

УДК 633.63:631.55

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

ГАНЖЕНКО О.М. —

зав. відділом технологій вирощування  
біоенергетичних культур, к.т.н.;

ХІВРИЧ О.Б. —

зав. сектором досліджень зональних  
технологій вирощування та  
впровадження біоенергетичних культур,  
к.с.-г.н.;

ДУБОВИЙ Ю.П. —

зав. лабораторією технологій  
вирощування біоенергетичних культур  
у зоні Центрального Лісостепу України,  
к.с.-г.н.;

СЕНЧУК С.М. —

зав. сектором агрохімічних та  
технологічних досліджень цукрових  
буряків і біоенергетичних культур,  
к.с.-г.н.;

САЄНКО П.І. —

с.н.с.к., к.с.-г.н.;

ЗИКОВ П.Ю. —

с.н.с.

Інститут біоенергетичних культур  
і цукрових буряків НААН

**Постановка проблеми.** Біомаса є перспективним відновлюваним джерелом енергії (ВДЕ) для України й можливості її використання в енергетиці дуже різноманітні. Одним із видів ВДЕ є біоетанол — зневоднений етиловий спирт, виготовлений з біомаси. Біоетанол може використовуватись в якості палива в чистому вигляді або як добавка до традиційних видів палива [3, 6]. Додавання біоетанолу до бензинів може забезпечити істотне скорочення викидів CO<sub>2</sub> у транспортній сфері. Використання рослинної сировини сільськогосподарських культур для виробництва рідкого біопалива розглядається як один із способів зменшення залежності країни від імпортованих нафтопродуктів. Таким чином, біоетанол є не шкідливим для навколишнього середовища ВДЕ та недорогим альтернативним традиційним видам палива [10].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Біоетанол переважно використовується в сумішах із бензином з низьким (Е5) або середнім (Е20) вмістом біокомпоненту. Також можуть використовуватись більші концентрації біоетанолу, проте вони потребують спеціальних або адаптованих транспортних засобів. Біопаливо, як правило, ще не є конкурентоспроможним паливом у порівнянні з ископним, тому в багатьох країнах запроваджують стимулюючі механізми для виробництва й використання біоетанолу. Так, на-

приклад, у Колумбії, починаючи з 2006 року, існує мандат на використання 10% біоетанолу в усіх бензинах, які продаються в містах із населенням понад 0,5 млн. чол. Мають свої програми підтримки біоетанолу Аргентина, Мексика, Парагвай, Перу, Китай, Філіппіни та Індія, які ввели подібний мандат до 5% суміші [9]. В Україні знаходиться на розгляді законопроект № 7348, яким передбачено поетапне збільшення частки біокомпонентів у бензинах до 4,8% (енергетичних) [7].

Залежно від вихідної сировини та шляху конверсії можна виділити біоетанол 1-го і 2-го покоління (останнім часом починають з'являтися навіть варіанти третього покоління). Біоетанол 1-го покоління, також відомий як вуглеводний етанол, може бути отриманий із цукромісткої або крохмалевмісної біомаси. Біоетанол 2-го покоління виготовляється із целюлоземісткої сировини. Основними країнами, що виробляють біоетанол 1-го покоління, є США та Бразилія [9].

В умовах України традиційною та найбільш ефективною цукроносною культурою для виробництва біоетанолу є буряки цукрові (*Beta vulgaris*), які відзначаються високим потенціалом продуктивності (до 70 т/га і більше). За розрахунками, з одного гектара буряків за урожайності 60 т/га можна отримати понад 4,5 т біоетанолу, енергетичний потенціал якого становить близько 120 ГДж/га [5].

З 2003 року в країнах ЄС існує директива, відповідно до якої біопаливо, основою якого є буряки цукрові, використовується як компонент для бензину [8]. Так, у Німеччині біоетанол використовують як додаток до бензину Супер Е5 та Супер Е10. При цьому досягнуто скорочення викидів парникових газів до 50% [13]. Паралельно активно випробовують нові гібриди буряків цукрових спеціально створених для виробництва біопалива. Серед найважливіших критеріїв продуктивності енергетичних буряків цукрових є їх урожайність та збір цукру. Пріділяють увагу гібридам, які швидко накопичують цукор, щоб можна було їх збирати у ранні строки [12].

За вирощування буряків на біоетанол за врожайності близько 65,0 т/га, кінцева прибутковість на 55–60 євро/га більша, ніж за вирощування пшениці з врожайністю 9,0 т/га або ріпаку за врожайності 4,5 т/га [11].

Отже, використання буряків цукрових для виробництва біоетанолу зменшить залежність від імпортованого пального та підвищить енергетичну безпеку держави. В Україні доцільно переходити на відновлювані джерела енергії за рахунок широкого впровадження біоенергетичних рослин.

Метою досліджень було підвищення ефективності вирощування буряків цукрових вітчизняної селекції як сировини для ви-

робництва біоетанолу шляхом оптимізації елементів технології їх вирощування.

**Методика проведення досліджень.** Польові дослідження проводились впродовж 2016–2018 рр. на Білоцерківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, що знаходиться в зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України на чорноземах типових крупнопилуватого середньо-суглинкового механічного складу.

Досліджували вплив сортових особливостей і строків збирання буряків цукрових на вихід біоетанолу та енергії. Дослід закладався з трьома гібридами селекції ІБКЦБ НААН: 'Булава', 'Злука' та 'Константа', що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [1]. Збирання проводилось в чотири строки: 1 декада вересня (I/09), 2 декада вересня (II/09), 3 декада вересня (III/09) та 1 декада жовтня (I/10). Кінцева густина стояння рослин 100 тис. шт./га. Площа посівної ділянки — 54 м<sup>2</sup>, облікової — 40 м<sup>2</sup>. Повторюваність дослідів — чотириразова. Загальна площа дослідів — 0,26 га. Технологія вирощування буряків цукрових загальноприйнята для зони досліджень, мінеральні добрива застосовувались у рекомендованих нормах, попередник — пшеница озима.

Дослід закладався методом систематичних повторювань, в кожному повторенні варіанти дослідів розміщувались по ділянках послідовно. Обліки та спостереження у досліді проводились згідно з методикою [4]. Статистичну обробку експериментальних результатів виконано стандартними методами [2].

**Результати досліджень.** За результатами проведених досліджень визначено, що збирання буряків цукрових як сировини для виробництва біоетанолу в першу декаду вересня (I/09) є передчасним, оскільки в цей період продовжується ріст та розвиток рослин, коренеплоди буряків збільшуються в розмірах, а відтак і збільшується їх урожайність. Спостерігається зворотня тенденція щодо цукристості коренеплодів, що є наслідком частих опадів у вересні місяці. Саме в першу декаду вересня відмічаються максимальні значення цукристості коренеплодів усіх досліджуваних рослин гібридів буряків цукрових, але найменші їх розмірно-масові характеристики (табл. 1, 2).

Так, у середньому за роки досліджень найменші розмірні характеристики коренеплодів спостерігались у рослин буряків цукрових гібрида 'Булава', діаметр яких в перший строк збирання становив 7,8 см, в другий — 8,1, третій — 8,3, четвертий — 8,4 см; довжина коренеплодів відповідно 27,5, 29,4, 30,2 та 30,4 см. Маса коренеплодів цього гібрида та їх урожайність також були найменшими, що

становило відповідно 427, 460, 483 та 496 г та 41,9, 45,3, 47,5 та 48,9 т/га.

Найкращим серед досліджуваних гібридів був гібрид 'Константа', розмірно-масові показники якого за роки досліджень були найбільші та становили: діаметр коренеплоду за збирання I/09–8,4 см, II/09–9,0, III/09–9,2 та I/10–9,4 см; довжина коренеплодів відповідно 29,0, 33,1, 33,8 та 34,0 см. Середня маса коренеплодів, зібраних I/09 складала 484 г, II/09–518 г, III/09–548 г та I/10–568 г; урожайність відповідно — 47,3, 51,6, 53,9 та 56,5 т/га. При цьому гібрид 'Константа' має вищі значення цукристості коренеплодів. За вирощування буряків цукрових гібрида 'Константа' отримано найбільші розрахункові значення виходу цукру з коренеплодів, що за першого строку збирання (I/09) становить 8,2 т/га, за другого (II/09) — 8,2 т/га, за третього (III/09) — 8,8 т/га, за четвертого (I/10) — 9,1 т/га.

Найбільшої прибавки в урожайності коренеплодів за період від першої декади вересня (I/09) до першої декади жовтня (I/10) отримано за вирощування гібрида 'Константа' — 9,2 т/га. У гібрида 'Злука' ця різниця становила 7,9 т/га, у гібрида 'Булава' — 7,0 т/га.

Логічним продовженням вирощування енергетичних буряків цукрових є їх переробка на біопаливо. За результатами проведених розрахунків (рис. 1), прослідковується чітка тенденція до збільшення значень загального виходу біоетанолу з коренеплодів та енергії з біопалива залежно від строків збирання буряків. Прибавка у виході біопалива за останнього строку збирання (I/10), на відміну від першого (I/09), становить 0,1–0,2 т/га за вирощування гібрида 'Булава', 0,3 т/га — за вирощування гібрида 'Злука' та 0,4 т/га — за вирощування гібрида 'Константа', вихід енергії також збільшується відповідно на 2,8, 5,8 та 9,9 ГДж/га.

Зробивши порівняльну оцінку буряків цукрових різних гібридів можна зробити висновки, що найбільший розрахунковий вихід біоетанолу та енергії в зоні нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України отримано за вирощування гібрида 'Константа' та збирання його біомаси в першій декаді жовтня. При цьому загальний вихід біоетанолу та енергії становить 4,2 т/га та 103,8 ГДж/га відповідно. За вирощування гібридів 'Злука' та 'Булава' вихід біопалива становив менше, ніж 4,0 т/га, а енергії — менше, ніж 100 ГДж/га. Проте, незважаючи на це, усі досліджувані гібриди заслуговують на увагу.

#### Висновки.

1. В умовах України буряки цукрові є однією з найбільш перспективних культур для виробництва біоетанолу. Визначено, що на процеси розвитку буряків та їх продуктивність впливають сортові особливості, строки їх збирання та погодні-кліматичні умови в період вегетації.

2. Для отримання максимального виходу біоетанолу та енергії в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу України, коренеплоди буряків цукрових слід збирати з III декади вересня до I декади жовтня.

3. За вирощування гібрида 'Константа' отримано максимальний вихід біоетанолу — 4,2 т/га та енергії — 103,8 ГДж/га.

4. Отримання високих врожаїв буряків цукрових як сировини для виробництва біоетанолу, можливе лише за використання сучасних гібридів із достатнім рівнем урожайності та цукристості.

Таблиця 1.

Розмірно-масові параметри коренеплодів буряків цукрових (БЦ ДСС, 2016–2018 рр.)

Показники	Дата	Гібрид			НІР0,05
		'Булава'	'Злука'	'Константа'	
Діаметр коренеплодів, см	I/09	7,8	8,2	8,4	0,2
	II/09	8,1	8,5	9,0	
	III/09	8,3	8,8	9,2	
	I/10	8,4	8,9	9,4	
Довжина коренеплодів, см	I/09	27,5	28,2	29,0	0,6
	II/09	29,4	31,5	33,1	
	III/09	30,2	32,4	33,8	
	I/10	30,4	32,7	34,0	
Середня маса коренеплодів, г	I/09	427	457	484	11,6
	II/09	460	494	518	
	III/09	483	519	548	
	I/10	496	535	568	

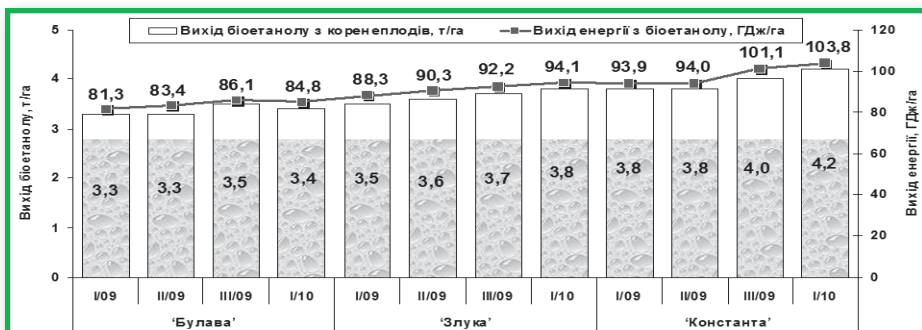


Рис. 1. Розрахунковий вихід біоетанолу та енергії з буряків цукрових (БЦ ДСС, 2016–2018 рр.)

Таблиця 2.

Продуктивність буряків цукрових (БЦ ДСС, 2016–2018 рр.)

Показники	Дата	Гібрид			НІР0,05
		'Булава'	'Злука'	'Константа'	
Врожайність коренеплодів, т/га	I/09	41,9	45,2	47,3	3,2
	II/09	45,3	48,9	51,6	
	III/09	47,5	51,1	53,9	
	I/10	48,9	53,1	56,5	
Цукристість, %	I/09	17,4	17,4	17,7	0,3
	II/09	16,4	16,4	16,1	
	III/09	16,2	15,9	16,6	
	I/10	15,2	15,5	16,2	
Збір цукру, т/га	I/09	7,1	7,7	8,2	0,6
	II/09	7,3	7,9	8,2	
	III/09	7,5	8,0	8,8	
	I/10	7,4	8,2	9,1	
Вміст сухих речовин в коренеплодах, %	I/09	24,3	24,5	25,1	0,3
	II/09	22,3	22,4	22,1	
	III/09	22,4	22,5	23,1	
	I/10	20,6	20,4	21,3	



## 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.: Компринт, 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.climatetechwiki.org/technology/ethanol>
10. Garantierter Klimaschutz mit Bioethanol / Zuckerrübe. — 58. Jg., № 6. — 2008. — S. 298.
11. Knälmann F. Anbau von ethanolrüben 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: [fu chylo\\_yar@ukr.net](mailto:fu chylo_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 (сорту) 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 закріпилося 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 коренеплодів, 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.