

УДК 633.584.3

## Наростання вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу

Данюк Ю.С. , Балагура О.В.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

✉ danyk.yura@ukr.net



Данюк Ю.С., Балагура О.В. Наростання вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 2. С. 19–26.

Danyuk Yu., Balagura O. Increase in willow vegetative weight depends on varietal characteristics and the period of planting material collection. «Agrobiologia», 2022. no. 2, pp. 19–26.

Рукопис отримано: 12.10.2022 р.  
Прийнято: 27.10.2022 р.  
Затверджено до друку: 27.12.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-19-26

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Для підвищення енергетичної незалежності України особливе значення відводиться біоенергетиці, яка могла б задовольнити значну частину енергетичних потреб сільськогосподарських підприємств [1, 2]. Водночас розвиток біоенергетики зміг би допомогти у вирішенні багатьох енергетичних, екологічних та соціальних проблем [3]. Розробка та впровадження технологій отримання енергії з біомаси є ефективним засобом скорочення споживання викопних видів палива, що надасть реальну енер-

У статті наведено результати досліджень з наростання наземної маси верби залежно від сортових особливостей, строку заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю абсорбенту MaxiMarin. Дослідження проводили з двома видами верби тритичинкової сорту Панфільська та прутувидної сорту Збруч на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків упродовж 2019–2022 рр. З'ясовано, що застосування гелю абсорбенту MaxiMarin за садіння пагонів верби заготовлених як восени, так і навесні не забезпечило збільшення їх приживлюваності. Приживлюваність пагонів заготовлених восени була значно вищою, ніж заготовлених навесні, незалежно від сортових особливостей. Не виявлено достовірного збільшення біометричних показників – висоти рослин, товщини пагонів та кількості стебел залежно від строку заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю абсорбенту. Застосування гелю абсорбенту за садіння пагонів, заготовлених восени сорту Збруч забезпечило достовірне збільшення стебел, порівняно як з контролем – без гелю, так із заготівлею садивного матеріалу навесні обох сортів. У перший рік вегетації в середньому за три роки спостерігалася тенденція збільшення приросту висоти верби та товщини стебел прутувидної сорту Збруч, порівняно з вербою тритичинковою сорту Панфільська, а в останні дати обліку, навпаки, приріст висоти та товщини стебел сорту Панфільська був більшим, ніж сорту Збруч незалежно від строку заготівлі пагонів. Інтенсивність наростання вегетативної маси верби та вихід садивного матеріалу – живців або пагонів залежать як від її висоти, так і діаметра стебел та їх кількості.

Висота рослин та товщина стебел верби в динаміці залежала від сортових особливостей. Наростання вегетативної маси інтенсивніше проходило у прутувидної верби сорту Збруч, ніж тритичинкової сорту Панфільська. Застосування гелю абсорбенту MaxiMarin за садіння пагонів верби, які були заготовлені як восени, так і навесні не забезпечило збільшення їх приживлюваності.

**Ключові слова:** сорт, пагони, живці, висота, діаметр рослин, кількість стебел.

гетичну та економічну незалежність України [4].

Найчастіше на енергетичних плантаціях вирощують вербу, зважаючи на те, що вона відзначається одним з найбільших у рослинному світі генотипів, легко утворює міжвидові гібриди і здатна легко розмножуватися вегетативним способом [5, 6]. Верби (*Salix* L.) – це листопадні ентомофільні фанерофіти із симподіальним типом наростання пагонів, черговим розміщенням листків, суцвіттями-сережками, сильно зредукованою оцвітінною і дрібним насінням, яке має пучок волосків.

Верби відомі завдяки високій видовій різноманітності (до роду *Salix* належить орієнтовно 350–370 видів) і високому рівню внутрішньовидової мінливості [7, 8].

Верби здатні до спонтанної і штучної гібридизації, причому це не завжди корелює з рівнем плоідності і положенням у системі роду. У багатьох випадках у гібридів спостерігається гетерозис: їхня продуктивність на 20–50 % перевершує продуктивність батьківських видів (підвидів) [9, 10].

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощують для використання безпосередньо як палива або для виробництва біопалива. Енергетичні культури розділяють на кілька видів: одно- і багаторічні трави, швидкорослі дерева та деревоподібні рослини. До енергетичних культур слід віднести і звичайні сільськогосподарські культури за їх вирощування для виробництва рідкого палива – біодизелю (ріпак, соняшник) і біоетанолу (буряки цукрові, кукурудза). Наразі відомо близько 20 видів швидкорослих деревоподібних рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. У європейських країнах особливо популярними енергетичними культурами для отримання твердих видів біопалива є верба і тополя [11, 12].

В Україні, де є значні проблеми із забезпеченням економіки традиційними видами енергоносіїв, за наявності сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, вирощування рослинної енергетичної сировини, зокрема вербової, має широкі перспективи і здатне суттєво знизити потребу в імпорті викопних енергоносіїв [13, 14].

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 України [15, 16].

До швидкорослих деревних видів належать усі види, які у сприятливих для них умовах за три–чотири роки вегетації здатні сформувати річний приріст у 6–10 т/га сухої біомаси без листя [17–19]. Обробка рос-

лин фізіологічними розчинами забезпечувала інтенсивніший ріст та розвиток рослин [20]. У помірних широтах таким критеріям відповідають переважно різні види верби й тополі, а також їх гібриди.

**Мета дослідження.** Дослідити особливості формування наземної вегетативної маси верби залежно від генотипу та строку заготівлі садового матеріалу.

**Матеріал і методи дослідження.** Програмою досліджень передбачалося вивчення закономірностей формування структури наземної фітомаси біоенергетичної верби залежно від сортових особливостей та способів її зберігання.

Польові та лабораторні досліді проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків та на дослідному полі Інституту (с. Ксаверівка 2 Київської області), яке розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України в зоні нестійкого зволоження, упродовж 2019–2021 рр. Схемою досліді передбачено зберігання осінніх пагонів двох сортів у розрізі ґрунту з присипкою в 15–20 см, та весняна заготівля пагонів. Під час висаджування живців в ґрунт використовували такі способи висадки: осінні пагони з гелем абсорбенту Maxi-Marin і без його додавання та весняні живці з гелем і без додавання гелю абсорбенту. Дослідження проводили з двома видами верби: тритичинкова (*Salix triandra* L.) сорт Панфільська та прутувидна (*Salix viminalis* L.) сорт Збруч.

Вегетаційні 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. – дефіцитом вологи.

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 [21].

**Результати дослідження та обговорення.** Раніше проведеними дослідженнями доведено, що садіння маточників – ризом міскантусу у разі застосування абсорбенту забезпечувало підвищення приживлюваності рослин, їх продуктивності та виходу садивного матеріалу [22, 23].

Для закладання великих плантацій верби, яке краще проводити навесні, необхідно мати достатню кількість садивного матеріалу, що не завжди можливо заготовити весною, коли розпочаті польові роботи і ви-

льних трудових ресурсів обмаль. Тому передбачалося вивчення впливу строку заготівлі пагонів на інтенсивність наростання вегетативної маси.

Встановлено, що застосування гелю абсорбенту за садіння пагонів верби заготовлених як восени, так і навесні не забезпечило збільшення їх приживлюваності. На обидві дати обліку приживлюваність пагонів заготовлених восени була значно вищою, ніж заготовлених навесні, незалежно від сортових особливостей (табл. 1).

Таблиця 1 – Приживлюваність пагонів верби залежно від сортових особливостей та елементів технології (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіант			Приживлюваність, %	
сорт	строк заготівлі пагонів	застосування абсорбенту	на II декаду травня	на II декаду липня
Панфільська тритичинкова	Восени	Контроль – без гелю	62,3	65,3
		Гель під час садіння	59,4	73,8
	Навесні	Контроль – без гелю	51,8	57,4
		Гель під час садіння	54,7	66,3
Збруч прутувидна	Восени	Контроль – без гелю	86,7	86,5
		Гель під час садіння	75,8	89,0
	Навесні	Контроль – без гелю	86,2	89,2
		Гель під час садіння	79,7	92,9

Достовірно вищою була приживлюваність садивного матеріалу сорту Збруч, порівняно із сортом Панфільська, незалежно від строку його заготівлі та застосування гелю.

Не виявлено закономірного і достовірного збільшення приросту вегетативної маси верби – висоти рослин за використання

гелю абсорбенту MaxiMarin у разі садіння пагонів. Щодо приросту висоти рослин за садіння пагонів заготовлених восени та навесні сорту Збруч з внесенням гелю, спостерігалася тенденція збільшення цього показника, у сорту Панфільська більшою була висота в контролі – без гелю (табл. 2).

Таблиця 2 – Висота пагонів верби першого року вегетації залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу (Дослідне поле ІБКіЦБ, середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант			Висота рослин по датах обліку, см				
Сорт (фактор А)	Строки заготівлі садивного матеріалу (Фактор Б)	Способи обробки (фактор С)	20.05	30.06	27.07	25.08	21.09
Панфільська тритичинкова	Заготівля восени	Контроль – без гелю	28,2	61,5	117,0	163,0	191,1
		із гелем	25,2	64,9	112,4	164,2	191,1
	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	28,5	68,8	119,6	166,5	192,1
		із гелем	24,3	64,9	110,7	157,3	182,6
Збруч прутувидна	Заготівля восени	Контроль – без гелю	29,9	70,9	119,2	152,2	177,5
		із гелем	30,3	68,9	119,0	145,9	178,8

Продовження табл. 2

	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	29,9	67,8	115,6	147,7	171,0
		із гелем	32,8	76,9	128,4	170,1	199,4
НІР <sub>0,05</sub> заг.			13,32	16,18	16,6	15,5	16,1
НІР <sub>0,05</sub> сорт			7,12	8,1	8,3	7,8	8,05
НІР <sub>0,05</sub> строк заготівлі			7,12	8,1	8,3	7,8	8,05
НІР <sub>0,05</sub> гелю			7,12	8,1	8,3	7,8	8,05

У перший рік вегетації в середньому за три роки спостерігалася тенденція збільшення приросту висоти верби прутовидної сорту Збруч, порівняно з вербою тритичинковою сорту Панфільська в період з 20 травня до 27 липня, а в останні дати обліку, навпаки, приріст висоти сорту Панфільська був більшим, ніж сорту Збруч незалежно від строку заготівлі пагонів. Не виявлено достовірного збільшення приросту висоти рос-

лин залежно від строку заготівлі пагонів.

Аналогічні результати отримані з наростання товщини пагонів верби. На перші дати обліку в середньому за три роки діаметр пагонів був достовірно більшим у прутовидної верби сорту Збруч, порівняно з сортом Панфільська незалежно від строку заготівлі садивного матеріалу, а на останню дату обліку (21.09.), більшим він був у сорту Панфільська (табл. 3).

Таблиця 3 – Діаметр пагонів верби першого року вегетації залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу (Дослідне поле ІБКіЦБ, середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант			Діаметр рослин по датах обліку, мм				
Сорт (фактор А)	Строки заготівлі садивного матеріалу (Фактор Б)	Способи обробки (фактор С)	20.05	30.06	27.07	25.08	21.09
Панфільська тритичинкова	Заготівля восени	Контроль – без гелю	2,0	4,1	6,1	8,5	9,7
		із гелем	2,0	3,8	5,9	7,9	9,5
	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	2,0	3,9	6,3	8,6	9,7
		із гелем	2,0	3,8	5,9	7,9	9,2
Збруч прутовидна	Заготівля восени	Контроль – без гелю	2,4	4,1	6,3	8,1	9,1
		із гелем	2,6	4,1	6,5	8,3	9,1
	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	2,8	4,4	6,5	8,0	9,1
		із гелем	2,6	4,3	6,8	8,7	9,7
НІР <sub>0,05</sub> заг.			0,72	0,95	1,04	1,3	1,1
НІР <sub>0,05</sub> сорт			0,35	0,47	0,52	0,65	0,6
НІР <sub>0,05</sub> строк заготівлі			0,35	0,47	0,52	0,65	0,6
НІР <sub>0,05</sub> гелю			0,35	0,47	0,52	0,65	0,6

Застосування гелю абсорбенту за садіння пагонів у перший рік вегетації не забезпечило збільшення діаметра пагонів обох сортів незалежно від строку їх заготівлі, спостерігалася лише тенденція його збіль-

шення або зменшення. Не виявлено достовірного збільшення діаметра пагонів залежно від строку заготівлі садивного матеріалу.

Аналогічні результати біометричних показників отримані з кількості стебел (табл. 4).

Таблиця 4 – Кількість пагонів верби першого року вегетації залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу (Дослідне поле ІБКіЦБ, середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант			Кількість пагонів по датах обліку, шт.				
сорт	строки заготівлі садивного матеріалу	способи обробки	20.05	30.06	27.07	25.08	21.09
Панфільська тритичинкова	Заготівля восени	Контроль – без гелю	2,4	2,5	2,4	2,6	2,6
		із гелем	1,9	2,2	2,3	2,4	2,3
	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	2,4	2,6	2,7	2,9	2,7
		із гелем	2,2	2,2	2,4	2,3	2,3
Збруч прутувидна	Заготівля восени	Контроль – без гелю	2,8	2,9	2,8	2,9	2,9
		із гелем	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8
	Заготівля навесні	Контроль – без гелю	3,1	3,1	3,1	3,3	3,2
		із гелем	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5
НІР <sub>0,05</sub> заг.			0,9	1,02	1,1	1,11	1,11
НІР <sub>0,05</sub> сорт			0,45	0,51	0,55	0,56	0,56
НІР <sub>0,05</sub> строк заготівлі			0,45	0,51	0,55	0,56	0,56
НІР <sub>0,05</sub> гелю			0,45	0,51	0,55	0,56	0,56

Застосування гелю абсорбенту за садіння пагонів, заготовлених восени сорту Збруч забезпечило достовірне збільшення стебел, порівняно як з контролем – без гелю, так із заготівлею садивного матеріалу навесні обох сортів. Сорт прутувидної верби Збруч формував більше стебел з пагонів, які були заготовлені навесні, ніж сорт тритичинкової верби Панфільська. Залежно від строку заготівлі пагонів достовірної різниці з кількості стебел не виявлено в обох сортів.

Приживлюваність пагонів заготовлених восени була значно вищою, ніж заготовлених навесні, незалежно від сортових особливостей. Застосування гелю абсорбенту МахіМарін за садіння пагонів верби, які були заготовлені як восени, так і навесні не забезпечило збільшення їх приживлюваності. Не виявлено достовірного збільшення біометричних показників – висоти рослин,

товщини пагонів та кількості стебел залежно від строку заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю абсорбенту. Наростання вегетативної маси інтенсивніше проходило у прутувидної верби сорту Збруч, ніж тритичинкової сорту Панфільська.

**Висновки.** Застосування гелю абсорбенту МахіМарін за садіння пагонів верби, які були заготовлені як восени, так і навесні не забезпечило збільшення їх приживлюваності. Не виявлено достовірного збільшення біометричних показників – висоти рослин, товщини пагонів та кількості стебел залежно від строку заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю абсорбенту. Отже, для закладання великих плантацій верби садивний матеріал необхідно заготовлювати восени, а невеликих – навесні. Наростання вегетативної маси інтенсивніше проходило у прутувидної верби сорту Збруч, ніж тритичинкової сорту Панфільська.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Формування садивного матеріалу міскантусу в другому році вегетації залежно від елементів технології його вирощування / В.А. Доронін та ін. Біоенергетика. 2018. № 2(12). С. 28–31.

2. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад: науково-методичні рекомендації щодо впровадження передового досвіду аграрних підприємств Польщі,

Литви та України зі створення новітніх об'єктів біоенергетики, ефективного виробництва і використання біопалив / за ред. В.О. Дубровіна, А. Гжибек, В.М. Любарського. Каунас: IAE LUA, 2009. 120 с.

3. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснелюба. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. 326 с.

4. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні: звіт у рамках проекту ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні». 2016. URL: [http://bioenergy.in.ua/media/filer\\_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet\\_po\\_verbe.pdf](http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf)

5. Dimitriou I., Rosenqvista H., Berndes G. Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass and Bioenergy*. 2011. Vol. 35, Iss. 11. P. 4613–4618. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.09.006

6. Родькин О.И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты. Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. 212 с.

7. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту. Київ: НТЦЕ «НЕК «Укренерго». 2015. 88 с. URL: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.Efektivnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.Efektivnist_energ_resursiv.pdf)

8. Барна М.М. Репродуктивна біологія видів і гібридів родини Вербових (Salicaceae Mirb.): автореф. дис... д-ра біол. наук: 03.00.05. 2002. 40 с.

9. Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. Москва: Изд-во АН СССР, 1952. 168 с.

10. Фучило Я.Д., Ониськів М.І., Сбитна М.В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. Київ: ННЦ ІАЕ, 2006. 394 с.

11. Железная Т.А., Морозова А.В. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии. Промышленная теплотехника. 2008. Т. 30, № 3. С. 60–67.

12. Use of short-rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York / S.P. Campbell et al. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 47. P. 342–353. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026

13. Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива: Закон України № 1391-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17>

14. Старова Н.В. Селекция ивовых. Москва: Лесная промышленность, 1980. 206 с.

15. Ledin S. Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy*. 1996. Vol. 11, Iss. 2–3. P. 75–83. DOI: 10.1016/0961-9534(96)00022-0

16. Скворцов А.К. Род *Salix* L. Определитель высших растений Украины. Киев: Наукова думка, 1987. С. 130–133.

17. Панічев Р. Шанси для безстрашних: енергетична перспектива деревини. Український лісовий

портал. URL: <https://www.lisportal.org.ua/3014/>

18. Управління технологічними процесами вирощування енергетичної верби / В.М. Сінченко та ін. *Біоенергетика*. 2016. № 2. С. 6–10.

19. Zamora D.S., Apostol K.G., Wyatt G.J. Biomass production and potential ethanol yields of shrub willow hybrids and native willow accessions after a single 3-year harvest cycle on marginal lands in central Minnesota, USA. *Agroforestry Systems*. 2014. Vol. 88, Iss. 4. P. 593–606. DOI: 10.1007/s10457-014-9693-6

20. Major J.E., Mosseler A., Malcolm J.W. *Salix* species variation in leaf gas exchange, sodium, and nutrient parameters at three levels of salinity. *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. Vol. 47, Iss. 8. P. 1045–1055. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0028

21. Фучило Я.Д., Гнап І.В. Вплив ґрунтових і погодних умов на успішність створення енергетичних плантацій верби. Основні проблеми й тенденції подальшого розвитку лісового господарства в Українських Карпатах: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Івано-Франківськ, 4–6 жовтня 2018 р.). Івано-Франківськ, 2018. С. 326–331.

22. Дрига В.В., Доронін В.А. Формування садивного матеріалу міскантусу гігантського: монографія. LAP Lambert Academic Publishing RU. 2019. 190 с.

23. Особливості формування садивного матеріалу міскантусу гігантського залежно від елементів технології вирощування / В.А. Доронін та ін. *Plant Varieties Studying and protection*. № 4. 2017. С. 351–360.

## REFERENCES

1. Doronin, V.A., Kravchenok, Yu.V., Dryha, V.V., Doronin, V.V. (2018). Formuvannya sadyvnoho materialu miskantusu v druhomu rotsi vehetatsiyi zalezno vid elementiv tekhnolohiyi yoho vyroshchuvannya [The formation of miscanthus planting material in the second year of vegetation depending on the elements of its cultivation technology]. *Bioenerhetyka [Bioenergetics]*, no. 2(12), pp. 28–31.

2. Dubrovia, V.O., Hzyhlybek, A., Lyubars'kiy, V.M. (2009). Bioenerhiya v Ukrayini – rozvytok sil's'kykh terytoryi ta mozhlyvosti dlya okremykh hromad: nauko-vo-metodychni rekomendatsiyi shchodo vprovadzhennya peredovoho dosvidu ahrarykh pidpnyemstv Pol'shchi, Lytvy ta Ukrayiny zi stvorennya novitnikh ob'yektiv bioenerhetyky, efektyvnoho vyrobnytstva i vykorystannya biopalyv [Bioenergy in Ukraine – the development of rural areas and opportunities for individual communities: scientific and methodological recommendations for the implementation of the best practices of agricultural enterprises of Poland, Lithuania and Ukraine in the creation of the latest bioenergy facilities, efficient production and use of biofuels]. Kaunas, IAE LUA, 120 p.

3. Horb, O.O., Chayka, T.O., Yasnelyub, I.O. (2017). Rozrobka ta vdoskonalennya enerhetychnykh system z urakhuvanniam nayavnoho potentsialu al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi: kolektyvna monohrafiya [Development and improvement of energy systems taking into account the existing potential of alternative energy sources]. Poltava, TOV NVP «Ukrpromtorgservice», 326 p.

4. Analytichnyy zvit ta rekomendatsiyi shchodo vyroshchuvannya enerhetychnykh kul'tur v Ukrayini: zvit u ramkakh proektu PROON/HEF «Rozvytok ta komertsializatsiya bioenerhetychnykh tekhnolohiy u munitsypal'nomu sektori v Ukrayini» [Analytical report and recommendations on the cultivation of energy crops in Ukraine: a report within the framework of the UNDP/GEF project "Development and commercialization of bioenergy technologies in the municipal sector in Ukraine"]. 2016. Available at: [http://bioenergy.in.ua/media/filer\\_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet\\_po\\_verbe.pdf](http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf)
5. Dimitrioua, I., Rosenqvista, H., Berndesb, G. (2011). Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 35, Issue 11, pp. 4613–4618. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.09.006
6. Rod'kyn, O.Y. (2011). Proyzvodstvo vozobnovlyaemoho byotoplyva v ahrarnykh landshaftakh: ékologicheskyye y tekhnologicheskyye aspekty [Production of renewable biofuels in agricultural landscapes: environmental and technological aspects]. Mynsk, MSEU named after A.D. Sakharov, 212 p.
7. Analiz efektyvnosti vykorystannya enerhoresursiv u rozvynenykh zarubizhnykh krayinakh i zalezhnist' vid yikh importu [Analysis of the efficiency of the use of energy resources in developed foreign countries and dependence on their imports]. Kyiv, NTCE "NEC "Ukrenerg", 2015, 88 p. Available at: [https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/01/1.Efektyvnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/01/1.Efektyvnist_energ_resursiv.pdf)
8. Barna, M.M. (2002). Reproduktyvna biolohiya vydiv i hibrydiv rodyny Verbovykh (Salicaceae Mirb.): avtoref. dys... d-ra biol. nauk: 03.00.05 [Reproductive biology of species and hybrids of the Willow family (Salicaceae Mirb.): abstract of the dissertation of the Doctor of Biological Sciences: 03.00.05]. 40 p.
9. Pravdyn, L.F. (1952). Yva, ee kul'tura y yspol'zovanye [Willow, its culture and use]. Moscow, Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 168 p.
10. Fuchylo, YA.D., Onys'kiv, M.I., Sbytna, M.V. (2006). Biolohichni ta tekhnolohichni osnovy plantatsiynoho lisovyroshchuvannya [Biological and technological bases of plantation forestry]. Kyiv, NNTS IAE, 394 p.
11. Zheleznaya, T.A., Morozova, A.V. (2008). Énerhetycheskyye kul'tury kak éffektyvnyy ystochnyk vozobnovlyaemoy enerhyi [Energy crops as an efficient source of renewable energy]. *Promyshlennaya teplo-tekhnika* [Industrial heat engineering]. Vol. 30, no. 3, pp. 60–67.
12. Campbell, S.P., Frair, J.L., Gibbs, J.P., Volk, T.A. (2012). Use of short-rotation coppice willow plantations by birds and small mammals in central New York. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 47, pp. 342–353. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.09.026
13. Pro vnesennya zmin do deyakykh zakoniv Ukrayiny shchodo spryannya vyrobnytstvu ta vykorystannnyu biolohichnykh vydiv palyva»: Zakon Ukrayiny № 1391-VI [On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding Promotion of the Production and Use of Biological Fuels: Law of Ukraine No. 1391-VI]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-17>
14. Starova, N.V. (1980). Selektsiya yvovykh [Willow selection]. Moscow, Forest industry, 206 p.
15. Ledin, S. (1996). Willow wood properties, production and economy. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 11, Issue 2–3, pp. 75–83. DOI: 10.1016/0961-9534(96)00022-0
16. Skvortsov, A.K. Rod Salix L. (1987). Opredeylitel' vysshnykh rastenyi Ukrayny [Determinant of higher plants of Ukraine]. Kyiv, Scientific thought, pp. 130–133.
17. Panichev, R. Shansy dlya bezstrashnykh: enerhetychna perspektyva derevyny [Chances for the fearless: the energy perspective of wood]. *Ukrayins'kyy lisovyy portal* [Ukrainian forest portal]. Available at: <https://www.lisportal.org.ua/3014/>
18. Sinchenko V.M. (2016). Upravlinnya tekhnolohichnyimi protsesami vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby [Management of technological processes of growing energy willow]. *Bioenerhetyka* [Bioenergetics], no. 2, pp. 6–10.
19. Zamora, D.S., Apostol, K.G., Wyatt, G.J. (2014). Biomass production and potential ethanol yields of shrub willow hybrids and native willow accessions after a single 3-year harvest cycle on marginal lands in central Minnesota, USA. *Agroforestry Systems*. Vol. 88, Issue 4, pp. 593–606. DOI: 10.1007/s10457-014-9693-6
20. Major, J.E., Mosseler, A., Malcolm, J.W. (2017). Salix species variation in leaf gas exchange, sodium, and nutrient parameters at three levels of salinity. *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 47, Issue 8, pp. 1045–1055. DOI: 10.1139/cjfr-2017-0028
21. Fuchylo, Ya.D., Hnap, I.V. (2018). Vplyv gruntovykh i pohodnykh umov na uspishnist' stvorennya enerhetychnykh plantatsiy verby [The influence of soil and weather conditions on the success of creating energy willow plantations]. *Osnovni problemy y tendentsiyi podal'shoho rozvytku lisovoho hospodarstva v Ukrayins'kyykh Karpatakh: materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (m. Ivano-Frankivs'k, 4–6 zhovtnya 2018 r.)* [The main problems and trends of the further development of forestry in the Ukrainian Carpathians: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Ivano-Frankivs'k, pp. 326–331.
22. Dryha, V.V., Doronin, V.A. (2019). Formuvannya sadyvnoho materialu miskantusu hihant's'koho: monohrafiya [Formation of miscanthus giant planting material]. LAP Lambert Academic Publishing RU, 190 p.
23. Doronin, V.A., Dryha, V.V., Kravchenko, Yu.A., Doronin, V.V. (2017). Osoblyvosti formuvannya sadyvnoho materialu miskantusu hihant's'koho zalezhno vid elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Peculiarities of the formation of miscanthus giant planting material depending on the elements of growing technology]. *Plant Varieties Studying and protection*. no. 4, pp. 351–360.

**Increase in willow vegetative weight depends on varietal characteristics and the period of planting material collection**

**Danyuk Yu., Balagura O.**

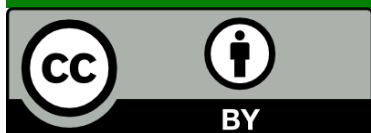
The article presents the results of research on the growth of the ground mass of willow depending on varietal characteristics, the time of harvesting the planting

material and the use of MaxiMarin absorbent gel. Methods. Field, measuring, mathematical and statistical. The results. The research was conducted with two types of willow, the Panfilska variety and the Zbruch rod-shaped variety, at the experimental field of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet during 2019–2022. It was found that the use of MaxiMarin absorbent gel for planting willow shoots harvested both in autumn and in spring did not ensure increasing their survivability. Survival of shoots harvested in autumn was significantly higher than those harvested in spring, regardless of varietal characteristics. No significant increase in biometric parameters – plant height, shoot thickness, and number of stems – was found, depending on the time of harvesting the planting material and the use of the absorbent gel. The use of absorbent gel for planting shoots harvested in the fall of the Zbruch variety ensured a reliable increase in stems, compared to both the control - without gel, and the harvesting of planting material in the spring of both varieties. In the first year of vegetation, on an average of three years, there was a tendency

to increase the growth of the willow height and the thickness of the stems of the rod-shaped variety Zbruch, compared to the three-stemmed willow of the Panfilska variety, and in the last recording dates, on the contrary, the growth of the height and thickness of the stems of the Panfilska variety was greater than that of the Zbruch variety regardless of the period of harvesting shoots. The intensity of growth of the vegetative mass of the willow depends on what the yield of planting material – cuttings or shoots depends on – both its height and the diameter of the stems and their number.

The height of the plants and the thickness of the willow stems in dynamics depended on varietal characteristics. Growth of vegetative mass was more intense in rod-shaped willow of the Zbruch variety than in the three-stamen variety of Panfilska. The use of MaxiMarin absorbent gel for planting willow shoots, which were harvested both in autumn and in spring, did not increase their survival rate.

**Key words:** variety, shoots, cuttings, height, diameter of plants, number of stems.



Copyright: Данюк Ю.С., Балагура О.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Данюк Ю.С. <http://orcid.org/0000-0001-8598-2161>