріст товщини пагонів обох сортів в другому році вегетації був інтенсивнішим, ніж в першому та третьому роках. Приріст діаметру стебел восени (21.09) в першому році вегетації інтенсивнішим був в рослин верби, які отримані з живців обох сортів, тоді як влітку (30.06) в усі роки достовірної різниці не було (рис. 6).

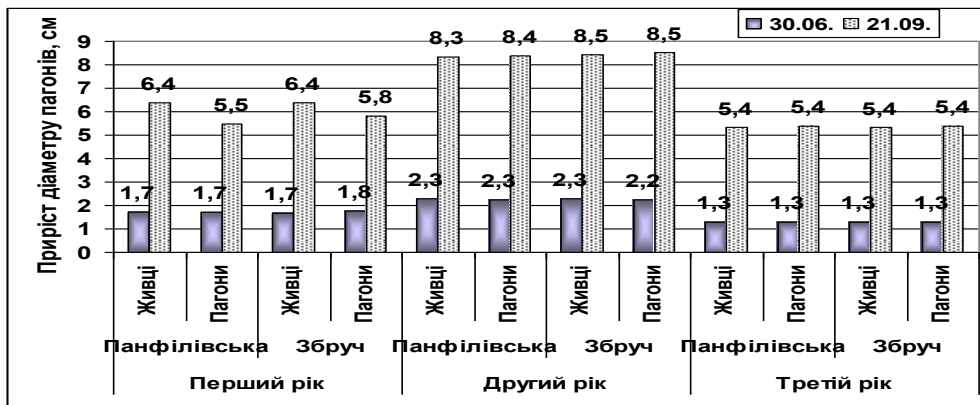
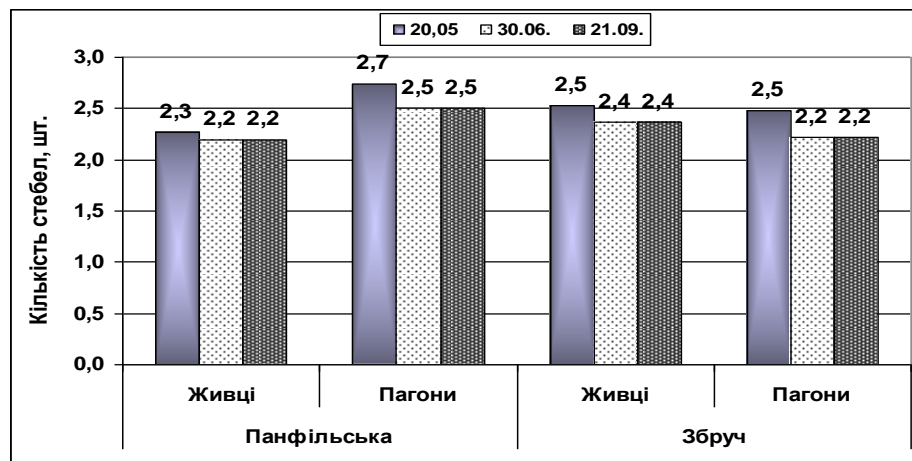


Рис. 6. Приріст діаметру пагонів залежно від сортових особливостей, виду садивного матеріалу та років вегетації (в середньому за три роки)

Продуктивність верби та вихід садивного матеріалу залежать не лише від інтенсивності наростання вегетативної маси, а й від кількості пагонів. Не виявлено достовірної різниці в кількості пагонів залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу в другому (рис. 7) та третьому роках вегетації.



НР_{0,05} сорт, вид садивного матеріалу = для 20.05. – 0,4 шт.; для 30.06. – 0,2 шт.; для 21.09. – 0,2 шт.

Рис. 7. Кількість пагонів в другому році вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу (середнє за 2020–2022 рр.)

За всі роки вегетації не виявлено значного збільшення кількості пагонів, їх кількість була на рівні першого року вегетації або ж була навіть меншою (рис. 8), що зумовлено випаданням рослин (засиханням).

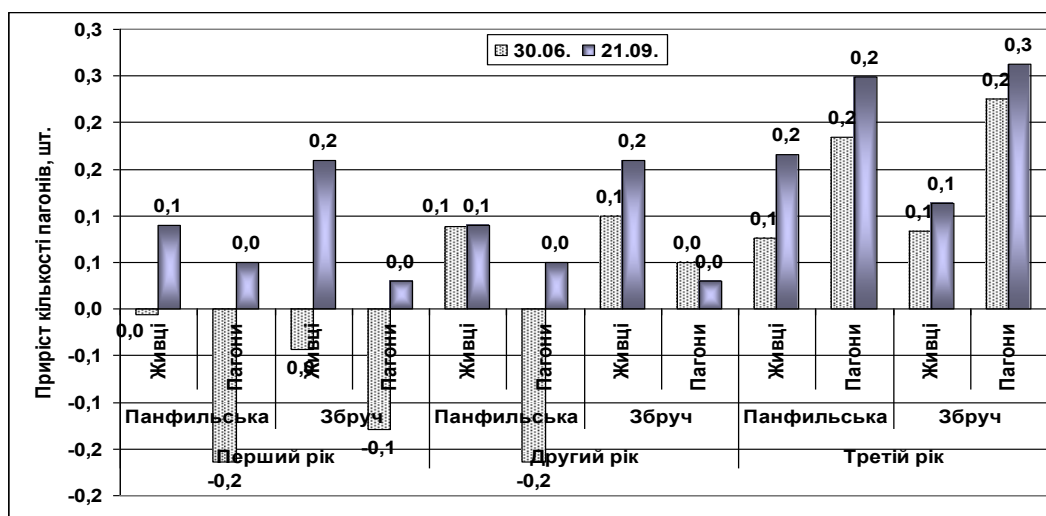


Рис. 8. Приріст пагонів за перший, другий та третій роки вегетації залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу

За використання для садіння пагонів обох сортів в першому році вегетації рослини формували достовірно більше продуктивних стебел, ніж за садіння живців, водночас як в другому році вегетації достовірної різниці з формування кількості стебел за садіння живців і пагонів не виявлено. Найбільший приріст кількості пагонів зазначено в третьому році вегетації.

Висновки

За садіння верби сорту 'Збруч' як живцями, так і пагонами приріст висоти рослин в усі дати обліку істотно був більшим, ніж сорту 'Панфільська' як в першому, так і в другому та третьому роках вегетації.

У середньому за три роки другого та третього років вегетації істотної різниці з товщини (діаметру) рослин та кількості пагонів залежно від сортових особливостей та виду садивного матеріалу – живців та пагонів – не виявлено.

Приріст висоти рослин інтенсивнішим був в першому році вегетації, порівняно з другим та третім роками, а приріст товщини пагонів обох сортів в другому році вегетації був інтенсивнішим, ніж в першому та третьому роках незалежно від виду садивного матеріалу.

Використана література

1. Енергетична верба – основа світової енергетичної твердопаливної культури. *Житлово-комунальне господарство України*. 2014. № 9. С. 17–18.
2. Закон України № 1391-VI «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17>
3. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Верби України: біологія, екологія, використання. 2-ге вид., випр. і доп. Київ: Компринт, 2017. 259 с.
4. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України. *Українська енергетика*. 2012. № 12. С. 7.
5. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Біоенергетичні культури для виробництва біопалива. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 7. С. 12–17.
6. Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Олійник Є. М., Гелетуша А. І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. Т. 35, № 6. С. 67–75.
7. Роїк М. В., Гументик М. Я., Мамайсур В. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.
8. Энергетическая верба – экологически чистое биотопливо 21 века. *Новини агротехніки*. 2012. № 1. С. 18–20.
9. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік / Мін-во аграр. політики та прод-ва України. Київ, 2021. 447 с.
10. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / за ред. В. М. Сінченка. Київ: Компринт, 2018. 136 с.
11. Fisher R. A. *Statistical methods for research workers*. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

References

1. Energy willow is the basis of the world energy solid fuel culture. (2014). *Housing and communal economy of Ukraine*, 9, 17–18. [In Ukrainian]
2. Law of Ukraine No. 1391-VI "On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding Promotion of the Production and Use of Biological Fuels". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17> [In Ukrainian]
3. Fuchylo, Ya. D., & Sbytina, M. V. (2017). *Willows of Ukraine: biology, ecology, use* (2nd ed., rev. and enl.). Kyiv: Comprint. [In Ukrainian]
4. Ivakhiv, V. (2012). Energy willow as a solution for small cities of Ukraine. *Ukrainian Energy Industry*, 12, 7. [In Ukrainian]
5. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., & Kvak, V. M. (2010). Bioenergy crops for biofuel production. *Scientific works of the Poltava State Agrarian Academy*, 7, 12–17. [In Ukrainian]
6. Geletukha, G. G., Zheliezna, T. A., Oliinyk, Ye. M., & Geletukha, A. I. (2013). Prospects for electricity generation from biomass in Ukraine. *Industrial Heat Engineering*, 35(6), 67–75. [In russian]
7. Roik, M. V., Humentyk, M. Ya., & Mamaysur, V. V. (2013). Prospects for growing energy willow for the production of solid biofuel. *Bioenergy*, 2, 18–19. [In Ukrainian]
8. Energy willow is an ecologically clean biofuel of the 21st century. (2012). *Agricultural Machinery News*, 1, 18–20. [In Ukrainian]
9. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2021). *State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2021*. Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
10. Sinchenko, V. M. (2018). *Research methodology of energy plantations of willows and poplars*. Kyiv: Comprint. [In Ukrainian]
11. Fisher, R. A. (2006). *Statistical methods for research workers*. New Delhi: Cosmo Publications.

UDC 631.416.1:631.81

Daniuk, Yu. S., Orlov, S. D., & Doronin, V. V. (2023). Formation of the above-ground biomass of willow under the influence of varietal characteristics and the type of planting material. *Advanced Agritechnologies*, 11(1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.279859> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: danyk.yura@ukr.net*

Purpose. To reveal the regularities of the formation of the energy willow above-ground biomass structure and evaluate the qualitative and quantitative indicators of the biomass components under the effect of varietal characteristics and the type of planting material. **Methods.** Field experiments were conducted at the experimental field of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet (Ksaverivka 2, Kyiv region) located in the zone of unstable moisture in the central part of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine in 2019–2022. Cuttings and shoots were harvested in autumn and stored in various ways until planting. In the spring, after planting the shoots in the open ground, the biometric parameters of plants were determined: plant height, stem diameter and the number of stems. The measurements were taken on the same day every month during the three years of the experiment. Two willow varieties were used in the experiment: *Salix triandra* L. variety 'Panfylska' and *S. viminalis* L. variety 'Zbruch'. **Results.** The intensity of growth of the above-ground biomass of willow, which also depends on the yield of planting material (cuttings or shoots), was determined by plant height, stem diameter and the number of stems. These indicators were higher in 'Zbruch' compared to 'Panfylska'. Thus, in the second year of vegetation, on the first date of measuring (in spring), the plant height of 'Panfylska' variety was 136.3 cm, while in autumn. on September 21, it was 242.8 cm. In 'Zbruch', the indicators were higher by 12.4 and 13.5 cm, respectively. A similar dependence was found when planting shoots. It should be noted that within one variety, no regular and reliable difference in plant height depending on the type of planting material was found. In the third year of vegetation, a similar dependence of plant height on varietal characteristics was obtained. On average, in 2021–2022, when planting willow cuttings of 'Zbruch' variety, plant height was 276.1 cm in the spring, while in 'Panfylska' it was 20 cm lower (256.1 cm). In autumn, plant height was higher in 'Zbruch' also by 20 cm. Depending on the year of vegetation, the increase in plant height was the greatest in the first year of vegetation compared to the second and third years. Weather conditions during the growing season affected the height of plants; However, in all years of the research it was higher when planting cuttings and shoots of 'Zbruch' compared to 'Panfylska'. No significant influence of variety and the type of planting material on the stem diameter and the number of stems was found in all years of the research. **Conclusions.** Plant height and diameter of stem in dynamics depended on varietal characteristics. In 'Zbruch' variety, when planting cuttings and shoots, the increase in plant height and stem diameter was higher compared to 'Panfylska' both at the beginning of the growing season and in autumn. During the three years of vegetation, varietal characteristics and the type of planting material (cuttings and shoots) showed no significant difference in the plant height, stem diameter and the number of stems.

Keywords: variety; shoots; cuttings; biometric indicators; plant height; stem diameter.

Надійшла / Received 18.04.2023
Погоджено до друку / Accepted 11.05.2023