

УДК 633.62:631.5

ВПЛИВ ФОНУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦУКРОВОГО СОРГО

ГАНЖЕНКО О.М.,

кандидат техн. наук

ГЕРАСИМЕНКО Л.А.,

кандидат с.-г. наук

(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)

ДУБОВИЙ Ю.П.,

кандидат с.-г. наук

(Білоцерківська ДСС ІБКЦБ НААН)

Вступ. Використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії набуває особливої уваги, що пов'язано з обмеженістю світових запасів викопних енергетичних ресурсів та забрудненням навколишнього середовища внаслідок їх використання.

Враховуючи аграрну спрямованість економіки України, біоенергетика – є одним із найбільш перспективних сегментів відновлювальної енергетики. Сировиною для виробництва різних видів біопалива слугують здебільшого відходи сільськогосподарського виробництва (рослинництва та тваринництва), а також спеціально вирощені біоенергетичні культури.

Однією з таких культур є цукрове сорго, сік зі стебел якого, за рахунок високої цукристості (до 20 %) є цінною сировиною для виробництва біоетанолу. Після видалення соку стебла можуть бути використані для виробництва висококалорійного твердого біопалива у вигляді гранул та брикетів, а також для виробництва біогазу [1, 3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями впливу мінерального живлення на продуктивність та якісні показники цукрового сорго займалися багато дослідників та вчених: Тараненко В. І. [8], Шепель Н. А. [9], Шорин П. М. [10], Кадиров С. В. [4], Демиденко Б. Г. [2], Олексієнко Ю. Ф. [7] та ін. Проте в цих дослідженнях цукрове сорго розглядається як кормова культура. Тому оптимізація елементів технології вирощування цукрового сорго на енергетичні цілі є актуальним та своєчасним для України завданням.

Отже, метою досліджень є встановлення впливу норм мінерального живлення та сортових особливостей цукро-

вого сорго на енергетичну продуктивність культури.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились упродовж 2011-2013 рр. в зоні нестійкого зволоження Центральної частини Лісостепу України - на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, на чорноземах типових глибоких малогумусних крупнопилувато-середньосуглинкових. Вміст гумусу в шарі ґрунту 0...30 см – 3,75 %, азоту легкогідролізованого – 11,7, рухомого фосфору (за Чириковим) – 26,4, калію – 13,4 мг/100 г ґрунту, рН ґрунту – 5,42, гідролітична кислотність – 2,94 мг-екв./100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 90 %.

Схема досліду: *Фактор А* (сортові особливості) – сорт Силосне 42 та гібрид Медовий; *Фактор Б* (дози добрив) – $N_0P_0K_0$, $N_{80}P_{80}K_{80}$, $N_{160}P_{160}K_{160}$.

Сівбу насіння цукрового сорго здійснювали у I декаді травня, повторюваність досліду – чотириразова. Площа посівної ділянки 50 м², облікової – 30 м². Загальна площа досліду 0,12 га.

Біометричні показники рослин цукрового сорго визначали за методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур [5], площу листкової поверхні - за методичними рекомендаціями, розробленими в ІБКЦБ [6].

Результати досліджень. Сучасним сортам та гібридам цукрового сорго вітчизняної селекції притаманні висока пластичність і стабільність, яка виражена у здатності формувати високі врожаї біомаси за будь-яких погодних умов. Серед найбільш перспективних сортів і гібридів, занесених до Державного реєстру сортів рослин України, є сорт Силосне 42 (селекції Інституту сільськогосподарства степової зони НААН) і гібрид Медовий (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення НААН).

Цукрове сорго - теплолюбива посухостійка культура короткого дня, не вибаглива до забезпечення елементами живлення, проте досить активно реагує на внесення мінеральних добрив [9]. Тому важливим є визначення оптимальних норм їх внесення.

За результатами досліджень встановлено вплив мінеральних добрив та сортових особливостей цукрового сорго на біометричні показники рослин (кущіння, висота рослин, площа листкової поверхні), продуктивність біомаси, вихід біопалива й енергії тощо.

За літературними джерелами [8, 10] кущистість у цукрового сорго залежить від сортових особливостей і умов вирощування, рослини утворюють від 2 до 4 і більше повністю розвинених стебел, що відгалужуються від вузла куштиння та є позитивною особливістю, так як сприяє збільшенню врожайності.

Таблиця 1

Показники продуктивності цукрового сорго залежно від сортових особливостей та норм мінерального живлення

Сорт/гібрид	Норми добрив	Куштиння рослин, шт. стебел / росл.	Висота рослин, см	Площа листкової поверхні, тис.м ² /га	Цукристість соку, %	Урожайність зеленої біомаси, т/га
Силосне 42	$N_0P_0K_0$	2,8	319	45,52	13,8	60,4
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	3,2	329	53,13	16,2	99,7
	$N_{160}P_{160}K_{160}$	3,3	330	52,62	16,5	100,0
Медовий	$N_0P_0K_0$	3,2	332	46,62	17,4	62,2
	$N_{80}P_{80}K_{80}$	3,5	340	55,75	18,9	100,9
	$N_{160}P_{160}K_{160}$	3,4	340	55,54	19,6	110,0
НІР ₀₅		0,7	25	5,5	0,3	2,5

У сорту Силосне 42 та гібрида Медовий кущистість максимальною є за внесення добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ та $N_{160}P_{160}K_{160}$ і становить 3,2...3,3 шт.стебел/рослину в сорту та 3,4...3,5 шт.стебел/рослину в гібрида (табл. 1). На неудобреному фоні кількість стебел на одній рослині була меншою і становила у сорту – 2,8 та 3,2 шт. стебел/рослину в гібрида.

Спостерігаючи за ростом цукрового сорго, слід відмітити, що рослини на початку вегетації (міжфазний період сходи-кущіння), повільно формували надземну масу; в цей час відбувається активний ріст кореневої системи. Від фази стеблуння до фази цвітіння спостерігається інтенсивне збільшення висоти рослин. У такий період середньодобовий приріст висоти рослин становить до 6 см. З внесенням добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ та $N_{160}P_{160}K_{160}$ висота рослин на час збирання була максимальною й дорівнювала в сорту 329...330 см, у гібрида 340 см. На контролі висота рослин була дещо меншою (для сорту – 319, для гібрида – 332 см).

За результатами досліджень встановлено, що площа листової поверхні наростала від фази кущіння до фази цвітіння. Надалі вона починала зменшуватися до фази повної стиглості зерна за рахунок інтенсивного відмирання нижніх листків та припинення утворення нових. Ріст і розвиток листового апарата цукрового сорго гібрида Медовий відбувається інтенсивніше, ніж у сорту Силосне 42. Так, найбільша площа листової поверхні була за внесення добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ та $N_{160}P_{160}K_{160}$ і відповідно у сорту становила 52,6...53,1 тис.м²/га, тоді як у гібрида вона була на 5 % більшою й становила 55,5...55,7 тис.м²/га (табл. 1).

Таким чином, підвищення норми внесення добрив з $N_{80}P_{80}K_{80}$ до $N_{160}P_{160}K_{160}$ суттєво не вплинуло на біометричні показники рослин цукрового сорго.

Найціннішою біологічною властивістю цукрового сорго є його здатність накопичувати вуглеводи, що робить його потенційним джерелом сировини для виробництва біоетанолу. Цукристість соку може коливатися в значних межах залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сортових особливостей та технологій вирощування.

Результати досліджень показують, що внесення мінеральних добрив мало значний вплив на вміст вуглеводів у соку стебел цукрового сорго. Зі збільшенням норм внесення мінеральних добрив цукристість зростала. Так, на неудобреному фоні цукристість була найменшою і становила 13,8 % у сорту та 17,4 % у гібрида. З внесенням добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ цукристість зрос-

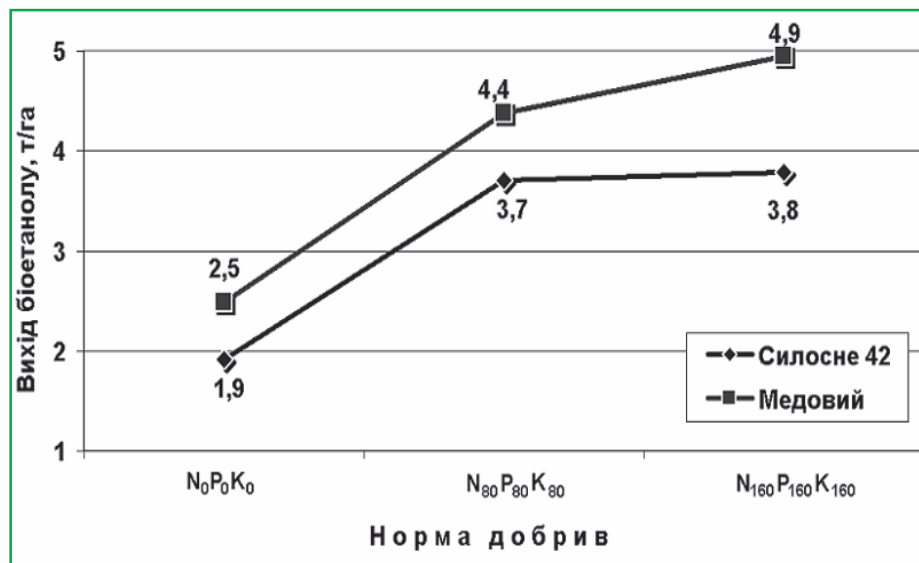


Рис.1. Вплив сортових особливостей цукрового сорго та норм внесення добрив на вихід біоетанолу.

ла до 16,2 % у сорту та до 18,9 % у гібрида. Максимальний вміст цукрів у соку цукрового сорго спостерігався з внесенням добрив у нормі $N_{160}P_{160}K_{160}$ і становив 16,5 % у сорту Силосне 42 та 19,6 % у гібрида Медовий.

Таким чином, спостерігається позитивна кореляційна залежність між нормами внесення добрив та цукристістю соку.

Врожайність зеленої маси сорту та гібрида цукрового сорго суттєво залежить від сортових особливостей культури. Гібрид Медовий за врожайністю перевищував сорт Силосне 42 в середньому на 4,3 т/га за усіма варіантами дослідів.

Застосування мінеральних добрив також суттєво впливало на урожайність

зеленої маси цукрового сорго. Так, за внесення добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ її врожайність в розрізі сорту становила 99,7 т/га, гібрида - 100,9 т/га. В той час як на неудобреному фоні врожайність, відповідно, становила 60,4 та 62,2 т/га. Подальше підвищення норми внесення добрив до $N_{160}P_{160}K_{160}$ не призвело до суттєвого зростання урожайності, яка для сорту Силосне 42 на цьому варіанті дослідів становила 100 т/га, для гібрида Медовий 110 т/га.

Таким чином, застосування мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ дозволяє значно підвищити врожайність зеленої маси (на 62,2...65,1 %).

Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ сприяло підвищенню майже вдвічі розрахункового виходу

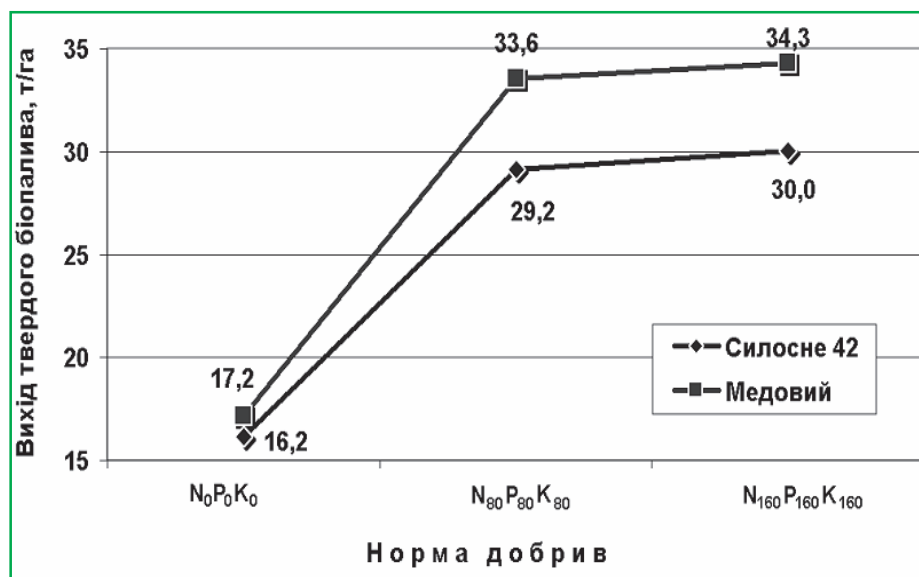


Рис.2. Вплив сортових особливостей цукрового сорго та норм добрив на вихід твердого біопалива.

біоетанолу. Так, на неодобреному фоні вихід біоетанолу становив лише 1,9 т/га для сорту Силосне 42 та 2,5 т/га для гібрида Медовий, а на фоні $N_{80}P_{80}K_{80}$ – 3,7 та 4,4 т/га, відповідно. Таким чином, 1 кг діючої речовини комплексного добрива забезпечує підвищення виходу біоетанолу на 22,5...23,7 кг/га. Подальше збільшення норми внесення добрив до $N_{160}P_{160}K_{160}$ сприяло незначному підвищенню виходу біоетанолу (рис. 1).

Цінною сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул, брикетів) є й суха біомаса, що залишається після видалення соку зі стебел цукрового сорго. Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ сприяло підвищенню майже вдвічі розрахункового виходу твердого біопалива. Так, на неодобреному фоні вихід твердого біопалива становив 16,2 т/га для сорту Силосне 42 та 17,2 т/га для гібрида Медовий, а на фоні $N_{80}P_{80}K_{80}$ для сорту – 29,2 т/га, для гібрида – 33,6 т/га. Таким чином, 1 кг діючої речовини комплексного добрива забезпечив підвищення виходу твердого біопалива на 162...205 кг/га. Подальше збільшення норми добрив до $N_{160}P_{160}K_{160}$ сприяло незначному (2 – 2,7 %) підвищенню виходу твердого біопалива (рис. 2).

Біомаса цукрового сорго є також цінною сировиною для виробництва біогазу. З однієї тонни зеленої біомаси можна отримати до 170 м³ біогазу з вмістом метану (CH₄) понад 60 %. Найбільший розрахунковий вихід біогазу відмічено за найвищої норми внесення добрив ($N_{160}P_{160}K_{160}$); становить у сорту 19,1 тис.м³/га, в гібрида – 21,8 тис.м³/га. Зменшення норм внесення добрив вдвічі ($N_{80}P_{80}K_{80}$) сприяє незначному зниженню виходу біогазу: у сорту на 0,5 тис.м³/га, у гібрида на 0,4 тис.м³/га. На фоні без внесення добрив вихід біогазу був найменший і дорівнював у сорту – 10,3 тис.м³/га, в гібрида – 10,9 тис.м³/га (рис. 3).

Розрахунок загального виходу енергії здійснювали, виходячи з умов, що сік зі стебел цукрового сорго використовується для виробництва біоетанолу, а сухі стебла – для виробництва твердого біопалива. Таким чином, загальний вихід енергії складається з енергії, що міститься в біоетанолі та твердому паливі. Для розрахунків брали до уваги, що теплотворна здатність 1 кг біоетанолу становить 25 МДж/кг, твердого біопалива – 16 МДж/кг.

За загальним виходом енергії гібрид Медовий на всіх варіантах досліді перевищував сорт Силосне 42 в середньому на 71,6 ГДж (рис. 4).

Застосування добрив сприяло значному зростанню загального виходу енергії. Так, за внесення мінераль-

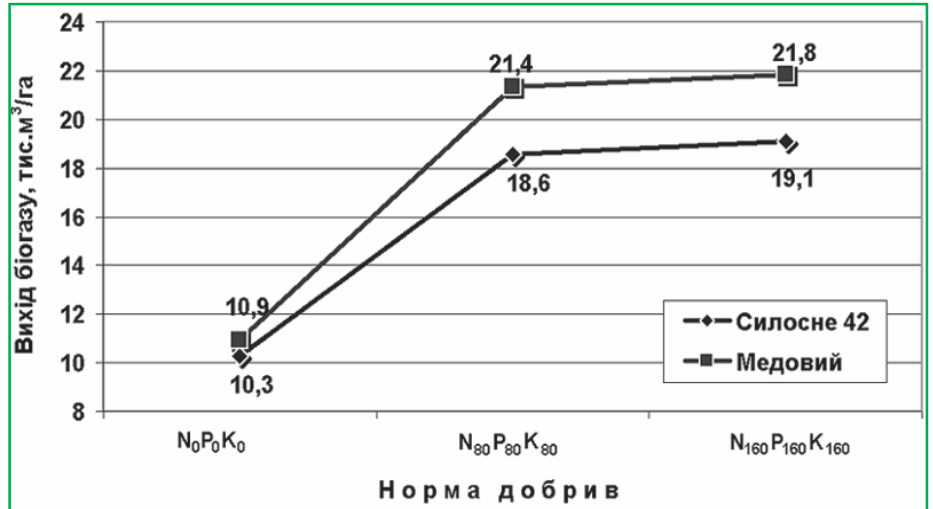


Рис.3. Вплив сортових особливостей цукрового сорго та норм добрив на вихід біогазу

них добрив у нормі $N_{80}P_{80}K_{80}$ загальний вихід енергії становив 559,1 ГДж/га (92,7 ГДж/га – з біоетанолу та 466,4 ГДж/га – з твердого біопалива) у сорту Силосне 42 і 646,2 ГДж/га (109,4 ГДж/га – з біоетанолу та 536,8 ГДж/га – з твердого біопалива) у гібрида Медовий. На неодобреному фоні загальний вихід енергії був значно нижчий і становив у сорту 306,5 ГДж/га (47,8 ГДж/га – з біоетанолу та 258,7 ГДж/га – з твердого біопалива) і в гібрида 336,7 ГДж/га (62,1 ГДж/га – з біоетанолу та 274,6 ГДж/га – з твердого біопалива). Отже, 1 кг діючої речовини комплексного добрива сприяє підвищенню виходу енергії на 3,2...3,9 ГДж/га.

З рисунка 4 видно, що подальше підвищення норм добрив не сприяло істотному зростанню виходу енергії. Так, на фоні $N_{160}P_{160}K_{160}$ загальний

вихід енергії становив для сорту 575,1 ГДж/га, а для гібрида 672,8 ГДж/га, що лише на 2,8...4,0% перевищує вихід енергії на фоні вдвічі менших норм добрив.

Висновки:

1. За вирощування гібрида Медовий вихід біоетанолу збільшується на 20,5 %, вихід твердого біопалива на 11,6 %, вихід біогазу на 11,3 % та загальний вихід енергії на 14,9 %, ніж за вирощування сорту Силосне 42.

2. Застосування оптимальних норм добрив ($N_{80}P_{80}K_{80}$) сприяє підвищенню виходу біоетанолу в 1,76...1,95 раза, твердого біопалива в 1,8...1,95 раза і загальний вихід енергії в 1,82...1,92 раза.

3. Застосування подвійної норми добрив не забезпечує значного підвищення виходу біоетанолу, твердого біо-

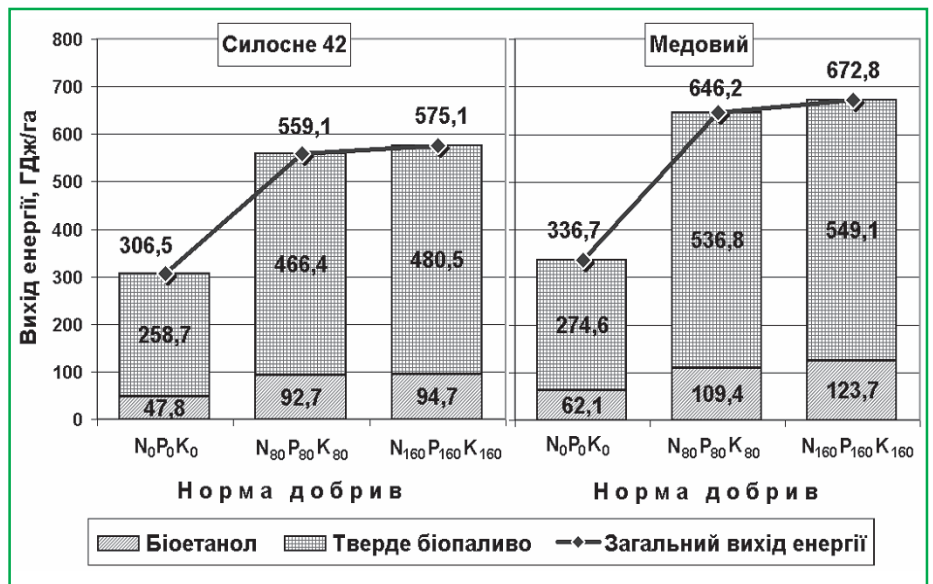


Рис.4. Вплив сортових особливостей цукрового сорго та норм добрив на загальний вихід енергії

палива та енергії в цілому, і є недоцільним, оскільки енерговитрати пов'язані з внесенням подвійної норми добрив не переक्रиваються збільшенням виходу біопалива.

Бібліографія

1. Ганженко О.М. Цукрове сорго / О.М. Ганженко // The Ukrainian Farmer. – 2012. – № 10. – С. 42 – 44.
2. Демиденко Б. Г. Сорго / Б. Г. Демиденко – М.: Сельхозиздат, 1957. – 158 с.
3. Курило В.Л. Продуктивність сахарного сорго как сырья для производства биотоплива / В.Л. Курило, А.Н. Ганженко, Л.А. Герасименко // Сахарная свёкла. – 2013. – № 4. – С. 38 – 41.
4. Кадыров С.В. Сорго / С.В. Кадыров, В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. – Ростов – на – Дону: Ростиздат, 2008. – 80 с.
5. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур / [За ред. В.В. Вовкодава]. – К., 2001. – 65 с. – (вип. 2).
6. Методичні рекомендації з визначення площі листової поверхні цукрового сорго / [О.М. Ганженко, В.Л. Курило, В.Л. Гамандій, О.Б. Хіврич, П.Ю. Зиков., В.М. Квак, І.Л. Шевченко, С.М. Шклярчук, В.В. Дмитрієв, Л.А. Герасименко] – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 32 с.
7. Олексенко Ю. Ф. Прогрессивная технология возделывания сорго / Ю. Ф. Олексенко. – К.: Урожай, 1986. – 80 с.
8. Тараненко В. И. Сорго как кормовая культура / В. И. Тараненко. – Харьков, 1969. – 183 с.
9. Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура / Н. А. Шепель. – Симферополь: Таврия, 1989. – 192 с.
10. Шорин П.М. Технология возделывания и использования сахарного сорго / П. М. Шорин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 87 с.

Анотація

Наведено результати досліджень щодо впливу фону мінерального живлення та сортових особливостей на енергетичну продуктивність цукрового сорго для виробництва різних видів біопалива в умовах Центральної частини Лісостепу України. Встановлено, що $N_{80}P_{80}K_{90}$ є найбільш ефективною нормою добрив для вирощування сорго на біопаливо.

Ключові слова: цукрове сорго, сорт, гібрид, мінеральні добрива, енергетична продуктивність, біопаливо, енергія.

Аннотация

Приведены результаты исследований влияния фона минерального питания и сортовых особенностей на энергетическую продуктивность сахарного сорго для производства различных видов биотоплива в условиях Центральной части Лесостепи Украины. Установлено, что $N_{80}P_{80}K_{90}$ является наиболее эффективной нормой удобрений для выращивания сорго на биотопливо.

Ключевые слова: сахарное сорго, сорт, гибрид, минеральные удобрения, энергетическая продуктивность, биотопливо, энергия.

Annotation

The research results on background effect of mineral nutrition and the special features of varieties on energy productivity of sugar sorghum, which is used for production of different types of biofuel in the conditions of the Central part of the Forest-Steppe of Ukraine are given. It was established that $N_{80}P_{80}K_{90}$ is the most effective fertilizers standard for sorghum cultivation for biofuel.

Key words: sugar sorghum; variety; hybrid; mineral fertilizers; energy productivity; biofuel; energy.

УДК 633.3:658.562

ББК 42.143:42.39

КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ ЛИСТКІВ СТЕВІЇ (STEVIA REBAUDIANA BERTONI) У ЇЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ

КУЗНЕЦОВА І.В. ,

к.т.н., старший науковий співробітник Інституту

біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Вступ. Перспективною культурою у світовому просторі є стевія (*Stevia rebaudiana Bertoni*), яку використовують переважно для виробництва високоінтенсивних заміників цукру. Зважаючи на її високий біологічний потенціал поступово набувають розвитку технології переробки листків стевії на концентрат. Значну частину від загальносвітового виробництва листків стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеної сьогодні виробляє Китай (близько 70%), які не завжди відповідають світовим вимогам за показниками якості, що призводить до ускладнення та здорожчання їх переробки.

В Україні виробництво стевії та продуктів її переробки малорозвинуте. Загальна площа під плантаціями становить близько 15 га, які забезпечують за врожайності листка 2,8 т/га та збору врожаю 2 рази в рік валовий збір 84 тонни у рік, що, при вмісту речовин дитерпенових глікозидів 11,0%, становить 9,24 тонни речовин дитерпенових глікозидів у рік. Враховуючи, що в 2010 р. Європейським офіційним органом з харчової безпеки (EFSA) встановлено допустиме добове споживання 4 мг/кг ваги тіла/добу для дорослих і дітей та враховуючи нагальну потребу людей хворих на різні форми цукрового діабету, яких офіційно зареєстровано 1 250 тис. осіб, то такий обсяг виробленого листка стевії в Україні може задовольнити потребу на 90%.

Якість листка стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*) сушеної визначається не тільки зовнішнім виглядом, але й, насамперед, збереженням максимально можливого вмісту біологічно цінних речовин (речовини дитерпенових глікозидів і флаваноїди, ефірні олії, амінокислоти, макро- та мікроелементи, тощо). Ефективність зберігання залежить від післязбиральної обробки вирощеної рослини і насамперед від ефективності одного із основних її процесів – сушіння.

Аналіз літературних джерел. Сушіння, як відомо, це найбільш поширений та давній спосіб післязбиральної обробки стевії. З розвитком аграрного сектору і наукового сегменту щодо забезпечення високоякісною сировиною харчової і фармацевтичної галузей розвивались теоретичні та практичні основи сушіння рослинної сировини. Теоретичним та практичним аспектам сушіння колоїдних та капілярно-пористих матеріалів присвячені праці: Н. Абу-Ханнама, В.А. Андрєєва, В.Є. Бабенко, Р. Богерса, Н.І. Борде, В.О. Войскобінікова, С.Ш. Гаджієва, Н.І., Гамаюнова, А.С. Гінзбурга, М.А. Гришина, Е.І. Гуйго, С. Гута, А.А. Гухмана, А.А. Долінського, С.С. Забродського, Д.С. Ізбасарова, М.Ф. Казанського, С. Коха, Л. Кракера, І.Т. Кретова, С. Куєро-андрайде, В. Малтрі, Д. Мілера, Д. Ланжа, А.В. Ликова, Л.А. Мінухіна, В.І. Попова, Ж.О. Петрової, Ю.Ф. Снежкіна, І.А. Хейса і Айхнера та багатьох інших вчених світу.

Сушіння – це енергоємний процес. При виробництві сировини лікарських трав, а також стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*), зазвичай використовують природний спосіб сушіння (на сонці, повітряно-тіньовий, тощо), який ефективний для дрібних фермерських господарств. Сушіння у природних умовах – це довготривалий процес. При цьому температура середовища непостійна, що не завжди забезпечує належні показники якості сировині [с.3, 6]. При виробництві значного (промислового) обсягу лікарських трав та стевії у фермерських господарствах використовується штучний спосіб сушіння (у теплиці або сушарці). Застосування сушарки дозволяє скоротити тривалість процесу та отримати листки гарантованої якості [с. 1, 5]. Слід відмітити, що сушіння у сушарках ще недостатньо вивчений спосіб отримання сировини високої якості навіть у розвинутих країнах.

Метою роботи є створення сучасного ефективного способу сушіння стевії (*Stevia rebaudiana Bertoni*), що забезпечить виробництво листків гарантованої якості.

Методи і методики. У дослідженні процесу сушіння стевію використовували, вирощену на дослідній ділянці Агрофірми «Весіліновка» (Київська об-