

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ЦУКРОВОГО ЯК ДЖЕРЕЛА ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В СУМІСНИХ ПОСІВАХ ІЗ ІНШИМИ КУЛЬТУРАМИ

Л. І. Сторожик, К.С.- Г.Н., С.Н.С.

М. Д. Будовський, К.С.- Г.Н., С.Н.С.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Наведені результати досліджень щодо впливу способів сівби, норми висіву насіння на продуктивність сорго цукрового різних гібридів. Обґрунтована доцільність вирощування сорго цукрового, як біоенергетичної культури в сумісних посівах із маточниками буряків цукрових.

Ключові слова: сорго цукрове, гібриди, способи сівби, норми висіву насіння, продуктивність, енергетична цінність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Надзвичайно важливе значення сьогодні набуває створення дієвого механізму виробництва і споживання відновлюваних джерел енергії в Україні. У зв'язку з цим актуальним є використання енергії, накопичуваної рослинами в результаті їх фотосинтетичної діяльності. Найбільш поширеними у світі є кукурудза, цукрові буряки, сорго цукрове та інші сільськогосподарські культури. У нашій країні одним з альтернативних джерел для виробництва біопалива може бути сорго цукрове, яке сьогодні вирощується на зерно і зелену масу.

На ріст, розвиток і продуктивність рослин сорго впливають два фактори: природа організму і природа діючих умов. Тому взаємозв'язок рослин і умов навколишнього середовища впливають на кінцевий продукт - біомасу як в кількісному, так і якісному значеннях.

Продуктивність рослин сорго залежить як від погодних умов вегетаційного періоду, так і регіону вирощування [1]. При цьому важливе значення для формування його продуктивності мають сортові особливості та елементи агротехніки [2].

Однак економічно недоцільно вирощувати сорго цукрове як енергетичну культуру в чистих посівах, рослинна маса якого йде на переробку, замість використання на кормові цілі. Попередні дослідження показали, що підвищення продуктивності сорго цукрового можливо за вирощування його в сумісних посівах з іншими культурами - кукурудзою, соєю [3], буряками на насіннєві цілі [4].

Сумісна сівба двох кормових культур вивчається давно і знаходить широке застосування в різних районах земної кулі. Встановлено, що такі посіви із біологічно сумісними компонентами є засобом не тільки збільшення збору протеїну, але й підвищення врожаю кормової маси.

Кожна рослина в ценозі виступає в ролі продуцента, донора фізіологічно активних речовин і їх споживача, акцептора або реципієнта. Відповідно до цього А. М. Гродзинський виділяє алелопатичну активність, тобто здатність створювати прямим чи не прямим шляхом захисну біохімічну сферу і алопатичну толерантність або комплексну витривалість рослин до колінів (органічні речовини, що виділяються вищими росли-

нами і пригнічують інші види вищих рослин). Використання цих закономірностей (алелопатична дія донора) сприяє підвищенню продуктивності обох культур [5].

Мета дослідження - теоретично обґрунтувати і розробити спосіб підвищення продуктивності сорго цукрового за вирощування його в ценозах із іншими сільськогосподарськими культурами у Східному Лісостепу України.

Методи та умови проведення досліджень. Дослідження проводилися протягом 2010-2014 рр. на Іванівській ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Грунт - чорнозем середньогумусний вилужений легкосуглинковий на лесі з різною глибиною залягання карбонатів, характеризується високим ступенем насиченості основами та водно-фізичними властивостями. Згідно програми науково-дослідних робіт був проведений дослід за наступною схемою: фактор А гібриди: 1) Довіста, 2) Медовий F1; фактор Б: 1) чиста сівба сорго цукрового, 2) сумісна сівба з маточниками цукрових буряків; фактор В - норма висіву сорго цукрового: 1) 6-8 кг/га, 2) 8-10 кг га.

Гібрид Медовий F1 - занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 1998 році. Високорослий, середньоранній гібрид з вегетаційним періодом 110-120 днів до повної стиглості. Урожайність - 80-95 т/га, сухої речовини - 19-26 т/га. Вміст цукру в соку - 18-20 %.

Гібрид Довіста - занесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2008 році. Високорослий, пізньостиглий гібрид з вегетаційним періодом 120-130 днів до воскової стиглості. Урожайність - 75-90 т/га, сухої речовини - 15-17 т/га. Вміст цукру в соку - 12,8-15,6 %.

Сумісну сівбу двох культур проводили рядковим способом в оптимальні терміни для сорго цукрового, буряковою сівалкою ССТ-12 Б (в насіннєві ємкості засипали насіння буряків, норма висіву 20-24 плоди на метр рядка, в тукові - насіння сорго цукрового (норма висіву згідно схеми дослідження). Цукрові буряки - компоненти гібриду Іванівсько-Веселоподільський ЧС 84. Площа облікової ділянки - 30 м². Повторність дослідження - чотириразова.

Розрахунковий вихід біопалива та енергії визначали за методичними рекомендаціями, роз-

робленими в ІБКіЦБ [6].

Результати досліджень. За вирощування сорго цукрового в чистих і сумісних посівах густота сходів і польова схожість насіння обох культур були різними.

У гібрида Медовий за чистої сівби і норми висіву насіння 6-8 кг/га (контроль) польова схожість в середньому за 2010-2014 роки становила у сорго 81 %, густота сходів – 10,2 шт./м, за норми висіву 8-10 кг/га – відповідно 82,5 і 13,1 шт./м. За сумісної сівби і норми висіву 6-8 кг/га польова схожість у сорго становила 83%, густота сходів – 10,4 шт./м, у буряків цукрових – відповідно 72 % і 7,8 шт./м, за норми висіву 8-10 кг/га польова схожість у сорго становила 84 %, густота сходів – 13,5 шт./м, у буряків цукрових – відповідно – 73 %

і 7,9 шт./м.

Аналогічна закономірність (проте в меншій залежності) за польової схожості насіння і густоти сходів залежно від досліджуваних варіантів відмічено і у гібрида Довіста.

Польова схожість також залежала погодніх умов у період «сівба-сходи». Так, при значенні ГТК в 2010 р. - 1,0 польова схожість насіння сорго складала на всіх варіантах досліджуваного 82-84 %, у 2011 році при ГТК 0,5 – 76-78 %, в 2012 - при ГТК 0,8 – 78-80 %, в 2013 році при ГТК - 0,7 – 78-80 %, в 2014 році при ГТК - 0,6- 77-80 %.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що на схожість насіння цукрового сорго впливають основні фактори, досліджувані в роботі (рис. 1).

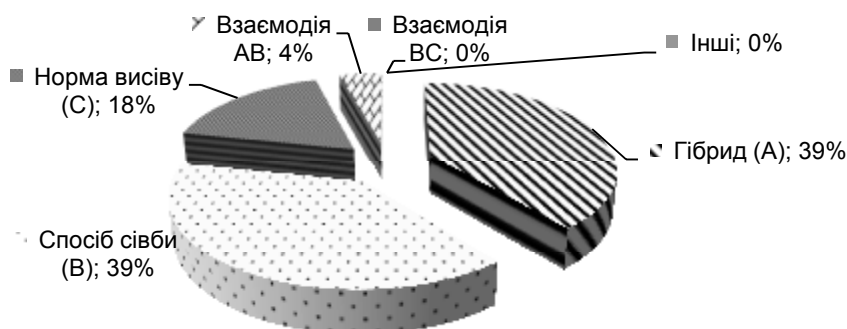


Рис. 1. Частка впливу факторів на польову схожість насіння сорго цукрового(2010-2014 рр.)

Так, основний вплив на схожість насіння має фактор «спосіб сівби» та біологічні особливості гібриду – 39 %, а от норма висіву на дану ознаку впливає лише на 18 %. Вплив решти факторів незначний і перебуває в межах 1-4 %.

За вирощування сорго цукрового в сумісних посівах із маточними буряками спостерігається взаємний вплив на ріст і розвиток двох сільськогосподарських культур. З початку вегетації, коли в ґрунті є достатня кількість вологи та поживних речовин і кожна з культур забезпечена в рівній кількості факторами зовнішнього середовища (сонячна радіація, температура), не спостерігається взаємного пригнічення одних рослин іншими. У міру зростання покривної культури, ріст рослин цукрових буряків сповільнювався. Цей стан фактично триває до збирання покривної культури. Спостереження за ростом і розвитком сорго цукрового показали, що фази розвитку як в чистих, так і в сумісних посівах, при різних нормах висіву насіння (густоти стояння рослин) наступали з деяким відхиленням. Так, при сівбі з нормою висіву 6-8 кг/га період повні сходи-кущіння становив 20-22 днів, з нормою висіву 8-10 кг - 24-26 днів, вихід в трубку з нормою висіву 8-10 кг/га був на 8-9 днів пізніше, ніж з нормою висіву 6-8 кг/га. Аналогічна закономірність відзначена і в сумісних посівах, за винятком того, що

тривалість фаз в цьому випадку збільшувалася на 2-3 дні.

Веgetаційний період сорго цукрового у чистих посівах при нормі висіву насіння 6-8 кг/га склав 120 днів, 8-10 кг/га - 125 днів, в сумісних посівах - відповідно 123 і 129 днів, у гібрида Медовий ці показники були на 10 - 12 днів менше. Ступінь розвитку рослин сорго цукрового певною мірою залежить як від норми висіву насіння, і способу посіву, так і сортових особливостей. Так, у фазі молочно-воскової стиглості в чистих посівах при нормі висіву 8-10 кг/га висота рослин в середньому за чотири роки збільшувалася на 9,6-26,5 см, кількість стебел, листя і суцвіть зменшувалася відповідно на 15 %, 7 і 13 % в порівнянні з нормою висіву насіння 6-8 кг. Аналогічна закономірність відзначена і в сумісних посівах. В середньому за роки досліджень ці показники були вищими в середньораннього гібрида Медовий порівняно з пізньостиглим Довіста (табл. 1). Спостерігався також певний вплив погодніх умов вегетаційного періоду на ступінь розвитку рослин сорго. Наприклад, висота рослин у 2010 і 2012 рр. при значенні ГТК 1,2 і 1,4 складала у гібрида Медовий 229-276 см і 227-247 см, у 2011, 2013, 2014 роках при значенні ГТК - 0,9, 0,8, 0,6 відповідно 211-226 см. Аналогічна закономірність відзначена і у гібрида Довіста.

Ступінь розвитку рослин сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби і норми висіву насіння, фаза молочно-воскової стиглості (2010-2014 рр.)

№	Гібрид	Варіант		Висота рослин, см	Стебел, шт.	Листків, шт.	Довжина волоті, см	Суцвіть, шт.
		Спосіб сівби	Норма висіву насіння, кг/га					
1	Медовий	Чиста сівба	6-8	249,3	5,8	10,5	25,3	16,1
2			8-10	275,8	4,8	10,2	25,3	12,7
3		Сумісна сівба	6-8	238,3	5,4	* $\frac{9,8}{16,9}$	25,2	12,8
4			8-10	247,8	4,8	* $\frac{9,6}{17,2}$	25,4	11,4
5	Довіста	Чиста сівба	6-8	242,2	4,8	10,7	23,4	12,9
6			8-10	251,8	4,1	9,5	23,4	12,4
7		Сумісна сівба	6-8	227,8	4,8	* $\frac{10,1}{16,1}$	22,0	12,4
8			8-10	235,4	5,4	* $\frac{9,5}{17,3}$	25,4	11,6
НІР _{0,05} (фактор А, В, С)				11,4	0,041	0,036	0,1	0,11
НІР _{0,05} (загальна)				22,8	0,083	0,073	0,2	0,23

Примітка - * чисельник - кількість листків сорго, знаменник - довжина листя маточників буряків, див.

Згідно наших досліджень, найбільше на продуктивність сорго цукрового впливають норми висіву насіння. Наприклад, у гібрида Медовий за чистої сівби та норми висіву насіння 8-10 кг густота стояння рослин перед збиранням на 23,1 тис./га, врожайність зеленої маси - на 4,1 т/га, вміст сухої речовини - на 0,4 % були більшими, ніж при нормі висіву 6-8 кг. Аналогічна закономірність відзначена і у гібрида Довіста (табл. 2). На всіх варіантах дослідження вплив норми висіву на врожайність зеленої маси сорго становив 23 %. На другому місці за впливом на продуктивність сорго - спосіб сівби. Наприклад, у гібрида Довіста

густота стояння рослин перед збиранням на 4 тис./га, врожайність зеленої маси - на 6,1 т/га, вміст сухої речовини - на 0,2 % були більшими за сумісної сівби порівняно з чистим посівом. Аналогічна закономірність відзначена і у гібрида Медовий (табл. 2). В цілому вплив способів сівби на врожайність зеленої маси сорго склав 14,1 %. Це пояснюється наступним: при збиранні сорго силосозбиральним комбайном частково скошується і листкова маса буряків. Облік показав, що при висоті зрізу 12-16 см скошується 12-15% листкової маси буряків, що в перерахунку становило 2,5-3,0 т / га.

Таблиця 2

Продуктивність сорго цукрового залежно від сортових особливостей, способів сівби та норми висіву насіння (2010-2014 рр.)

№	гібрид	Варіант		Густота стояння рослин перед збиранням, тис./га	Урожайність зеленої маси, т/га	Вміст, %	
		спосіб сівби	норма висіву насіння, кг/га			сухої речовини	цукру
1	Медовий	Чиста сівба	6-8	145,1	47,6	23,9	16,6
2			8-10	168,2	61,7	24,3	16,7
3		Сумісна сівба	6-8	* $\frac{139,3}{165,2}$	** $\frac{58,0}{130,4}$	*** $\frac{23,2}{26,5}$	16,8
4			8-10	$\frac{171,8}{151,8}$	$\frac{68,8}{123,0}$	$\frac{23,5}{27,0}$	17,1
5	Довіста	Чиста сівба	6-8	121,5	46,8	22,5	16,5
6			8-10	156,0	61,0	22,9	16,8
7		Сумісна сівба	6-8	$\frac{122,0}{147,0}$	$\frac{56,2}{108,8}$	$\frac{22,7}{26,5}$	16,8
8			8-10	$\frac{157,4}{138,5}$	$\frac{63,9}{103,7}$	$\frac{23,0}{26,5}$	17,0
НІР _{0,05} (фактор А, В, С)				1,52	0,61	0,048	0,015
НІР _{0,05} (загальна)				3,04	1,21	0,097	0,031

Примітки:

* Чисельник - густота стояння сорго, знаменник - маточних буряків

** Чисельник - врожайність зеленої маси сорго, знаменник - вихід маточних коренеплодів

*** Чисельник - вміст сухої речовини в рослинах сорго, знаменник - в коренеплодах маточних буряків.

Дещо менший вплив на продуктивність сорго цукрового мали сортові відмінності. За вирощування гібриду Медовий в чистих посівах і при нормі висіву 8-10 кг/га врожайність зеленої маси склала 59,7 т/га, що на 0,8 т/га більше, ніж у гібрида Довіста, в сумісних посівах - відповідно 66,8 т/га і 4,9 т/га. Так, при значенні ГТК вегета-

ційного періоду 1,1 у 2010 році врожайність зеленої маси в середньому по всіх варіантах дослідження становила 59,4 т/га, в 2011 році - відповідно 0,9 і 53,3 т/га. У інші роки ця тенденція зберігалась.

Елементи технології певною мірою впливали на продуктивність сумісної культури – буряків на насінневі цілі. Наприклад, у гібрида Медовий

густота стояння маточників коливалася в межах 149,8-163,3 тис./га, вихід маточників - 121,0-128,4 тис./га, вміст сухої речовини в коренеплодах - 24,5-25% . Аналогічна закономірність відзначена і у гібрида Довіста (див. табл. 2).

За результатами дисперсійного аналізу було визначено частку впливу факторів на урожай зеленої маси, вміст сухих речовин та цукристість сорго цукрового (рис. 2-4).

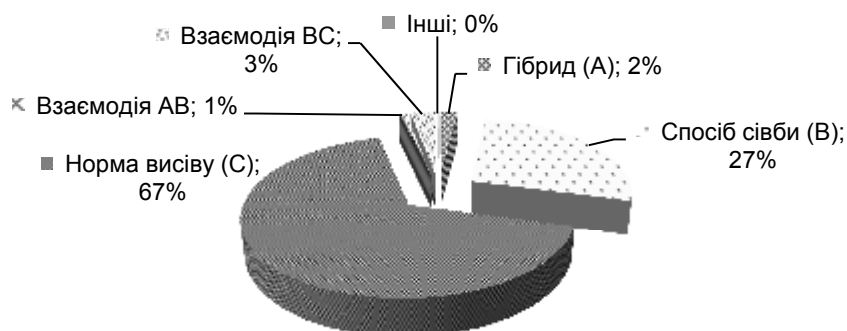


Рис. 2. Частка впливу факторів на урожай зеленої маси сорго цукрового (2010-2014 рр.)

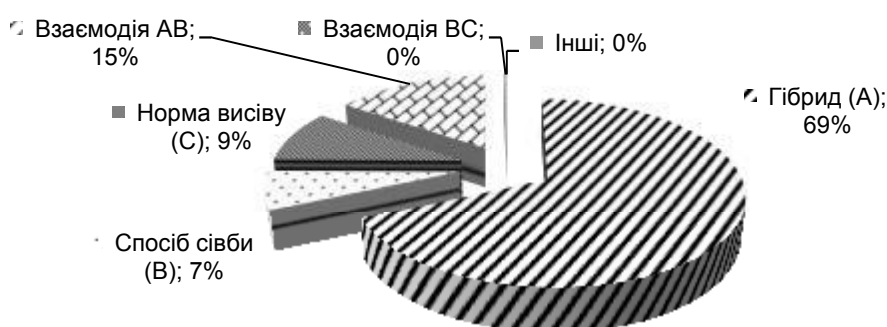


Рис. 3. Частка впливу факторів на вміст сухих речовин сорго цукрового (2010-2014 рр.)

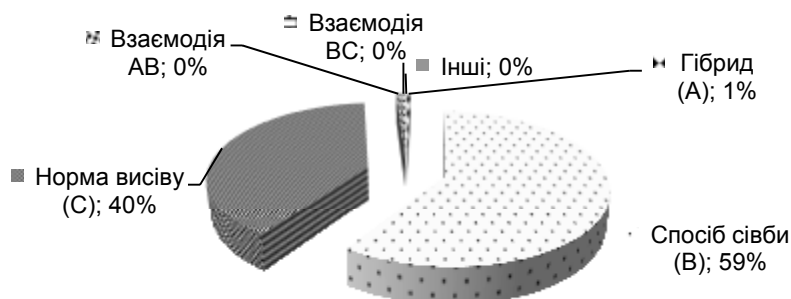


Рис. 4. Частка впливу факторів на цукристість сорго цукрового (2010-2014 рр.)

Варто зауважити, про наявність різниці у рівні впливу факторів досліджу на окремі параметри посіву. Так, урожай зеленої маси визначався на 67 % нормою висіву і лише на 27 % способом сівби. Водночас із тим, головним фактором впливу на вміст сухих речовин у рослинах сорго цукрового були їх біологічні особливості (69 %). Цукристість на 59 % залежала від способів сівби і на 40 % від норми висіву.

Аналіз енергетичної цінності сорго цукрового розрахунковим методом показав наступне. Максимальний вихід біоетанолу отримано у гіб-

риду Медовий за сумісної сівби з маточниками буряків і нормою висіву насіння 8-10 кг - 2,63 т/га. За норми висіву 6-8 кг/га вихід біоетанолу зменшувався на 0,42 т/га у гібрида Медовий і на 0,3 т/га у гібрида Довіста (табл. 4).

За чистої сівби вихід біоетанолу в середньому у всіх варіантах досліджу був на 0,30 т/га менше, ніж за спільної сівби. З одного гектара посіву сорго можна отримати 12,0-14,33 т/га твердого біопалива за спільної сівби у гібрида Медовий і 11,63-13,28 т/га у гібрида Довіста. За чистої сівби ці показники дещо менші (табл. 3).

**Енергетична цінність сорго цукрового залежно від сортових особливостей,
способів сівби і норми висіву насіння (2010-2014 рр.)**

№	гібрид	Варіант		Вихід:		
		спосіб сівби	норма висіву насіння, кг/га	біоетанолу, т/га	твердого біопалива, т/га	енергії, ГДж/га
1	Медовий	Чиста сівба	6-8	1,80	9,80	201,3
2			8-10	2,36	12,83	263,5
3		Сумісна сівба	6-8	2,21	12,01	247,3
4			8-10	2,63	14,33	295,0
5	Довіста	Чиста сівба	6-8	1,77	9,61	197,8
6			8-10	2,32	12,70	260,5
7		Сумісна сівба	6-8	2,14	11,63	239,3
8			8-10	2,44	13,28	273,3

Найбільший спільний вихід енергії отримано за сумісної сівби з нормою висіву насіння 8-10 кг/га у гібрида Медовий - 295 ГДж/га, у гібрида Довіста - 273,3 ГДж/га. Найменший загальний вихід енергії отримано за чистої сівби і нормі висіву насіння 6-8 кг/га: у гібрида Медовий - 201,3, Довіста - 197,8 ГДж/га (див. табл. 3).

Висновки.

1. У Східному Лісостепу України одним із ефективних способів вирощування сорго цукрового, як біоенергетичної культури, є сумісна сівба з маточниками цукрових буряків.

2. За сумісної сівби вихід зеленої маси сор-

го цукрового збільшується на 7-9 т/га, вміст сухої речовини - на 0,2 - 0,3 %, загальна цукристість - на 0,3 - 0,4% порівняно з чистою сівбою.

3. Як за чистої, так і за сумісної сівби збільшення норми висіву насіння сорго з 6-8 до 8-10 кг/га сприяло підвищенню урожайності зеленої маси на 20-23 %, вмісту сухої речовини - на 0,3 - 0,6 %, загальної цукристості на 0,2 - 0,3 %.

4. Найбільший вихід біоетанолу (2,63 т/га) з соку сорго цукрового, твердого біопалива (14,33 т/га) та енергії (295 ГДж/га) отримано за сумісної сівби, з нормою висіву насіння 8-10 кг/га у гібрида Медовий.

Список використаної літератури:

1. Балан В. М. Сорго цукрове як біоенергетична культура в сумісних посівах із насінниками буряків цукрових / В. М. Балан, Л. І. Сторожик // Біоенергетика. – 2013. – С. 33-35.
2. Курило В. Л. Продуктивність сорго цукрового для виробництва біопалива залежно від строків сівби та глибини загортання насіння // В. Л. Курило, Л. А. Герасименко // Збірник наукових праць ІБ-КіЦБ. - Київ, 2011. – Вип. 12. – С. 74-78.
3. Клещевніков М. О. Особливості вирощування безвисадкових насінників у ценозах з іншими сільськогосподарськими культурами / М. О. Клещевніков // Збірник наукових праць ІБКіЦБ. - Київ: ІЦБ, 2008. – Вип. 10. – С. 168-172.
4. Гродзинський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин / А. М. Гродзинський. – К.: Наукова думка, 1973. – 205 с.
5. Коломієць Л. В. Технологія вирощування сорго в чистих, змішаних та ущільнених посівах / Л. В. Коломієць, В. Т. Маткевич // Вісник Степу. – Кіровоград, 2005. – С. 17-18.
6. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних цукрових буряків / [В. Л. Курило, О. М. Ганженко, О. Б. Хіврич та інші]. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 32 с.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРГО САХАРНОГО КАК ИСТОЧНИКА ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА
В СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВАХ С ДРУГИМИ КУЛЬТУРАМИ**

Л. И. Сторожик, Н. Д. Будовский

Представлены результаты исследований влияния способов сева, нормы высева семян на продуктивность сорго сахарного различных гибридов. Обоснована целесообразность выращивания сорго сахарного как биоэнергетической культуры в совместных посевах с маточниками сахарной свеклы.

Ключевые слова: сорго сахарное, гибриды, способы сева, нормы высева семян, производительность, энергетическая ценность.

PRODUCTIVITY OF SUGAR SORGHUM IN MIXED CROPS FOR PRODUCTION OF BIOFUEL

L. I. Storozhyk, M. D. Budovsky

It is shown the results of researches for the influence of sowing methods, seeding rate of on the productivity of different sweet sorghum hybrids. Expediency of sweet sorghum cultivation as a bioenergy crops in mixed sowings with sugar beet seed plants has been based.

Key words: sweet sorghum, hybrids, methods of sowing, seeding rate of seed, productivity, energy value.

Надійшла до редакції: 10.03.2015 р.

Рецензент: Троценко В.І.