

УДК 631.17

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОРГО ЦУКРОВОГО В УМОВАХ ПОЛІССЯ

Н. І. Горбаченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна
e-mail: isgm@ukrpost.ua

Наведено результати лізиметричних та польових досліджень впливу мікробних препаратів Мікрогуміну та Поліміксобактерину в поєднанні з мінеральними добривами на продуктивність сорго цукрового в зоні Полісся. Урожайність культури за передпосівної бактеризації насіння зростає на 5–9 %, вихід біоетанолу збільшується на 0,3 т/га. Застосування біопрепаратів сприяло зменшенню втрат водорозчинних гумусових речовин на 28–32 %, азоту (нітратів) — на 11–15 %, кальцію — на 7 %, магнію — 8–15 %.

Ключові слова: *мікробні препарати, сорго цукрове, біоетанол, лізиметри.*

Сьогодні постійно зростаючий дефіцит нафтопродуктів, їх висока вартість та погіршення стану довкілля спонукають до пошуку альтернативних екологічно чистих джерел енергії. Перспективним є використання енергії, що накопичується рослинами в результаті їх фотосинтетичної діяльності, у вигляді біоетанолу. Світові обсяги його виробництва за останнє десятиліття зросли більш ніж утричі. Біоетанол застосовується переважно у вигляді паливних сумішей для підвищення октанового числа. Додавання до бензину 10 % біоетанолу дозволяє на 50 % зменшити викиди аерозольних часток, а викиди оксиду вуглецю (CO) — на 30 %.

Законом України «Про альтернативні види палива» зі змінами від 19.06.12 р. передбачено поетапне збільшення нормативно визначеної частки виробництва і застосування біопалива та сумішевого палива. Починаючи з 2014 р., п'ятивідсоткова частка біоетанолу в бензині стає обов'язковою і повинна зрости до 7% у 2016 р. Для реалізації положень цього закону, враховуючи внутрішні споживання бензинів на рівні 4,5 млн. т на рік необхідно щорічно виробляти понад 300 тис. т біоетанолу. У зв'язку з цим пошук перспективної сировини для його виготовлення є актуальним.

Цінним джерелом сировини для виробництва біоетанолу є цукроносні культури (цукрові буряки, цукрове сорго, цикорій та інші). Найефективнішою для України цукроносною культурою для виробництва біоетанолу є цукрові буряки, з одного гектару яких можна отримати понад 5 тис. літрів біоетанолу. Не менш ефективною та перспективною культурою в умовах України є сорго цукрове. З одного гектару посівів цукрового сорго можна збирати 90–100 т/га біомаси з цукристістю соку до 20%.

Ґрунтово-кліматичні умови України цілком сприятливі для вирощування сорго цукрового [1; 2], проте розробка технологій вирощування культури та виробництва енергії з біомаси рослин, не дивлячись на перспективи, знаходиться на початковому етапі [3]. Зважаючи на потужний вплив мікробних препаратів на оптимізацію умов кореневого живлення рослин, їх ріст і розвиток [4; 5], свої дослідження ми орієнтували на розроблення агроекологічних основ технології вирощування цукрового сорго за використання мікробних препаратів в умовах Полісся для виробництва біоетанолу.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в стаціонарній лізиметричній установці та в польовому досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН упродовж 2011–2013 рр. Посівна площа лізиметричної чарунки 3,8 м², облікова площа польової ділянки — 40 м². Повторність дослідів — трьохразова. Норма висіву насіння сорго — 300 тис. шт./га. Збирання

врожаю проводили в три фази: викидання волоті (по мірі максимального відростання), воскової стиглості, повної стиглості.

Ґрунт лізиметричного досліджу — дерново-підзолистий супіщаний з такою агрохімічною характеристикою орного шару: гумусу за Тюриним — 1,1 %, рН — 5,0, гідролітична кислотність (за Каппеном) — 2,5 мг-екв. на 100 г, вміст P_2O_5 (за Кірсановим) — 17,0 мг на 100 г, K_2O (за Масловою) — 6,2 мг на 100 г ґрунту. Агрохімічну характеристику орного та підорного шарів ґрунту на дослідних ділянках польового досліджу наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Агрохімічна характеристика лугово-глейового супіщаного ґрунту

Показник	Шар ґрунту, см	
	0–20	20–40
Гумус, %	3,2	2,7
Азот, що легко гідролізується, мг на 100 г ґрунту (на період закладання досліджу)	6,3	3,1
Рухомі форми фосфору, мг P_2O_5 на 100 г ґрунту	6,9	6,7
Калій обмінний, мг K_2O на 100 г ґрунту	7,0	3,2
рН сольове	6,9	6,6
Сума ввібраних основ, мг-екв. на 100 г ґрунту	6,4	5,1
Гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту	1,3	1,5

Бактеризацію насіння сорго перед посівом проводили згідно з рекомендаціями розробників препарату [6].

Мікрогумін — комплексний препарат, включає бактеріальний компонент (бактерії роду *Azospirillum*) та екстракт біогумусу (вермикомпосту), що містить фізіологічно активні речовини (ТУ У 24.1-00497360-007:2009). Підвищує активність асоціативної азотфіксації, сприяє мобілізації ґрунтових фосфатів, стимулює ріст і розвиток культур. Застосовується

для передпосівної інокуляції насіння або посадкового матеріалу.

Поліміксобактерин — мікробний препарат на основі *Paenibacillus polymyxa* KB (ТУ У 24.1-00497360-004:2009). Біологічний агент препарату продукує комплекс регуляторів росту природного походження, а також органічні кислоти та фосфатазу, що сприяє розчиненню важкорозчинних мінеральних і органічних фосфатів ґрунту.

Дослідження проводили за такою схемою:

1. N₉₀P₉₀K₉₀ (контроль);
2. N₇₀P₉₀K₉₀ + Мікрогумін;
3. N₉₀P₇₀K₉₀ + Поліміксобактерин.

У варіанті з використанням Мікрогуміну зменшували дозу мінерального азоту з 90 до 70 кг/га, а при застосуванні Поліміксобактерину — дозу фосфору — з 90 до 70 кг/га, зважаючи на певну еквівалентність впливу мікробних препаратів дії певної кількості названих біогенних елементів [5].

У лізіметричному досліді, крім наведених у схемі варіантів для порівняння інтенсивності стоку включали також варіанти з чистим паром та перелогом. Вивчали тип водного режиму і втрати сполук біогенних елементів та гумусових речовин за межі кореневмісного шару. Фільтрат аналізували за загальноприйнятою методикою Е. Н. Арінушкіної [7]. Агрохімічні аналізи ґрунту приводили за методиками А. В. Петербурського [8].

У польовому досліді визначали площу асиміляційної поверхні рослин [9], урожайність культури. Облік урожаю — суцільний поділянковий, експериментальні дані обробляли, використовуючи метод дисперсійного аналізу [10].

Результати та їх обговорення. У результаті проведених досліджень в лізіметричній установці встановлено величини міграції сполук біогенних елементів з внутрішньогрунтовим стоком вологи за межі кореневмісного шару ґрунту. Впродовж досліджуваного періоду спостерігали періодично-промивний тип водного режиму. Інфільтрація простежувалася в осінньо-зимовий та весняно-літній періоди. Під росли-

нами цукрового сорго режим інфільтрації був вище відносно перелогу багаторічних трав на 7,7–15,2 мм та нижчим на 3,1–10,6 мм по відношенню до чистого пару. Разом з вологою за межі кореневмісного шару рослин цукрового сорго промивалися і сполуки біогенних елементів (табл. 2).

Таблиця 2. Втрати гумусових речовин і сполук біогенних елементів під культурою цукрового сорго залежно від різних елементів систем удобрення, кг/га

Варіанти досліду	Волога, мм	Водорозчинний гумус	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Чистий пар	56,1	10,3	89,2	20,5	4,2	26,4	14,2
Переліг	37,8	6,7	0,9	0,9	1,9	45,7	10,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	48,4	24,1	36,0	6,1	7,1	64,3	22,4
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	41,6	18,8	31,2	6,0	5,2	60,0	20,8
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Поліміксобактерин	40,9	18,2	32,5	6,0	6,0	59,2	19,4

Встановлено, що біопрепарати сприяли зменшенню втрат гумусових речовин на 28–32 %, нітратів на 11–15 %, кальцію — на 7 %, магнію — на 8–15 %, що вказує на доцільність зменшення на ґрунтах дерново-підзолистого типу діючої речовини азотних і фосфорних туків (на 20–30 кг/га) за використання біопрепаратів.

Зменшення інтенсивності вимивання поживних речовин, вірогідно, пов'язане зі збільшеним виносом їх з урожаєм, а також тимчасовим закріпленням збільшеною кореневою системою бактеризованих рослин, що раніше було показано нами при проведенні досліджень на інших об'єктах.

Визначення в польових умовах у динаміці площі асиміляційної поверхні рослин свідчить про її зростання за впливу мікробних препаратів (табл. 3).

Таблиця 3. Фотосинтетична діяльність рослин цукрового сорго залежно від різних елементів систем удобрення

Варіанти дослідів	Площа листової поверхні, тис. м ² /га	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	Фотосинтетичний потенціал, (млн. м ² /га)×днів	Тривалість вегетаційного періоду, днів
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	50,93	3,48	4,07	139
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	52,23	3,27	3,25	138
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Поліміксобактерин	53,13	3,52	3,58	141

Обробка насіння мікробними препаратами сприяє збільшенню площі поверхні листків на 1,3–2,2 тис. м². Найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу 3,59 г/м²/добу рослин цукрового сорго відмічено у варіанті, де насіння перед посівом обробляли Поліміксобактерином. У цьому варіанті найвищий був і фотосинтетичний потенціал, який становив 3,25 (млн. м²/га)×днів.

За результатами досліджень приріст зеленої маси продовжувався до фази воскової стиглості зерна. Застосування біопрепаратів дало змогу додатково одержати 5,3–6,2 т/га зеленої маси, що становить 5–8 % до контролю (фон — N₉₀P₉₀K₉₀) (табл. 4).

Дані табл. 5 свідчать, що суха речовина цукрового сорго наростає впродовж усього вегетаційного періоду. Найбільшу урожайність сухої речовини отримали при збиранні біомаси в фазу повної стиглості — від 12,6 до 13,9 т/га. Вплив досліджуваних препаратів на урожайність сухих речовин був аналогічним показникам урожайності зеленої маси.

Таблиця 4. Урожайність зеленої маси цукрового сорго за впливу мікробних препаратів, т/га

Варіанти дослідів	Строки збирання					
	викидання волоті + отава		воскова стиглість		повна стиглість	
	т/га	приріст, %	т/га	приріст, %	т/га	приріст, %
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	74,3	—	64,4	—	64,7	—
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	78,3	5	69,8	8	70,0	8
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Полі-міксобактерин	78,8	6	67,6	5	67,7	5
НІР ₀₅	2,7		2,8		3,0	

Таблиця 5. Урожайність сухої речовини цукрового сорго залежно строків збирання, т/га

Варіанти дослідів	Строки збирання					
	викидання волоті + отава		воскова стиглість		повна стиглість	
	т/га	приріст, %	т/га	приріст, %	т/га	приріст, %
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	14,1	—	12,4	—	12,6	—
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	15,0	6	13,4	8	13,7	9
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Полі-міксобактерин	15,4	9	13,1	6	13,2	5
НІР ₀₅	0,5		0,9		1,3	

Вміст цукру в надземній масі по мірі дозрівання цукрового сорго підвищувався і залежав від фази збирання та був максимальним за повної стиглості (табл. 6). Звертає на себе увагу зменшення вмісту цукру у зеленій масі інокульованих

рослин у першу досліджувану фазу і наступне збільшення показників по мірі досягання культури. Максимальний збір цукру отримано при збиранні біомаси рослин у фазу повної стиглості.

Таблиця 6. Вміст цукру в стеблах цукрового сорго залежно від строків збирання та дії біопрепаратів

Варіанти досліджу	Строки збирання					
	викидання во- лоті + отава		воскова стиглість		повна стиглість	
	вміст цукру, %	збір цукру, т/га	вміст цукру, %	збір цукру, т/га	вміст цукру, %	збір цукру, т/га
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	14,0	5,32	16,02	5,15	17,07	5,55
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	14,5	5,11	16,08	5,61	17,12	6,11
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Полі- міксобактерин	14,5	5,14	16,10	5,44	17,17	5,98
НІР ₀₅		0,40		0,46		0,65

Більший вихід біоетанолу отримано при збиранні цукрового сорго в фазу повної стиглості — у межах від 4,5 т/га до 4,2 т/га (табл. 7).

Обробка насіння мікробними препаратами сприяла збільшенню виходу біоетанолу на 0,3 т/га.

При узагальненні результатів аналізу економічної та енергетичної ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування сорго цукрового визначено, що застосування біопрепаратів сприяє покращенню економічних та енергетичних показників його виробництва.

Встановлено, що за удосконаленої технології дещо збільшуються затрати на вирощування (на 88,4 грн./га), що пов'язано із збільшенням біомаси. Проте на одиницю продукції ефект від удосконаленої технології вирощування становить 19,1 грн./т.

Таблиця 7. Вихід біоетанолу з соку цукрового сорго залежно від строків збирання та дії біопрепаратів

Варіанти досліджу	Строки збирання					
	викидання во- лоті + отава		воскова стиглість		повна стиглість	
	вихід біоетанолу,		вихід біоетанолу,		вихід біоетанолу,	
	кг/т	т/га	кг/т	т/га	кг/т	т/га
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ — контроль	115	3,8	128	4,1	129	4,2
N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀ + Мікрогумін	117	4,1	129	4,5	129	4,5
N ₉₀ P ₇₀ K ₉₀ + Полі- міксобактерин	117	4,2	129	4,4	129	4,5

За використання вдосконаленої технології рівень рентабельності збільшується на 31 %, прибуток — на 2191,6 грн./га, коефіцієнт енергетичної ефективності збільшується на 3,5 одиниць.

Отже, проведені дослідження демонструють доцільність застосування мікробних препаратів Мікрогуміну та Поліміксобактерину при вирощуванні цукрового сорго в умовах Полісся для виробництва біоетанолу. Застосування мінеральних добрив у поєднанні з мікробними препаратами забезпечує найвищий ефект і посилює використання поживних речовин, зокрема азоту й фосфору, з ґрунту. Доведено, що при інокуляції насіння Поліміксобактерином асиміляційний апарат рослин мав найвищий показник фотосинтетичного потенціалу — 3,58 (млн. м²/га)×днів, що на 16 % більше від контролю (табл. 8). Режим фільтрації під рослинами цукрового сорго був вищим відносно перелогу багаторічних трав та нижчим по відношенню до чистого пару. Біопрепарати зменшували втрати гумусових речовин на 28–32 %, азоту (нітратів) — на 15–11 %, кальцію — на 7 %, магнію — на 8–15 %, що вказує на доцільність зменшення дози азотних і

фосфорних туків на 20–30 кг діючої речовини за використання біопрепаратів.

Таблиця 8. Економічна і енергетична ефективність вирощування сорго цукрового для виробництва біоетанолу залежно від різних систем удобрення

Показники	Технології		Ефект від удосконалення, ±
	існуюча	вдосконалена	
Урожайність біомаси, т/га	64,7	79,9	15,2
Цукристість соку, %	16,1	17,3	1,2
Вихід біоетанолу, т/га	3,8	4,6	0,8
Збір сухої маси, т/га	14,1	17,4	3,3
Затрати на вирощування: на одиницю площі, грн./га	6885,8	6974,2	–88,4
на одиницю продукції грн./т	106,4	87,3	19,1
Виручка від реалізації продукції, грн./га	9705	11985	2190
Прибуток, грн/га	2819,2	5010,8	2191,6
Рівень рентабельності, %	40,9	71,8	30,9
Вихід енергії, ГДж/га	307,4	379,3	71,9
Енергетичні витрати: на одиницю площі, ГДж/га	15,8	16,5	0,7
на одиницю продукції, ГДж/т	0,24	0,21	0,03
Коефіцієнт енергетичної ефективності	19,5	23,0	3,5

1. Исаков Я. И. Сорго / Я. И. Исаков. — М. : Россельхозиздат, 1992. — 133 с.

2. Дукач В. Н. Технологические особенности возделывания сахарного сорго / Дукач В. Н. // Агровісник України. — 2009. — № 6. — С. 7–13.

3. Концепція розвитку біоенергетики в Україні / [Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, С. В. Тишаєв та ін.]. — К. : Ін-т теплофізики НАН України, 2001. — 14 с.

4. Канівець В. І. Шляхи мікробіологічної мобілізації фосфатів у ґрунтах / В. І. Канівець, Л. М. Токмакова, І. М. Пишур // Ґрунтознавство. — 2006. — Т. 7, № 3–4. — С. 118–122.

5. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур/ В. В. Волкогон. — К. : Аграрна наука, 2007. — 144 с.

6. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін.] ; за ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграрна наука, 2006. — 312 с.

7. Аринушкина Е. Н. Руководство по химическому анализу почв / Е. Н. Аринушкина. — 2-е изд. — М. : Изд-во МГУ, 1970. — 487 с.

8. Петербургский А. В. О значении лизиметрического метода при изучении баланса питательных веществ в земледелии / А. В. Петербургский // Применение лизиметрических методов в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. — Л., 1972. — 76 с.

9. Ничипорович А. А. Основы фотосинтетической продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Современные проблемы фотосинтеза. — М., 1973. — С. 66–70.

10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

ЕФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВИРАЩИВАНИИ СОРГО САХАРНОГО В УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ

Н. И. Горбаченко

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

Приведены результаты лизиметрических и полевых исследований влияния микробных препаратов Микрогумина и Полимиксобактерина в сочетании с минеральными удобрениями на продуктивность сорго сахарного в зоне Полесья. Урожайность культуры при осуществлении предпосевной

бактеризации семян возрастает на 5–9 %, выход биоэтанола увеличивается на 0,3 т/га. Применение микробных препаратов способствовало уменьшению потерь водорастворимых гумусовых веществ на 28–32 %, азота (нитратов) — на 11–15 %, кальция — на 7 %, магния — 8–15 %.

Ключевые слова: *микробные препараты, сорго сахарное, биоэтанол, лизиметры.*

THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL PREPARATIONS AT CULTIVATION OF SWEET SORGHUM IN POLISSYA REGION

N. I. Gorbachenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial
Manufacture, NAAS, Chernihiv

The effect of two microbial preparations — Microhumina and Polymyxobacterin on different backgrounds of mineral fertilizers on productivity of sweet sorghum in Polissya region was studied in lysimeter and field experiments. Pre-sowing seeds treatment had promoted yield increase by 5–9 % and ethanol output by 0,3 t/ha. Application of biological preparations had prevented the loss of water-soluble humic substances by 28–32 %, nitrogen (nitrate) — by 11–15 %, calcium — by 7 %, magnesium — by 8–15 %.

Key words: *microbial preparations, sweet sorghum, bioethanol, lysimeter.*