

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 рік / Київ, 2018. — 447 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
3. ДСТУ 7166:2010 Біоетанол. Технічні умови видання офіційне К.: Держспоживстандарт України 2011. — 12 с.
4. Методики проведення досліджень у буряківництві / [М. В. Роїк, Н. Г. Гізбуллін, В. М. Сінченко, О. І. Присяжнюк та ін.]; під заг. ред. академіка НААН М. В. Роїка та член-кореспондента НААН Н. Г. Гізбулліна. — К.: ФОП Корзун Д. Ю., 2014. — 374 с.
5. Методичні рекомендації з технології вирощування буряків цукрових як сировини для виробництва біоетанолу // [М. В. Роїк, О. М. Ганженко, О. Б. Хіврич та ін.]. — К.: Компрінт, 2018. — 41 с.
6. Про альтернативні види палива. Закон України № 1391-XIV від 14.01.2000 року.
7. Проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту» // № 7348 від 29.11.2017.
8. Bioethanol bei Nordzucker / Zuckerrübe. — 2011. — № 4. — S. 23–26.
9. Bioethanol from sugar and starch based crops [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.climatechwiki.org/technology/ethanol>
10. Garantierter Klimaschutz mit Bioethanol / Zuckerrübe. — 58. Jg., № 6. — 2008. — S. 298.
11. Knälmann F. Anbau von ethanolröben ist wirtschaftlich! / Knälmann F. // Zuckerrübe. — 2009, 58. — № 2. — S. 62.
12. Shlinker G. Die sorten bestätigen hohes leistungsniveau / Shlinker G. // Zuckerrübe — 2016. — № 6. — S. 43–47.
13. Wunderlich C. Bioethanolreport 2013/2014 / Wunderlich C. // Zuckerrübe. — 2014. — № 5. — S. 36–38.

АНОТАЦІЯ

УДК 633.63:631.55

СТРОКИ ЗБИРАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ — ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР В ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВИРОЩУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

ГАНЖЕНКО О.М., ХІВРИЧ О.Б., ДУБОВИЙ Ю.П., СЕНЧУК С.М., САЄНКО П.І., ЗИКОВ П.Ю.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, E-mail: ganzhenko74@gmail.com

Мета. Підвищення ефективності вирощування буряків цукрових

УДК 662.631: 620.952

СТРУКТУРА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ

В.М. СІНЧЕНКО,
Я. Д. ФУЧИЛО,
О.М. ГАНЖЕНКО,
Г.А. МЕЛЬНИЧУК

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

Вступ. Серед енергетичних культур, які можна успішно вирощувати в умовах помірного клімату, однією з найбільш поширених є верба [1, 2, 3, 4]. Найбільший розвиток вирощування енергетичних плантацій верби набуло у Швеції та Великобританії, а потім поширилося на інші країни Європи і Північної Америки [1, 5, 6, 7]. Достатньо широкого розвитку набуває використання вербової біомаси як енергетичної сировини й в Україні [2, 8]. На даний час площа таких насаджень, створених на малопродатних для сільськогосподарського виробництва землях, становить близько 5000 га [1, 7].

Наукові дослідження та набутий виробничий досвід вказують на те, що під час вибору площі для створення енергетичних плантацій верби перевагу слід надавати вологим, багатим на гумус, добре дренованим супіщаним або суглинковим ґрунтам із реакцією ґрунтового розчину від слабо кислої до нейтральної (рН 5,5–7,0) [2, 4, 9]. Зазвичай ділянки з такими ґрунтами розташовані у пониженнях рельєфу, в заплавах річок та інших категоріях земель з відносно багатими ґрунтами. Важливою умовою придатності ділянок для створення енергетичних плантацій верб є їх доступність для роботи сільськогосподарської техніки [2].

Успішність плантаційного вирощування енергетичної вербової сировини значною мірою залежить від вдалого вибору виду (сорт) верби для культивування в тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах. Із верб, що природно зростають на території України, для вирощування енергетичної сировини можуть бути придатними види у вигляді великих кущів чи дерев, зокрема —

верба тритичинкова (*Salix triandra* L.), біла (*S. alba* L.), ламка (*S. fragilis* L.), гостролиста (*S. acutifolia* Willd.) та інші [3, 4, 9, 10]. Однак, найбільшого поширення в таких насадженнях як в Україні, так і в більшості інших країн, набули форми й гібриди верби прутувидної (*Salix viminalis* L.), внаслідок чого саме за цим видом у технічній літературі закріпилася назва «енергетична верба» [1, 2, 5].

Незважаючи на філогенетичну близькість, різні сорти, виведені на основі верби прутувидної, суттєво відрізняються між собою за відношенням до ґрунтових умов, за особливостями росту, розвитку та по різному реагують на агротехнічні заходи, які застосовуються під час вирощування їх плантацій. У цьому сенсі актуальними є дослідження щодо впливу окремих агротехнічних заходів на ріст, продуктивність і якісні показники біомаси енергетичних плантацій верби.

Мета досліджень — визначити структуру енергетичної біомаси сортів верби прутувидної

вітчизняної селекції як сировини для виробництва біоетанолу шляхом оптимізації елементів технології їх вирощування. **Методи.** Лабораторно-польовий, аналітичний, статистичний. **Результати.** За результатами досліджень проведеними в 2016–2018 рр. в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України визначено, що буряки цукрові для виробництва біоетанолу слід збирати в жовтні місяці, оскільки в цей період досягається найбільша врожайність коренеплідів, збір цукру та вихід біопалива й енергії. Серед досліджуваних гібридів найкраще себе проявив гібрид 'Константа', врожайність якого становить 56,5 т/га, розрахунковий вихід біоетанолу — 4,2 т/га, енергії — 103,8 ГДж/га. **Висновки.** Для отримання максимального виходу біоетанолу та енергії в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України, коренеплоди буряків цукрових слід збирати в період з III декади вересня до I декади жовтня. За вирощування гібрида 'Константа' отримано максимальний вихід біоетанолу — 4,2 т/га та енергії — 103,8 ГДж/га. Отримання високих врожаїв буряків цукрових, як сировини для виробництва біоетанолу, можливе лише за використання сучасних гібридів з достатнім рівнем урожайності та цукристості.

Ключові слова: біоенергетика, біоетанол, біопаливо, буряки цукрові, гібриди, строки збирання.

ABSTRACT

UDC633.63: 631.55

The timing of sugar beet harvesting as an important factor in the technology of their growing for the bioethanol production

Hanzhenko O. M., Khivrych O. B., Dubovyi Yu. P., Senchuk S. M., Saienko P. I., Zykov P. Yu.

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: ganzhenko74@gmail.com

Purpose. Increasing the efficiency of domestic sugar beet cultivation for bioethanol by optimizing the elements of the cultivation technology. **Methods.** Laboratory, field, analytical, and statistical. **Results.** According to the results of a research carried out in 2016–2018 under the conditions of unstable soil moisture of the Central Forest-Steppe of Ukraine, it was found that sugar beet for bioethanol should be harvested in October, as the maximum root yield, sugar yield, biofuel, and energy output can be reached in this period. The best among the studied hybrids was 'Konstanta' with the yield of 56.5 t/ha, the calculated bioethanol output of 4.2 t/ha, and the energy output of 103.8 GJ/ha. **Conclusions.** In order to obtain the maximum bioethanol and energy outputs under the conditions of unstable soil moisture of the Central Forest-Steppe of Ukraine, roots of sugar beet should be collected in the period from late September to early October. When growing hybrid 'Konstanta', the maximum bioethanol (4.2 t/ha) and energy (103.8 GJ/ha) outputs were obtained. Obtaining high yields of sugar beet, as a raw material for the bioethanol production, is possible only with the use of modern high-yielding hybrids with high sugar content.

товидної «Тернопільська» і «Тора» залежно від технології їх вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень.

Дослідження проводилися на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН впродовж 2015–2017 рр. Ґрунт дослідного поля — чорнозем типовий вилугуваний, середньо-глибокий, малогумусний, грубо-пилуватий, легко-суглинковий, на карбонатному лесі, слабко кислий (рН = 6,6). Вміст гумусу (за Тюрнімом) — 2,64%, вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) — 280 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і калію (за Чіркювим) — відповідно, 180 і 160 мг/кг ґрунту.

Програмою досліджень передбачалося оцінити інтенсивність процесів росту і розвитку енергетичних плантацій двох сортів верби прутівидної («Тернопільська» і «Тора»), їх продуктивності та якості біомаси, залежно від схем садіння, густоти насаджень та сортових особливостей.

Схема дослідів передбачала наступні досліджувані фактори:

Фактор А. Сорти верби прутівидної: «Тернопільська» і «Тора»;

Фактор Б. Схема садіння живців дворядними смугами: 1) 0,75 x 1,50 x 0,75 м; 2) 0,75 x 2,50 x 0,75 м;

Фактор В. — густина садіння живців: 12; 15; 18 тис. живців/га.

Площа облікової ділянки — 100 м², повторність — чотириразова.

Технологія вирощування енергетичної верби, за виключенням досліджуваних елементів, була загальноприйнятною для зони Лісостепу. Попередником енергетичної верби була соя. Оранку проводили в жовтні 2014 року на глибину 30...32 см. Навесні 2015 року проводили закриття вологи та культивування на глибину 4...5 см. Садіння живців верби (довжиною 25 см, діаметром 0,7...2,0 см) виконували в другій декаді квіт-

ня. Живці висаджувались на глибину, за якої вони виступали над поверхнею ґрунту на 1...2 см. Перед садінням протягом двох діб живці замочували у воді.

Догляд за посадками передбачав проведення боронування й культивування міжрядь для знищення кірки та сходів бур'янів.

Місце проведення досліджень відноситься до зони нестійкого зволоження, з середньорічною кількістю опадів на рівні 450 мм та середньодобовою температурою повітря за вегетацію 15,9 °С.

Веgetаційний період 2015 р. характеризувався досить посушливими погодними умовами. В цей рік гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) за вегетаційний період становив у середньому 0,78. На час садіння енергетичної верби (у квітні) він становив 0,72. На початку росту й розвитку у травні ГТК був 1,03, що створило сприятливі умови для проростання культури. Проте у червні ГТК знизився до 0,67, в липні він збільшився (1,11), а в серпні мав критичне значення 0,03, тобто вологи практично не було. Те ж саме повторилося й у вересні (ГТК=0,47), коли були високі температури повітря. Тільки в жовтні — на завершення вегетації — спостерігали більшу кількість опадів, а ГТК становив 1,44.

Веgetаційний період 2016 року був найбільш вологим за всі роки досліджень — середнє значення ГТК становило 2,52. Такі умови були оптимальними для росту і розвитку рослин. Місяці найбільш інтенсивного росту і розвитку енергетичної верби — квітень і травень — характеризувалися як вологі. Значення ГТК були відповідно 5,00 і 4,06. З червня до серпня ГТК знизився відповідно до 0,40, 1,03 і 0,56. Посушливим виявився також вересень — ГТК 0,12, а у жовтні було його рекордне значення за багато років — 6,48, що свідчить про надмірну зволоженість.

У 2017 році вегетаційний період ха-

рактеризувався досить посушливими погодними умовами — ГТК за вегетаційний період у середньому становив 0,43. Перших три місяці вологи взагалі не було (ГТК=0). Липень, серпень і вересень 2017 р. виявилися також досить сухими (ГТК — відповідно 0,54, 0,45 і 0,12), тому культура зазнала дефіциту вологи. Тільки на час збирання врожаю у жовтні 2017 р. спостерігали більшу кількість опадів — ГТК становило 1,92.

Отже, погодні умови 2015–2017 років були в межах середніх багаторічних даних і, в цілому, сприятливими для росту енергетичних плантацій верби.

Досліджувані характеристики рослин (висота, діаметр пагонів, маса рослин та їх окремих органів) встановлювалися відповідно до загальноприйнятих у рослинництві методик [9, 11, 12]. Для обліку врожайності з кожної ділянки після завершення вегетаційного періоду й опадання листя, зрізали по 10 середніх за розмірами рослин, встановлювали їх загальну масу та масу окремо пагонів і їх гілок і визначали вихід біомаси у перерахунку на 1 га.

Результати досліджень. На кінець першого вегетаційного періоду приживлюваність живців сорту «Тора» становила від 88 до 93%, а «Тернопільська» — 89 до 95%. Середня кількість пагонів у кущі верби сорту «Тора» коливалася в межах від 2,2 до 2,3 шт. на кущ, в сорту «Тернопільська» — від 4,1 до 5,0 шт. на кущ. Цей показник практично не змінювався протягом періоду досліджень і на нього не мали суттєвого впливу ані густина насаджень, ані схема садіння. Середня висота рослин протягом перших трьох років у всіх варіантах дослідів була більшою у рослин сорту «Тора». Зокрема, після третього року вона змінювалась від 524 до 604 см, а у сорту «Тернопільська» — від 414 до 557 см. Також у обох сортів більші висоти спостерігалися за використанням

Таблиця 1.

Структура врожаю та вміст сухої речовини в енергетичній біомасі сортів «Тора» і «Тернопільська» за різної густоти садіння та ширини міжрядь

Сорт	Схема садіння	Густина, тис. шт./га	Кількість пагонів, шт.	Висота пагона, см	Діаметр пагона, мм	Маса, кг			Масова частка, %		Суша речовина, %		
						пагонів	гілок	разом	пагонів	гілок	пагонів	гілок	разом
«Тора»	0,75x1,5x0,75	12	2,2	553,3	41,9	4,16	1,62	5,78	71,9	28,1	44,8	40,8	43,7
		15	1,8	499,9	33,5	2,48	0,57	3,05	81,3	18,7	50,9	46,3	50,0
		18	2,4	511,7	30,6	2,97	0,53	3,50	84,8	15,2	58,2	52,9	57,4
	0,75x2,5x0,75	12	2,0	537,5	36,1	3,54	0,81	4,34	81,5	18,5	47,5	43,2	46,7
		15	2,4	529,4	30,7	3,18	0,55	3,72	85,3	14,7	48,3	43,9	47,7
		18	1,9	587,6	34,8	3,37	0,54	3,91	86,3	13,7	57,0	51,8	56,3
«Тернопільська»	0,75x1,5x0,75	12	3,6	431,1	24,0	2,50	0,48	2,98	83,7	16,3	52,9	48,1	52,1
		15	3,3	423,6	23,2	2,48	0,45	2,92	84,7	15,3	52,6	47,8	51,9
		18	2,9	452,3	23,6	2,05	0,37	2,42	84,6	15,4	52,8	48,0	52,1
	0,75x2,5x0,75	12	5,4	408,9	20,5	2,09	0,43	2,52	82,8	17,2	52,7	47,9	51,9
		15	4,6	386,6	27,4	2,05	0,40	2,45	83,6	16,4	52,8	48,0	52,0
		18	4,0	414,2	19,8	1,79	0,34	2,12	84,0	16,0	52,8	48,0	52,0
НІР0,05		-	-	16,6	1,7	0,36	0,17	0,51	-	-	-	-	-

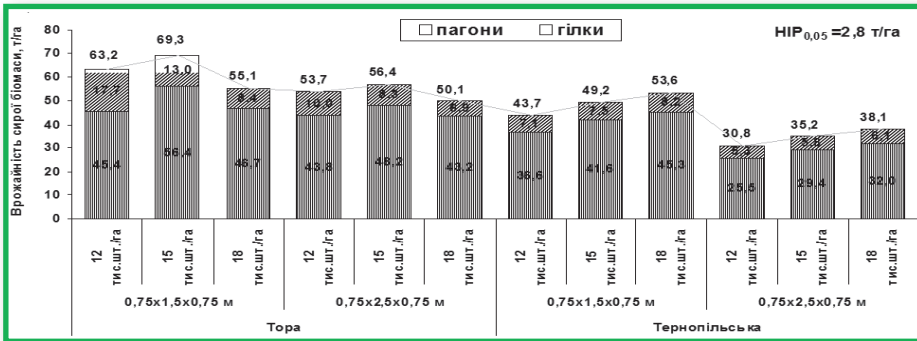


Рис. 1. Структура врожайності трирічної сирової біомаси сортів «Тора» і «Тернопільська» за різної густоти садіння та ширини міжрядь.

міжрядь 1,5 м. Показники середнього діаметра пагонів у всіх варіантах досліджування корелювали з висотою рослин і, відповідно, були більшими у сорту «Тора». Урожайність сухої біомаси у цього сорту становила від 14,8 до 22,5 т/га у рік, а у сорту «Тернопільська» — лише 6,2... 14,8 т/га/рік.

Як показав аналіз розподілу біомаси в межах одного куща (на основі дослідження 10 рослин для кожного варіанту досліджування), досліджувані сорти верб суттєво відрізняються між собою не лише за збереженістю рослин, морфо-метричними показниками та продуктивністю, а й за структурою біомаси та її вологістю (табл. 1).

Як видно з наведених даних, відсоток гілок у біомасі сорту «Тора» змінюється, залежно від варіанту досліджування, від 13,7 до 28,0%, а у сорту «Тернопільська» — від 15,3 до 17,2%. При цьому, цей показник у обох сортів тісно пов'язаний із густрою стояння рослин — він зростає зі зменшенням густо-

ти. Це пояснюється більшою освітленістю рослин за більшої площі живлення, внаслідок чого розвивається більше додаткових гілок. Через більшу частку кори в біомасі гілок, вони характеризуються більшою вологістю і, відповідно, меншим вмістом сухої речовини, порівняно з пагонами першого порядку.

Так, уміст сухої речовини в сирій біомасі пагонів першого порядку сорту «Тернопільська» виявився приблизно однаковим за різних варіантів досліджування — від 52,6 до 52,9, у той час, як у сорту «Тора» спостерігається пряма залежність між цим показником і густрою стояння рослин. У найбільш густих варіантах вміст сухої речовини становить, залежно від ширини міжрядь, 58,2 і 57,0%, а у найбільш рідких — знижується до 44,8 та 47,5%.

У біомасі гілок спостерігаються такі ж тенденції, як і в пагонів першого порядку, за, в цілому, меншої частки сухої речовини.

У сорту «Тернопільська» вміст сухої речовини становить від 52,6 до 52,9%, а у сорту «Тора» — від 40,8 до 52,9%.

Загалом свіжоозрізана біомаса трирічних насаджень сорту «Тернопільська» містить від 51,9 до 52,1% сухої речовини, а деревна маса сорту «Тора» — від 43,7% у варіанті з густрою садіння 12 тис. шт./га, до 57,4% за густоти 18 тис. шт./га.

Як видно з діаграм врожайності досліджуваних сортів верби, вищою продуктивністю біомаси відзначається варіант з використанням міжрядь 1,50 м (рис. 1).

Так, у сорту «Тора», за міжрядь 1,50 м, врожайність сирової біомаси становить від 55,1 до 69,3 т/га, а у випадку використання міжрядь 2,5 м — лише від 50,1 до 56,4 т/га. У сорту «Тернопільська» ці показники становили відповідно 43,7–53,6 та 30,8–38,1 т/га. Важливо відзначити, що максимальну продуктивність насаджень сорту «Тора» мали за густоти 15 тис. шт./га, а сорту «Тернопільська» — за 18 тис. шт./га.

Зважаючи на різний вміст сухої речовини в біомасі різних варіантів і частин рослини, діаграма врожайності сухої біомаси (рис. 2) має певні відмінності від діаграми, розміщеної на рис. 1.

Зокрема, видно, що у сорту «Тора» у варіанті з шириною міжрядь 2,5 м більше сухої біомаси накопичилося за густоти 18 тис. шт./га, на відміну від сирової біомаси, якої було більше у варіанті з густрою 15 тис. шт./га.

Найбільше сухої енергетичної біомаси (34,7 т/га) за перші три роки отримано від сорту «Тора» за ширини міжрядь 1,50 м і густоти 15 тис. шт./га. Відповідно, саме у цьому варіанті найбільшим був вихід енергії з 1 га — 639,1 ГДж/га (рис. 3).

За густоти 18 тис. шт./га вихід енергії тут становить 575,6 ГДж/га, а за 12 тис. шт./га — 502,3 ГДж/га. У випадку використання міжрядь шириною 2,50 м, вихід енергії збільшується зі зростанням густоти стояння рослин від 457,1 до 513,7 ГДж/га. Приблизно такі ж обсяги енергії отримано від сорту «Тернопільська» за ширини міжрядь 1,50 м — від 415,3 до 508,2 ГДж/га.

Найменше енергії можна отримати за використання сорту «Тернопільська» і міжрядь шириною 2,50 м — від 291,4 до 360,6 ГДж/га.

Висновки. На вилугуваних чорноземах Правобережного Лісостепу України із двох досліджуваних сортів верби протувидної вищими показниками росту та продуктивності відзначається сорт «Тора». Після третього року вегетації середня висота рослин у сорту «Тора» становила від 524 до 604 см, а у сорту «Тернопільська» — від 414 до 557 см. Урожайність трирічної сухої біомаси при цьому у сорту «Тора» змінювалася від 25,1 до 34,7 т/га, а у сорту «Тернопільська» — від 16,0 до 27,9 т/га, що, в середньому за рік, становить відповідно 8,4–11,6 та 5,3–9,3 т/га.

Максимальну кількість енергії з 1 га (до 631,9 ГДж/га за перших три роки) можна отримати за використання сорту «Тора», схеми садіння живців 0,75 x 1,50 x 0,75 м та густоти садіння 15 тис. живців на 1 га.

Зі зменшенням густоти садіння в біомасі рослин верби зростає вологість біомаси та відсоток гілок, що негативно позначається на вмісті у ній сухої речовини та енергії.

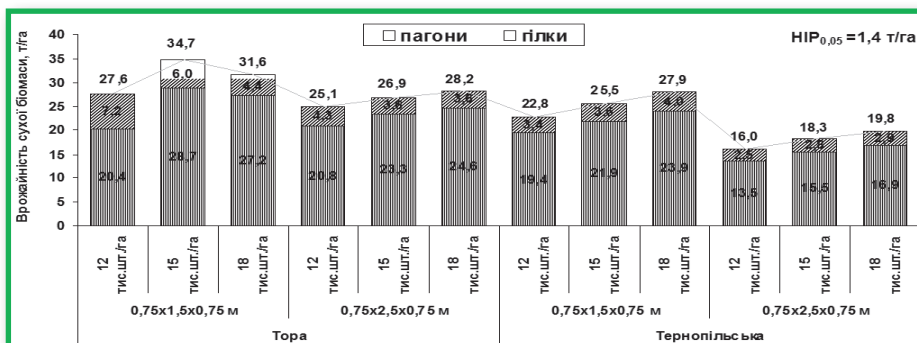


Рис. 2. Структура врожайності трирічної сухої біомаси сортів «Тора» і «Тернопільська» за різної густоти садіння та ширини міжрядь

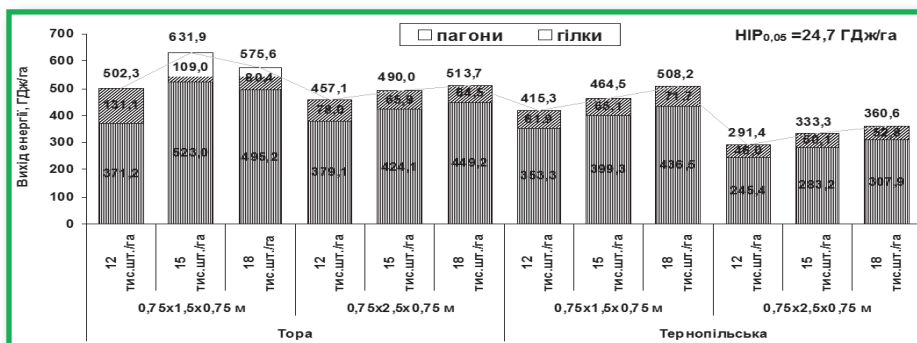


Рис. 3. Вихід енергії з трирічної біомаси сортів «Тора» і «Тернопільська» за різної густоти садіння та ширини міжрядь.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London; Washington, DC: Earthscan, 2010. 544 p.
2. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за ред. В. М. Сінченка. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. 340 с.
3. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Верби України: біологія, екологія, використання. Київ: Компринт, 2017. 256 с.
4. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ: Логос, 2011. 464с.
5. Willow Varietal Identification Guide / B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken (eds). Carlow, Ireland: Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.
6. McKenzie F. The potential of Short Rotation Coppice (SRC) willow (Salix L.) as a biomass crop in Orkney. A Thesis presented for the degree of Master of Science by Research at the University of Aberdeen. Agronomy Institute Orkney College Kirkwall Orkney. 2011. 155 p.
7. Mann J. Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada. A Thesis Presented to The University of Guelph In partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science in Environmental Science. Guelph, Ontario, Canada. 2012. 106 p.
8. Фучило Я. Д., Гнап І. В., Ганженко О. М. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби іноземної селекції в умовах Волинського Опілля. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2018. Т 14. № 2. С. 230–239.
9. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / за ред. В. М. Сінченка. Київ: Компринт, 2018. 137 с.
10. Горелов О. М. Гібридизація та селекція верб як перспективний напрям отримання високодуктивних клонів / О. М. Горелов, Я. Д. Фучило, Ю. М. Кругляк, В. М. Вирьовка, О. О. Горелов // Лісівництво і агролісомеліорація. — 2014. — Вип. 125. — С. 108–114.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: [учебн. для студ. агроном. спец. с.-х. вузов. 3-е изд.]. Москва: Колос, 1973. 336с.
12. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія. 2005. 288 с.

REFERENCES

1. El Bassam, N. (2010). Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London; Washington, DC: Earthscan.
2. Sinchenko, V. M. (Ed.). (2015). Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia [Energy willow: technology of cultivation and use]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian].
3. Fuchylo, Ya. D. & Sbitna, M. V. (2017). Verby Ukrainy (biolohiia, ekolohiia, vykorystannia) [Willows of Ukraine: biology, ecology, use]. Kyiv: Komprint. [in Ukrainian].
4. Fuchylo, Ya. D. (2011). Plantatsiynе lisovyroshchuvannya: teoriya, praktyka, perspektyvy [Forest plantations: theory, practice, perspectives]. Kyiv: Lohos. 464. [in Ukrainian].
5. Caslin B., Finnan J., McCracken A. (2013). Short rotation coppice willow best practice guidelines. URL: <https://www.ifa.ie/wp-content/uploads/2013/10/2012-WillowBestPracticeManual.pdf>
6. McKenzie, F. (2011) The potential of Short Rotation Coppice (SRC) willow (Salix L.) as a biomass crop in Orkney. A Thesis presented for the degree of Master of Science by Research at the University of Aberdeen. Agronomy Institute Orkney College Kirkwall Orkney. 2011. 155 p.
7. Mann, J. (2012). Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada. A Thesis Presented to The University of Guelph In partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science in Environmental Science. Guelph, Ontario, Canada. 106 p.
8. Fuchylo, Ya. D., Gnapp, I. V. & Hanzhenko O. M. (2018). Rist i produktyvnist deyakykh sortiv enerhetychnoyi verby inozemnoyi selektsiyi v umovakh Volynskoho Opillya. Growth and productivity of some cultivars of energy willow of foreign selection in the Volyn Opillia conditions. Plant varieties studying and protection. Vol 14. № 2. 230–239. [in Ukrainian].
9. Sinchenko, V. M. (Ed.). (2018). Metodolohiia doslidzhennia enerhetychnykh plantatsii verb i topol [Methodology for studying of energy plantations of willow and poplar]. Kyiv: Komprint. [in Ukrainian].
10. Gorelov, A. M., Fuchylo, Ya. D., Gnan, I. V. & Hanzhenko O. M. (2018). Rist i produktyvnist deyakykh sortiv enerhetychnoyi verby inozemnoyi selektsiyi v umovakh Volynskoho Opillya. Growth and productivity of some cultivars of energy willow of foreign selection in the Volyn Opillia conditions. Plant varieties studying and protection. Vol 14. № 2. 230–239. [in Ukrainian].
11. Dospekhov, B. A. (1973). Metodika polevogo opyta: [uchebnik dlya studentov agronomicheskikh spetsialnostey selskokhozyaystvennykh vuzov [Methodology of Field Experiences: curriculum. for student agronomist. special. of agricultural high schools. 3 rd ed.]. Moscow: Kolos. [in Russian].
12. Jeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., Kostogryz, P. V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v agronomii [Basic research in agronomy]. Kyiv: Diya. [in Ukrainian].

АНОТАЦІЯ

УДК 662.631: 620.952

СТРУКТУРА ПРОДУКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

В. М. СІНЧЕНКО, Я. Д. ФУЧИЛО, О. М. ГАНЖЕНКО, Г. А. МЕЛЬНИЧУК

Мета. визначити структуру енергетичної біомаси сортів верби прутівидної «Тернопільська» і «Тора» залежно від технології їх вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Методи. Польовий, лабораторний, статистичний. Дослідні енергетичні плантації були створені однорічними живцями клонів «Тора» і «Тернопільська», що ви-

сажені спареними рядами з відстанню між ними 0,75 м та міжряддями 1,5 м і 2,5 м. Було використано три варіанти густоти садіння живців: 12, 15 і 18 тис. шт./га. Ґрунт — чорнозем вилугуваний крупно-пилуватий, свіжий. Досліджувані характеристики рослин (висоту, діаметр пагонів, масу рослин та їх окремих органів) встановлювали відповідно до загальноприйнятих у рослинництві методик. **Результати.** На кінець першого вегетаційного періоду приживлюваність живців сорту «Тора» становила від 88 до 93%, а «Тернопільська» — 89 до 95%. Середня кількість пагонів у кущі верби сорту «Тора» коливалася в межах від 2,2 до 2,3 шт. на кущ, в сорту «Тернопільська» — від 4,1 до 5,0 шт. на кущ. Цей показник практично не змінився протягом періоду досліджень і на нього не мали суттєвого впливу ані густота насаджень, ані схема садіння. Середня висота рослин протягом перших трьох років у всіх варіантах дослідів була більшою в рослин сорту «Тора». Зокрема, після третього року вона змінювалася від 524 до 604 см, проти 414–557 см у сорту «Тернопільська». В обох сортів більші висоти спостерігалися за використання міжрядь 1,5 м.

Урожайність трирічної сухої біомаси при цьому в сорту «Тора» становила від 25,1 до 34,7 т/га, а у сорту «Тернопільська» — від 16,0 до 27,9 т/га, або в середньому за рік відповідно: 8,4–11,6 та 5,3–9,3 т/га.

На вміст сухої речовини в біомасі верби певний вплив має структура біомаси, зокрема — частка в ній гілок другого порядку. Відсоток гілок у біомасі сорту «Тора» змінюється, залежно від варіанту досліду, від 13,7 до 28,0%, а у сорту «Тернопільська» — від 15,3 до 17,2%. Також вміст сухої речовини знижується зі зменшенням густоти садіння.

Максимальну кількість енергії з 1 га (до 631,9 ГДж/га за перших три роки) було отримано від сорту «Тора», у варіанті з використанням схеми садіння живців 0,75 x 1,50 x 0,75 м та густоти садіння 15 тис. живців на 1 га.

Висновки. На вилугуваних чорноземах Правобережного Лісостепу України із двох досліджуваних сортів верби прутівидної вищими показниками росту і продуктивності відзначається сорт «Тора».

Після третього року вирощування середня висота рослин у її дослідних варіантах змінювалася від 524 до 604 см, а у сорту «Тернопільська» — від 414 до 557 см. Урожайність трирічної сухої біомаси при цьому в сорта «Тора» становила від 25,1 до 34,7 т/га, а у сорта «Тернопільська» — від 16,0 до 27,9 т/га, що в середньому за рік становить, відповідно, 8,4–11,6 та 5,3–9,3 т/га.

Максимальну кількість енергії з 1 га (до 631,9 ГДж/га за перші три роки) можна отримати за використання сорту «Тора», схеми садіння живців 0,75 x 1,50 x 0,75 м та густоти садіння 15 тис. живців на 1 га.

Зі зменшенням густоти садіння в біомасі рослин верби зростає вологість біомаси та відсоток гілок, що негативно позначається на вмісті сухої речовини та енергії.

Ключові слова: Salix L., енергетичні плантації, сорт «Тора», сорт «Тернопільська», схема садіння живців, густота плантацій, ріст, продуктивність і структура біомаси, вміст енергії.

ABSTRACT

UDC630: 620952

Yield structure of energy willow as affected by cultivation technology

V. M. Sinchenko, Ya. D. Fuchylo, O. M. Hanzhenko, H. A. Melnychuk

Purpose. Determining of the biomass yield structure of willow varieties 'Ternopilka' and 'Tora' as affected by technology of their cultivation under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, statistical. Experimental energy plots were established using cuttings of 'Tora' and 'Ternopilka' clones, planted in paired rows with a distance between them 0.75 m and distance between paired rows 1.5 m and 2.5 m. Three options of planting density of cuttings were used: 12, 15 and 18 thousand plants per hectare. The soil type for the experiment was fresh leached coarse chernozem. The investigated characteristics of the plants (height, diameter of shoots, mass of plants and their individual organs) were determined according to the commonly accepted methods in crop production. **Results.** At the end of the first growing season, the viability of cuttings of the 'Tora' variety ranged from 88 to 93%, and 'Ternopilka' variety from 89 to 95%. The average number of shoots ranged from 2.2 to 2.3 per plant in 'Tora' and from 4.1 to 5.0 in 'Ternopilka'. This index remained virtually unchanged during the study period and was not significantly affected by planting density or planting design. The average height of the plants in the first three years in all variants of experiments was higher in 'Tora'. In particular, after the third year it varied from 524 to 604 cm, against 414–557 cm in 'Ternopilka'. In both varieties, higher altitudes were observed at a row spacing of 1.5 m. The yield of three-year dry biomass in 'Tora' ranged from 25.1 to 34.7 t/ha, and in Ternopil from 16.0 to 27.9 t/ha, or on average for the year respectively: 8.4–11.6 and 5.3–9.3 t/ha. The dry matter content of willow biomass is influenced by the structure of the biomass, in particular, the proportion of second-order branches in it. The percentage of branches in the biomass of 'Tora' varies from 13.7 to 28.0%, depending on the variant of the experiment, and from 15.3 to 17.2% in 'Ternopilka'. In addition, dry matter content decreases with decreasing planting density. The maximum yield of energy from 1 ha (up to 631.9 GJ/ha in the first three years) was obtained in 'Tora' under the 0.75 x 1.50 x 0.75 m planting layout and planting density of 15 thousand cuttings per 1 ha. **Conclusions.** On the leached chernozem of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine, of the two studied willow varieties, 'Tora' marked higher growth and productivity indicators. After the third year of cultivation, the average height of the plants in its experimental variants varied from 524 to 604 cm, and in 'Ternopilka' from 414 to 557 cm; yield from 25.1 to 34.7 t/ha, and in 'Ternopilka' from 16.0 to 27.9 t/ha, which averages 8.4–11.6 and 5.3–9.3 t/ha, respectively. The maximum output of energy per 1 ha (up to 631.9 GJ/ha in the first three years) can be obtained by growing 'Tora' variety under planting design 0.75 x 1.50 x 0.75 m and the planting density of 15 thousand cuttings per 1 ha. With the decrease in planting density in the biomass of willow plants, the moisture content of the biomass and the percentage of branches increases, which negatively affects the dry matter and energy content.

Keywords: Salix L., energy plantations; 'Tora' variety; 'Ternopilka' variety; planting design; plant density; growth; productivity and structure of biomass; energy content.