

УДК 633.62

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В УМОВАХ ПОДІЛЛЯ

**Мулярчук О.І.** – к.с.-г.н., доцент,

Подільський державний аграрно-технічний університет

**Безвіконний П.В.** – к.с.-г.н., доцент,

Подільський державний аграрно-технічний університет

**Кобринська Л.В.** – асистент,

Подільський державний аграрно-технічний університет

У статті наведені результати досліджень технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива; кращими варіантами виявилися сорти Фаворит і Троїстий із густрою стояння рослин 140–150 тис. на 1 га і внесення гербіциду Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазі 3–5 листків; у цих варіантах вихід біоетанолу становив 3,02 і 3,04 т/га відповідно, біопалива – 16,4 і 16,5 т/га і енергії – 335 і 336 ГДж.

**Ключові слова:** сорго цукрове, сорти, фон живлення, густина стояння, гербіциди, вихід біопалива.

**Мулярчук О.И., Безвиконый П.В., Кобринская Л.В. Технология выращивания сорго сахарного для производства биотоплива в условиях Подолья**

В статье приведены результаты исследований технологии выращивания сорго сахарного для производства биотоплива. Лучшими вариантами были сорта Фаворит и Троистый с густотой стояния растений 140–150 тыс. на 1 га со внесением гербицида Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га под культивацию или по всходам в фазе 3–5 листьев; в этих вариантах выход биоэтанола составил 2,37 и 2,4 соответственно, 2,33 и 2,37 т/га, биотоплива – 13 и 13,3, 12,9 и 13,1 т/га и энергии – 267 и 271, 262 и 266 ГДж.

**Ключевые слова:** сорго сахарное, сорта, густота растений, выход биотоплива.

**Mularchuk O.I., Bezvikonnyi P.V., Kobrynska L.V. Technology of growing sweet sorghum for the production of biofuel in Podilia**

The article presents the results of research on the technology of sweet sorghum cultivation for manufacturing biofuel. The best varieties were Favorit and Troisty with a density of standing plants of 140–150 thousand / ha under the application of the herbicide Primexter Gold 720 SC 3.5 l/ha with tillage or as foliar feeding in the phase of 3–5 leaves. In these options, the yield of bio-ethanol was 2.37 and 2.4, 2.33 and 2.37, 3.02 and 3.04 t/ha, respectively, that of biofuel – 13 and 13.3, 12.9 and 13.1 t/ha, and of energy – 267 and 271, 262 and 266 GJ.

**Key words:** sweet sorghum, varieties, plant density, biofuel output.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з погіршенням стану навколишнього середовища більшої актуальності набуває пошук нових екологічно чистих джерел енергії із поновлювальної сировини. Шляхом використання біопалива із сировини рослинного походження ідуть країни Північної й Південної Америки, Європи і Азії [1, с. 6].

В Україні сорго цукрове застосовується для силосування, отримання зеленої маси, цукру, патоки і етанолу. Останній виробляють із клітинного соку з листків і стебел, який містить до 20% цукру. Саме тому його сік стали використовувати для виробництва біопалива (біогазу, паливних пелет та ін.) і сировини для отримання цукру, харчового сиропу, меду [2, с. 20].

Тому найважливішим завданням є збільшити врожайність з одиниці площі сорго цукрового на основі удосконалення елементів технологій його вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На систему контролювання бур'янів впливає їх особливість масово проростати впродовж досить тривалого часу. Так, лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus*), мишії (*Setaria glauca* L., *Setaria viridis* L.) та інші за сприятливих умов здатні проростати впродовж усього вегетаційного періоду. Найбільш поширені й шкідливі види бур'янів у посівах сорго цукрового інтенсивно сходять протягом 30–45 днів. Широке використання ґрунтових гербіцидів забезпечує лише тимчасовий захисний результат: зазвичай вони проявляють ефективність протягом 30–40 днів від моменту внесення їх у ґрунт. В умовах стрімкої та сухої весни більш раціональним заходом є застосування ґрунтових гербіцидів до проведення сівби, в умовах прохолодної та вологої погоди – до появи сходів рослин сорго. Після 30–40 днів вегетації рослини сорго цукрового самі здатні затінювати поверхню ґрунту і надійно контролювати бур'янів у посівах [3, с. 54].

На ефективність застосування ґрунтових гербіцидів впливають:

- ступінь розчинності діючих речовин препаратів у клітинному соковій рослин та системної активності, що зумовлюють швидкість та повноту поширення діючої речовини у всіх вегетативних органах за циркуляції рослинних соків;
- ґрунтова адсорбція – поглинання діючих речовин препаратів кореневою системою;
- період напіврозпаду діючих речовин, який характеризує тривалість їх перебування в ґрунті – чим коротший період розкладання діючих речовин, тим меншого негативного впливу вони завдають ґрунту [4, с. 94].

Ґрунтові гербіциди, які застосовувалися з метою контролювання бур'янів, пригнічували не тільки бур'яни, а й проростки сорго цукрового через те, що у їх складі міститься S-метолахлор, який входить до складу таких препаратів, як Дуал Голд 960 ЕС, Примекстра Голд 720 SC і Примекстра TZ Голд 500 SC. Стійкість сорго до дії S-метолахлору гербіцидів забезпечував антидот Концеп III 960 ЕС к.е., яким перед сівою обробляли насіння. Це забезпечило захист сорго від бур'янів у найбільш критичний період їх росту і розвитку – сходи. Застосування ґрунтових гербіцидів до посіву потребує їх загортання в ґрунт на глибину до 5 см. Ефективність ґрунтових гербіцидів упродовж тривалого (до 8 тижнів) періоду забезпечується дотриманням правильного обробітку ґрунту з виконанням вимог щодо внесення препаратів. Разом із тим зазначаємо, що такий препарат, як Примекстра Голд 720 SC, також можна вносити у два прийоми: до та після сходів сорго з нормою витрати в обох випадках 1,5 л/га, але до появи бур'янів [5, с. 14].

**Постановка завдання.** Метою дослідження було встановлення особливостей формування біометричних показників, урожайності сорго цукрового залежно від залежно від способу контролювання бур'янів в умовах Поділля.

Дослідження проводились на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету протягом 2014–2016 рр.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем вилугуваний, малогумусний, на карбонатних лесованих суглинках. Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см (за Тюрнімом) становить 3,86–4,11%; азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 111–121 мг/кг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чіріковим) – відповідно, 90 і 179 мг/кг ґрунту. Ємність поглинання і сума поглинутих основ коливається, відповідно, в межах 33–36 і 30–33 мг-екв /100 г ґрунту. Гідролітична кислотність становить 0,76–0,87 мг-екв /100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 94,7–99%.

Щільність твердої фази становить 2,58 г/см<sup>3</sup>, щільність будови ґрунту – 1,14–1,25 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість – 52–59%. Максимальна гігроскопічність ґрунту – 5,2%; найменша вологоємність – 23,4%, повна польова – 41,2%.

Клімат південно-західного Лісостепу України – теплий, із достатньою кількістю вологи. Радіаційний баланс у регіоні в середньому за рік становить 43,3 кКал/см<sup>2</sup>, а за вегетаційний період сорго цукрового – 137,73 кДж/см<sup>2</sup>. Найбільше поступає ФАР у червні й липні. За період з травня до вересня на поверхню ґрунту надходить 3/4 річної суми тепла.

Річна сума опадів коливається в межах 550–700 мм, 3/4 з них випадає у теплий період року. Гідротермічний коефіцієнт у регіоні становить 1.4.

У роки досліджень погодні умови вегетаційного періоду сорго цукрового мали такі особливості: за середньої багаторічної кількості опадів і суми температур, відповідно, 345 мм і 2903 °С, у роки досліджень ці показники коливалися саме в таких межах.

Вивчення технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива проводили за схемою двофакторного польового дослідження:

Фактор А. Метод контролювання бур'янів:

1. Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків.
2. Контроль 2 – ручні прополювання.
3. Примекстра Голд 720 SC 3,0–3,5 л/га під культивуацію.
4. Примекстра Голд 720 SC 3,0–3,5 л/га після сходів у фазі 3–5 листків.

Фактор Б. Сорти сорго цукрового:

1. Фаворит.
2. Троїстий.

Площа елементарної посівної ділянки – 108 м<sup>2</sup> (5,4×20 м), облікової – 72 м<sup>2</sup> (4,5×16 м), повтореність – триразова.

Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива базується на використанні пристосованого до умов регіону сортів, якісного основного і передпосівного обробітків ґрунту, своєчасній сівбі й оптимальній нормі висіву насіння, своєчасному контролюванні в посівах бур'янів, захисті від хвороб та збиранні в оптимальні строки. За порівняно ранньої сівби на глибину 4–5 см (за температури ґрунту 12–14 °С) зростає ступінь забур'янення посіву. Вміст цукрів у листках сорго залежить від глибини сівби: за оптимальної глибини загортання насіння рослини сорго утворюють широкі, але короткі листки з підвищеним вмістом цукру, який підвищує холодостійкість рослин.

Сорти вибирали за критеріями: ранньостиглість, продуктивність, толерантність до посухи, уразливість хворобами, стійкість до вилягання й осипання насіння, висока якість біомаси. В досліді висівали наведені нижче сорти сорго:

– *Фаворит*, який внесений до Державного реєстру сортів України з 2003 р. Маса 1000 насінин – 27 г, волоті з зерном – 117 г. Вегетаційний період – 125 днів. Висота рослин – 180–250 см. Сорт посухостійкий, придатний до механізованого збирання. В соку стебла міститься 14% цукру. Сорт характеризується стабільно високим урожаєм зеленої маси й насіння, стійкістю до вилягання й ураження сажкою. Середня урожайність сухої речовини за роки випробування на державних сортовипробувальних станціях становила 9,39 т/га, насіння – 3,28 т/га;

– *Троїстий* внесений до Державного реєстру з 2007 р. Середньостиглий. Маса 1000 насінин – 26,6–30,5 г. Висота рослин – 206–241 см. Облистяність – 37,8–44,2%. Посухостійкий, придатний до механізованого збирання. Сорт характеризується стійкістю до вилягання та ураження сажкою. Середня урожайність сухої

речовини за роки експертизи на державних сортовипробувальних станціях у Степу становила 8,88 т/га, насіння – 4,62 т/га; у Лісостепу сухої речовини – 8,40 т/га, насіння – 5,80 т/га. Вміст сирого протеїну – 9–10%, клітковини – 27,5%.

Сорго для одержання біомаси висівали буряковою сівалкою з шириною міжрядь 45 см ССТ-12 В нормою висіву 140–150 тис. насінин на 1 га.

Строк початку збирання сорго цукрового на біомасу визначають за вмістом сухої речовини в біомасі – не менше 30%.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У видовому складі бур'янів у посівах сорго цукрового протягом років досліджень переважали багаторічні злакові – мишій сизий і півняче просо; серед однорічних двосім'ядольних – підмаренник чіпкий, паслін чорний, лобода біла, талабан, грицики звичайні, зірочник середній, фіалка польова, ромашка непахуча та ін. Середня кількість бур'янів за роки досліджень на контролі 1 – без механічних і хімічних обробіток становила 216 шт./м<sup>2</sup>, у варіанті ручних прополювань – 23 шт./м<sup>2</sup>, а внесення гербіциду Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га під культивуацію і після сходів у фазі 3–5 листків – 18 і 23 шт./м<sup>2</sup> відповідно.

Грунтові гербіциди, що застосовуються до появи сходів культурних рослин із метою пригнічення проростків насіння однорічних бур'янів, для захисту сходів сорго цукрового можуть контролювати кілька хвиль появи проростків бур'янів. Ефективність ґрунтових гербіцидів залежить від якості обробітку ґрунту і наявності в ній вологи.

Біометричні показники сорго цукрового залежно від елементів технології вирощування в фазу повної стиглості зерна наведені в табл. 1.

Селективний препарат Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га при внесенні під передпосівну культивуацію через вміст у них додаткових діючих речовин – атразину і тербутілазину обмежують чисельність більш ніж 100 видів дводольних бур'янів: гірчаків, хрестоцвітів, лободи, споришу, дурнишнику, просоподібних, мишіїв, ромашки тощо має ширший спектр дії. За внесення після сходів гербіциду Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га у фазі 3–5 листків теж спостерігалось добре наростання висоти рослин, їх діаметру і площі листової поверхні.

Максимальну висоту (278 і 285 см) й діаметр (21,3 і 21,7 мм) формували рослини сортів Фаворит і Троїстий на фоні внесення під культивуацію гербіциду Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га. Площа листової поверхні порівняно з контролем збільшувалася за механічних заходів контролювання бур'янів на 18,5 і 20,1% відповідно, хімічних – на 19,3 і 23,4 та 16,6 і 17,2% відповідно.

Урожайність зеленої маси рослин сорго цукрового за варіантами досліді наведена в табл. 2.

За рівнем врожайності зеленої маси досліджувані сорти сорго цукрового були практично однаковими, але новий сорт Троїстий мав тенденцію до збільшення врожайності.

Кращими хімічними методами контролювання бур'янів виявилися внесення гербіциду Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазу 3–5 листків; середня урожайність зеленої маси в цих варіантах сортів Фаворит і Троїстий становила 62,4 і 61,3 та 63,4 і 62,3 т/га відповідно, що лише на 0,2 і 1,3 т/га менше за варіант із проведенням механічних прополювань.

На контролі 1 – без механічних і хімічних обробіток – втрати урожайності зеленої маси становили: порівняно з контролем з ручними прополюваннями 10,4 т/га, а з варіантами застосування гербіциду Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазу 3–5 листків 10,2 і 9,1 т/га відповідно.

Таблиця 1

**Біометричні показники рослин сорго цукрового  
(середнє за 2014–2016 рр.)**

Технологія контролювання бур'янів – фактор А	Сорт, фактор Б	
	Фаворит	Троїстий
Висота рослин, см		
Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків	233	238
Контроль 2 – ручні прополювання	271	282
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га під культивуацію	278	285
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га після сходів у фазі 3–5 листків	266	268
НІР <sub>05</sub> = гербіцидів 22 , сортів 31		
Діаметр стебла, мм		
Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків	15,5	15,9
Контроль 2 – ручні прополювання	20,5	21,1
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га під культивуацію	21,3	21,7
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га після сходів у фазі 3–5 листків	20,8	21,2
НІР <sub>05</sub> = гербіцидів 2,3 , сортів 2,5		
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> за добу		
Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків	4,68	4,76
Контроль 2 – ручні прополювання	5,82	5,83
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га під культивуацію	5,78	6,11
Примекстра Голд 720 SC нормою 3,5 л/га після сходів у фазі 3–5 листків	5,66	5,72
НІР <sub>05</sub> = гербіцидів 0,8, сортів 1,2		

Таблиця 2

**Урожайність зеленої маси сортів сорго цукрового залежно  
від способу контролювання бур'янів, т/га (середнє за 2014–2016 рр.)**

Метод контролювання бур'янів, фактор А	Сорт, фактор Б		Середнє	± до контролю	
	Фаворит	Троїстий		1	2
Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків	52,3	53,1	52,7	–	-10,4
Контроль 2 – ручні прополювання	62,8	63,3	63,1	10,4	–
Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію	62,4	63,4	62,9	10,2	-0,2
Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га по сходах у фазу 3–5 листків	61,3	62,3	61,8	9,1	-1,3
Середня	59,7	60,5			
Різниця		0,8			
НІР <sub>05</sub> контролювання бур'янів 2,3; сортів 2,8					

Енергетична ефективність застосування зеленої маси сорго залежно від впливу досліджуваних елементів технології вирощування висока (табл. 3).

Таблиця 3

**Вихід біоетанолу, твердого біопалива і енергії  
залежно від сорту сорго цукрового і методу контролювання бур'янів  
(середнє за 2014–2016 рр.)**

Метод контролювання бур'янів	Сорт	Біоетанол, т/га	Тверде біопаливо, т/га	Біоенергія, ГДж
Контроль 1 – без механічних і хімічних обробітків.	Фаворит	1,99	11,0	223
	Троїстий	2,02	11,2	227
Контроль 2 – ручні прополювання.	Фаворит	2,39	13,2	268
	Троїстий	2,53	13,3	270
ПримекстраГолд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію	Фаворит	2,37	13,1	267
	Троїстий	2,41	13,3	271
ПримекстраГолд 720 SC 3,5 л/га по сходах у фазу 3–5 листків	Фаворит	2,33	12,9	262
	Троїстий	2,37	13,1	266

Для виробництва біопалива кращими варіантами контролювання бур'янів у посівах сортів сорго цукрового Фаворит і Троїстий із густиною стояння рослин 140–150 тис. на 1 га є внесення гербіцидів Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазі 3–5 листків; у цих варіантах вихід біоетанолу становив 2,37 і 2,41 та 2,33 і 2,37 т/га відповідно, біопалива – 13, і 13,3 та 12,9 і 13,1 т/га і енергії – 267 і 271 та 262 і 266 ГДж.

**Висновки і пропозиції.** Селективний препарат Примекстра Голд 720 SC, внесений під передпосівну культивуацію нормою 3,5 л/га, за рахунок вмісту атразину і тербутілазину обмежує чисельність понад 100 видів дводольних бур'янів: гірчаків, хрестоцвітів, лободи, споришу, дурнишнику, просоподібних, мишіїв, ромашки тощо. За внесення цього гербіциду після сходів у фазі 3–5 листків теж спостерігалось гарне наростання висоти рослин, їх діаметру і площі листової поверхні. Сорти сорго цукрового Фаворит і Троїстий за внесення гербіциду Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазу 3–5 листків забезпечили урожайність зеленої маси варіантів 62,4 і 61,3 та 63,4 і 62,3 т/га відповідно. Кращими варіантами технології для виробництва біопалива є вирощування сортів сорго цукрового Фаворит і Троїстий із густиною стояння рослин 140–150 тис. на 1 га і внесення гербіцидів Примекстра Голд 720 SC 3,5 л/га під культивуацію або по сходах у фазі 3–5 листків; у цих варіантах вихід біоетанолу становив відповідно 2,37 і 2,41 та 2,33 і 2,37 т/га, біопалива – 13, і 13,3 та 12,9 і 13,1 т/га і енергії – 267 і 271 та 262 і 266 ГДж.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ковальчук В.П., Григоренко Н.О., Костенко О.І. Цукрове сорго – цукровмісна сировина та потенційне джерело енергії. Цукрові буряки. 2009. № 6. С. 6–7.
2. Гументик М.Я., Бондар В.С. Цукроносні культури як сировина для виробництва етанолу. Цукрові буряки. 2006. № 6. С. 20–21.
3. Мулярчук О.І. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива. Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2016. № 20. С. 54–60.

4. Мулярчук О.І., Кобернюк О.Т. Вплив мінерального живлення на вихід біотанолу сорго цукрового. подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2017. № 26. Ч-1. С. 94–101

5. Сторчоус І. Особливості застосування ґрунтових гербіцидів. Агробізнес сьогодні. 2017. № 17(360). С. 12–16.

УДК 631.559:[635.649:631.543.2]

## ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЕРЦЮ СОЛОДКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СХЕМ РОЗМІЩЕННЯ І ГУСТОТИ РОСЛИН

**Накльока О.П.** – к.с.-г.н., доцент,

Уманський національний університет садівництва

**Калайда К.В.** – к.с.-г.н., доцент,

Уманський національний університет садівництва

*У статті наведено результати досліджень впливу різних схем висаджування рослин та конфігурацію їх розміщення на площі. Показано вплив цього показника на біометричні, фізіологічні показники, настання фенологічних фаз розвитку рослин, їх врожайність та продуктивність, якість продукції.*

**Ключові слова:** перець солодкий, схема садіння, біометрія, продуктивність.

**Наклека О.П., Калайда К.В. Производительность перца сладкого в зависимости от схем размещения и густоты растений**

*В статье изложены результаты исследований влияния различных схем посадки растений и конфигурация их размещения на площади. Показано влияние этого показателя на биометрические, физиологические показатели, наступление фенологических фаз развития растений, их урожайность и производительность, качество продукции.*

**Ключевые слова:** перец сладкий, схема посадки, биометрия, производительность.

**Nakloka O.P., Kalaida K.V. Sweet pepper productivity depending on planting patterns and plant stand**

*The article presents the results of investigations of the effects of different planting patterns and the configuration of their placement on the area. It shows the influence of this indicator on biometric, physiological parameters, beginning of phenological phases of plant development, their yield and productivity, and product quality.*

**Key words:** sweet pepper, planting pattern, biometrics, productivity.

**Постановка проблеми.** Перець – цінна і популярна культура, яка має економічне значення, поширена у багатьох країнах, де її вирощують у відкритому і закритому ґрунті. Має високі поживні, смакові, технологічні, поживні властивості. Щорічне товарне виробництво перцю у світі становить понад 22 млн т. Основні площі зосереджені в Азії (57%). Україна виробляє плодів перцю солодкого близько 150 тис. т. В Україні перець займає одне з ключових місць в овочівництві, є традиційною і найпоширенішою культурою [1–3].

Важливим резервом збільшення виробництва продукції овочівництва є впровадження сучасних технологій вирощування. Значна увага при їх розробці приділяється підвищенню врожайності овочевих культур з одночасним скороченням витрат на виробництво одиниці продукції. Завдяки досягненням науки розроблені та впроваджуються технології виробництва овочів, адаптовані до нинішніх ринкових умов [4, с. 3].