

УДК 633.62

Мулярчук О.І.*к.с.-г.н., доцент**кафедра садівництва, овочівництва і садово-паркового господарства
Факультет агротехнологій і природокористування
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail : 777oksankarom@gmail.com***Овчарук В.І.***д.с.-г.н., професор**кафедра садівництва, овочівництва і садово-паркового господарства
Факультет агротехнологій і природокористування
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail : plspg@pdatu.edu.ua*

ВИХІД БІОПАЛИВА З СОРТІВ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНУ ЖИВЛЕННЯ І ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН

Анотація

У зв'язку з погіршенням стану навколишнього середовища більшої актуальності набуває пошук нових екологічно чистих джерел енергії із поновлювальної сировини. На сьогоднішній день в Україні однією з найперспективніших біоенергетичних культур є цукрове сорго, яке є посухостійкою й непримливою до ґрунтів культурою.

Вирощування високих і сталих врожаїв сорго цукрового базується на раціональному використанні біологічних особливостей сорту, фону живлення і густоти стояння рослин. У зв'язку з цим вивчення впливу даних показників на продуктивність і вихід біоетанолу з рослин сорго цукрового в зоні Західного Лісостепу України у продовж вегетаційного періоду є важливим напрямком досліджень сучасності та складає мету дослідження.

В статті наведено результати досліджень технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива. У результаті проведених досліджень автором встановлено, що кращими варіантами технології є вирощування сортів Фаворит і Троїстий на фоні основного внесення мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ густрою стояння рослин 140-150 тис. /га: в цих варіантах вихід біоетанолу становив відповідно 3,02 і 3,04 т/га, біопалива - 16,4 і 16,5 т/га і енергії – 338 і 339 ГДж. При цьому чиста продуктивність фотосинтезу за всіма досліджуваними елементами технології вирощування сорго цукрового зростала. Площа листової поверхні рослини у сортів Силосного 42, Фаворит і Троїстий збільшувалася в межах 293 см².

Представлені результати досліджень є актуальними для науки і виробництва біопалива з рослин сорго цукрового і можуть бути використанні в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: сорго цукрове ; сорти ; фон живлення ; густина стояння ; вихід біопалива

Вступ. Цукрове сорго (*Sorghum saccharatum*) є високоефективною кормовою і біоенергетичною культурою. Вона формує стабільно високі врожаї навіть за несприятливих погодних умов. З одного гектара посівів цукрового сорго можна збирати 90...120 т/га цукроносною біомаси з загальним вмістом у соку цукрів до 20%. У 100кг зеленої маси цукрового сорго міститься 24...25 кормових одиниць, що робить його цінною кормовою культурою. Цукрове сорго, як і цукрові буряки, є універсальною культурою, сировина якої може використовуватись не тільки у кормовиробництві, а й у харчовій промисловості та для виробництва біопалива [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зростаюча нестача нафтопродуктів, їх висока вартість і погіршення з їх використанням стану довкілля спонукають до пошуку альтернативних екологічно чистих джерел енергії. Перспективними в цьому плані є використання енергії фотосинтетичної діяльності рослин у вигляді біоетанолу, обсяги виробництва якого за останнє десятиліття зросли більш ніж утричі. Він застосовується переважно у вигляді паливних сумішей для підвищення октанового числа: додання до бензину 10 % біоетанолу дозволяє на 50 % зменшити викиди аерозольних часток, а викиди оксиду вуглецю – на 30 % [2, 4].

Пошук перспективної сировини для його виготовлення є актуальним завданням сьогодення. Ефективною цукроносною культурою для виробництва біоетанолу є сорго цукрове, яке з гектару посівів забезпечує 90–100 т/га біомаси з цукристістю соку на рівні 18-20 % [8].

Технологія вирощування високих і сталих врожаїв сорго цукрового базується на раціональному використанні біологічних особливостей сорту, фону живлення, густоти стояння рослин і вологи - транспіраційний коефіцієнт у нього становить 300 [1, 10].

Більшість ґрунтів, де сіють сорго, забезпечують лише половину потрібних елементів живлення, тому решту необхідно поповнювати за рахунок добрив на підставі агрохімічного аналізу ґрунту і встановлення оптимальної густоти стояння рослин [3, 11].

Поєднання основного добрива і позакореневого підживлення на відміну від одного кореневого є кращим методом внесенням елементів живлення для рослин. Воно своєчасно і якісно регулює процеси живлення в період вегетації рослин відповідно до погодних умов року. Важливу роль при цьому відіграє збалансоване співвідношення макро і мікроелементів, тому що усі елементи живлення тісно пов'язані між собою в єдиних біохімічних процесах і роль кожного з них дуже важлива, тому доцільно проводити підживлення мікроелементами у поєднанні з основними елементами, враховуючи біологічні особливості культури [5, 6, 7].

Мета досліджень – визначити вплив елементів технології вирощування сортів сорго на процеси фотосинтетичної діяльності в онтогенезі рослин, формування врожайності та її якісних показників.

Методологія досліджень. Дослідження проводились в Подільському державному аграрно-технічному університеті протягом 2012-2016 рр.

Ґрунт дослідного поля - чорнозем вилугуваний, малогумусний, на карбонатних лесованих суглинках. Вміст гумусу) в шарі ґрунту 0-30 см (за Тюрніним 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 - 94,7-99,0 %.

Щільність твердої фази становить 2,58 г/см³, щільність будови ґрунту - 1,14-1,25 г/см³, загальна шпаруватість - 52-59 %. Максимальна гігроскопічність ґрунту 5,2 %; найменша вологоємність - 23,4 %, повна польова - 41,2 %.

Клімат південно-західного Лісостепу України теплий, з достатньою кількістю вологи. Радіаційний баланс в регіоні в середньому за рік становить 43,3 кКал/см², а за вегетаційний період сорго цукрового - 137,73 кДж/см². 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 в 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.

Три факторний польовий дослід з вивчення елементів технології вирощування сорго цукрового для використання на виробництво біопалива проводили за схемою:

Фактор А - фон живлення:

1. Без добрив - контроль.
2. N₉₀P₉₀K₉₀.

Фактор Б - сорти сорго:

1. Силосне 42 - контроль.
2. Фаворит.
3. Троїстий.

Фактор В. Густота стояння рослин:

1. 100-110 тис. /га - контроль.
2. 140-150 тис. /га.
3. 190-200 тис. /га.

Площа елементарної посівної ділянки -108 м² (5,4×20 м), облікової - 72 м² (4,5×16 м), повтореність- чотириразова. Дослід закладався за методом розщеплених ділянок - фони живлення - в двох блоках, сорти і густота стояння - послідовно в один ярус.

Технологія вирощування сорго цукрового, за винятком досліджуваних елементів, була загальноприйнятою для Лісостепу України. Сіяли сорго буряковою сівалкою з шириною міжрядь 45 см.

Сорти сорго цукрового (*Sorghumsaccharatum* (L.)), що вивчалися в досліді, створені в Інституті зернового господарства НААН - Силосне 42 і Троїстий, а Фаворит - у Селекційно-генетичному інституті - Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН.

Сорт Силосне 42- внесений до Державного реєстру з 2003 року. Урожайність сухої речовини в зоні Лісостепу - 8,22 т/га; насіння - 3,79 т/га. Ураження хворобами: антракноз - 2,5%, гельмінтоспоріоз - 10,0%. Стійкість до посухи в зоні Лісостепу - 8,0 балів; вилягання - 8,5, осипання - 9,0 балів. Вміст білка - 8,7%, клітковини - 32,8%. Днів до дозрівання в зоні Лісостепу: сухої речовини - 78, насіння - 124.

Сорт Фаворит - внесений до Державного реєстру з 2003 року. Маса 1000 насінин - 27 г, вологі з зерном - 117 г. Вегетаційний період 125 днів. Висота рослин 180-250 см. 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.

Сорт Троїстий - внесений до Державного реєстру з 2007 року. Середньостиглий. Маса 1000 насінин - 26,6–30,5 г. Висота рослин - 206–241 см. Облітність - 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; Лісостеп сухої речовини 8,40 т/га, насіння - 5,80 т/га. Вміст сирого протеїну - 9-10%, клітковини - 27,5%.

Результати. Досліджувані елементи технології вирощування сорго цукрового таким чином впливали на площу листової поверхні і чисту продуктивність однієї рослини (табл. 1).

Таблиця 1. Продуктивність фотосинтезу сорго цукрового, середнє за 2012-2016 рр.

Фон живлення	Сорт	Густота стояння рослин, тис. га		
		100-110	140-150	190-200
Площа листової поверхні однієї рослини, см ²				
Без добрив - контроль	Силосне 42 - контроль	2190	2280	2290
	Фаворит	2260	2310	2325
	Троїстий	2310	2370	2303
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Силосне 42 - контроль	2410	2540	2560
	Фаворит	2585	2625	2645
	Троїстий	2640	2680	2690
NIP ₀₅ фону живлення і густоти рослин 87, сортів 92				
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² площі листків за добу				
Без добрив - контроль	Силосне 42 - контроль	3,32	3,41	3,46
	Фаворит	3,39	3,44	3,48
	Троїстий	3,42	3,47	3,51
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Силосне 42 - контроль	3,48	3,72	3,79
	Фаворит	3,60	3,74	3,79
	Троїстий	3,62	3,76	3,80
NIP ₀₅ фону живлення і густоти рослин 0,11, сортів 0,14				

За внесення основних мінеральних добрив суттєво покращувалася фотосинтетична діяльність рослин сорго цукрового. Порівняно до контролю без добрив, за внесення їх нормою N₉₀P₉₀K₉₀ площа листової поверхні рослини у Силосного 42, Фаворит і Троїстий збільшувалася в межах 293 см².

За рахунок збільшення листової поверхні рослин зростала чиста продуктивність фотосинтезу за всіма досліджуваними елементами технології вирощування сорго цукрового: за внесення основного мінерального добрива, застосування кращих сортів і оптимізації густоти стояння рослин - відповідно на 0,25, 0,15 і 0,12 г/м² площі листків за добу.

Урожайність зеленої і сухої маси сорго цукрового під впливом досліджуваних елементів технології вирощування змінювалася таким чином (табл. 2 і 3). Найбільший вплив на рівень врожайності зеленої маси сорго цукрового мали добрива. За норми внесення їх N₉₀P₉₀K₉₀ середня прибавка врожайності порівняно з контролем без добрив становила 5,9 т/га (NIP₀₅ = 3,2). Прибавка врожайності між сортами була в межах помилки досліду. За рахунок оптимізації густоти стояння рослин сорго цукрового шляхом збільшення її до 140-150 і 190-200 тис./га прибавка врожайності була істотною лише на фоні застосування основних мінеральних добрив нормою N₉₀P₉₀K₉₀.

Таблиця 2. Урожайність зеленої маси сорго цукрового, т/га (середнє за 2012-2016 рр.)

Фон живлення	Сорт	Густота стояння рослин, тис. га			Середнє	± до контролю	Середнє	± до контролю
		100-110	140-150	190-200				
Без добрив - контроль	Силосне 42 - контроль	70,2	72,1	73,4	71,9	-	72,6	-
	Фаворит	71,7	72,7	73,5	72,6	0,7		
	Троїстий	72,3	73,4	73,7	73,1	1,2		
	Середнє	71,4	72,7	73,5				
	Різниця	-	1,3	2,1				
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	Силосне 42 - контроль	73,6	78,7	79,3	77,2	-	78,4	5,9
	Фаворит	76,1	79,1	81,4	78,9	1,5		
	Троїстий	76,5	79,5	81,7	79,2	1,6		
	Середнє	75,4	79,1	80,8				
	Різниця		3,7	5,4				
NIP ₀₅ фону живлення 3,7, сорту і густоти рослин 3,2								

Вміст сухої речовини на фоні без добрив за сортами Силосний 42, Фаворит і Троїстий в середньому за роки досліджень становив відповідно 23, 20,5 і 22,7%, а на фоні основного внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ - відповідно 24, 22 і 23,1%; середній вихід сухої маси наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Вихід сухої маси сорго цукрового, т/га(середнє за 2012-2016 рр.)

Фон живлення	Сорт	Густота стояння рослин, тис. га			Середнє	± до контролю	Середнє	± до контролю
		100-110	140-150	190-200				
Без добрив - контроль	Силосне 42 - контроль	16,1	16,6	16,9	16,5	-	16,0	
	Фаворит	14,7	14,9	15,1	14,9	-1,6		
	Троїстий	16,4	16,7	16,7	16,6	0,1		
	Середнє	15,8	16,0	16,2				
	Різниця	-	0,3	0,5				
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Силосне 42 - контроль	17,7	18,9	19,0	18,5	-	18,1	2,1
	Фаворит	16,7	17,4	17,9	17,4	1,5		
	Троїстий	17,7	18,4	18,9	18,3	1,6		
	Середнє	17,4	18,2	18,6				
	Різниця	-	0,9	1,2				
НР ₀₅ фону живлення 1,0, сортів і густоти рослин 0,8								

Найбільша прибавка сухої речовини сорго цукрового була від добрив - порівняно з контролем без добрив - 2,1 т/га (НР₀₅ = 0,8). Порівняно з сортом Силосний 42 вона була істотною у сортів Фаворит і Троїстий на фоні внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ - відповідно 1,5 і 1,6 т/га. Збільшення густоти стояння рослин сортів сорго цукрового сприяло істотному збільшенню врожайності сухої речовини лише у варіанті 140-150 тис. /га лише на фоні застосування мінеральних добрив нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Енергетична цінність зеленої маси сорго залежно від впливу досліджуваних елементів технології вирощування наведена в табл. 4.

Таблиця 4. Вихід біоетанолу, твердого біопалива і енергії залежно від застосування елементів технології вирощування сорго цукрового (середнє за 2012-2016 рр.)

Фон Живлення	Сорт	Густота стояння рослин, тис. га	Біоета-нол, т/га	Тверде паливо, т/га	Вихід енергії, ГДж
Без добрив - контроль	Силосне 42	100-110	2,68	14,6	300
		140-150	2,75	15,0	308
		190-200	2,80	15,3	313
	Фаворит	100-110	2,74	14,9	306
		140-150	2,78	15,1	310
		190-200	2,81	15,3	314
	Троїстий	100-110	2,76	15,0	309
		140-150	2,80	15,3	313
		190-200	2,82	15,3	315
$N_{90}P_{90}K_{90}$	Силосне 42	100-110	2,81	15,3	314
		140-150	3,01	16,4	336
		190-200	3,03	16,5	339
	Фаворит	100-110	2,91	15,8	325
		140-150	3,02	16,4	338
		190-200	3,11	16,9	348
	Троїстий	100-110	2,92	15,9	327
		140-150	3,04	16,5	339
		190-200	3,12	17,0	349

Кращим варіантом технології вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива є застосування сортів Фаворит і Троїстий з густотою стояння рослин 140-150 тис. /га на фоні основного мінерального добрива нормою N₉₀P₉₀K₉₀; в цих варіантах вихід біоетанолу становив відповідно 3,02 і 3,04 т/га, біопалива - 16,4 і 16,5 т/га і енергії – 338 і 339 ГДж.

Висновки і перспективи. За внесення добрив нормою N90P90K90 площа листової поверхні рослини у Силосного 42, Фаворит і Троїстий збільшувалася в межах 293 см².

Чиста продуктивність фотосинтезу за всіма досліджуваними елементами технології вирощування сорго цукрового зростала: за внесення основного мінерального добрива, застосування кращих сортів і оптимізації густоти стояння рослин - відповідно на 0,25, 0,15 і 0,12 г/м² площі листків за добу .

Найбільший вплив на рівень врожайності зеленої маси сорго цукрового мали добрива; за норми внесення N90P90K90 середня прибавка врожайності порівняно з контролем без добрив становила 5,9 т/га

Кращими варіантами технології для виробництва біопалива є вирощування сортів Фаворит і Троїстий на фоні основного внесення мінеральних добрив нормою N90P90K90 з густотою стояння рослин 140-150 тис. /га: в цих варіантах вихід біоетанолу становив відповідно 3,02 і 3,04 т/га, біопалива - 16,4 і 16,5 т/га і енергії – 338 і 339 ГДж.

Список використаних джерел

1. Горбаченко Н. І. Ефективність мікробних препаратів при вирощуванні сорго цукрового в умовах Полісся. Сільськогосподарська мікробіологія. 2013. Вип. 18. С. 40-49.
2. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Тишаєв С. В. та ін. Концепція розвитку біоенергетики в Україні. Київ : Інститут теплофізики НАН України. 2001. 14 с.
3. Гунчак Т.І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах південно-західного Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 240-244.
4. Кириченко Л. В., Роженько В. П., Філоненко Л. І. та ін. Нове застосування цукрового сорго. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 23 (222). С. 25–26.
5. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.
6. Мулярчук О.І. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. № 20. С. 54–60.
7. Мулярчук О.І., Кобернюк О. Т. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. № 26 Ч-1. С. 94-101.
8. Роїк М.В., Курило В.Л., Ганженко О.М. та ін. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Збірник наукових праць ІБКіЦБ*. 2012. №13. С.115-125.
9. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Енергетичні культури для виробництва біопалива. *Наукові праці Полтавської держ. аграр. академії*. 2010. Т. 7 (26). С. 12–15.
10. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica – 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.
11. Черенков А. В., Шевченко М.С., Дзюбецький Б.В. та ін. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ : ТОВ «Роял Принт». 2011. 64 с.

Дата надходження статті до редакції: 15.03.2018

Рецензування: 16.04.2018 Прийняття в друк: 24.05.2018

Muliarchuk O.I.

Ph.D., Associate Professor
Department of Horticulture and Gardening
Faculty of Agrotechnologies and Nature Management
Podilsky State Agro-Technological University
Kamyanets-Podilsky, Ukraine
E-mail: 777oksankarom@gmail.com

Ovcharuk V.I.

Ph.D., Professor
Department of Horticulture and Gardening
Faculty of Agrotechnologies and Nature Management
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: plspg@pdatu.edu.ua

BIOFUEL OUTPUT FROM SUGAR SORGHUM VARIETIES ACCORDING TO NUTRITION BACKGROUND AND DENSITY OF PLANT

Abstract

In the context of environment pollution, the search for new environmentally friendly energy sources from renewable raw materials is becoming more urgent. Today, in Ukraine, one of the most promising bioenergetic crops is sugar sorghum, which is a drought-tolerant and immovable culture.

The cultivation of high and stable yields of sugar sorghum is based on the rational use of biological characteristics of the variety, the background of nutrition and the density of plant standing. The study of the influence of these indicators on the productivity and yield of bioethanol from sugar sorghum plants in Western Forest-Steppe of Ukraine in the growing season is an important area of research and is the goal of the study.

The article presents the results of the studies on the technology of sugar sorghum cultivating for biofuel production. It has been found that the best variants of the technology are the cultivation of varieties Favoryt and Troistyï on the background of the main application of mineral fertilizers by the norm $N_{90}P_{90}K_{90}$ with a density of plants 140-150 thousand / ha: in these variants the bioethanol yield was 3.02 and 3.04 t / ha respectively, biofuels – 16.4 and 16.5 t / ha and energy – 338 and 339 GJ. In this case, the net productivity of photosynthesis in all investigated elements of the sugar growing sorghum technology increased. The leaf area of the plant in the varieties Silosnyi 42, Favoryt and Troistyï increased within 293 cm².

The results of the research are relevant for science and production of biofuels on the basis of sugar sorghum plants and can be used at Right Bank of Forest-Steppe in Ukraine.

Keywords: sugar sorghum, varieties, background of nutrition, density, biofuel output.

References

1. Gorbachenko, N. I. (2013). *Efektivnist mikrobnnyh preparativ pry vyroshchuvanni sorgo tsukrovogo v umovah Polissya* [Effectiveness of microbial agents in the cultivation of sugar sorghum in Polissya]. *Silskogospodarska mikrobiologia [Agricultural Microbiology]*, 18, 40-49 [in Ukr.]
2. Geletukha, G. G., Zheliezna, T. A., Tyshayev, S. V. et al (2001). *Kontsepsia rozvytku bioenergetyky v Ukraini* [Concept of Bioenergy Development in Ukraine]. Kyiv : Institute of Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukr.]
3. Gunchak T. I. (2014). *Osoblyvosti vyroshchuvannya sorgo tsukrovogo v yakosti syrovyny dlya vyrobnytstva biopalyva v umovah pivdenno-zahidnogo Lisostepu Ukrainy* [Features of cultivating sugar sorghum as raw material for biofuel production in the conditions of the southwestern forest-steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyyh buryakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]*, 21, 240-244. [in Ukr.]

4. Kyrychenko L. V., Rozhenko V. P., & Filonenko L. I. (2011). *Nove zastosuvannya tsukrovogo sorgo* [New application of sugar sorghum]. *Agrobiznes sьогодni* [Agrobusiness today], 23 (222), 25-26 [in Ukr.]
5. Moiseychenko V. F., & Yeshchenko V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhn v agronomii* [Fundamentals of research in agronomy]. Kyiv : Higher school [in Ukr.]
6. Muliarchuk O. I. (2016). *Tehnologiya vyroshchuvahhya sorgo tsukrovogo dlya vyrobnytstva biopalyva* [Technology of growing sorghum sugar for biofuel production]. *Visnyk tsentru naukovoogo zabezpechennya APV v Kharkivskijj oblasti* [Bulletin of the Center of Scientific Support of the Aviation Company in Kharkiv Region], 20, 54-60. [in Ukr.]
7. Muliarchuk O. I., & Kobernyuk O. T. (2017). *Vplyv mineralnogo zhyvlennya na vyhid bioetanolu sorgo tsukrovogo* [Influence of mineral nutrition on the yield of bioethanol of sugar sorghum]. *Podilskyji visnyk: silske gospodarstvo, tehnika, ekonomika* [Podillian bulletin: agriculture, engineering, economics], 26 Ch-1, 94-101 [in Ukr.]
8. Royik M. V, Kurylo V. L., & Ganzhenko O. M. (2012). *Stan ta perspektyvy rozvytku bioenergetyky v Ukraini* [Status and prospects of bioenergy development in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats IBKiTSB* [Collection of scientific works of IBC&SB], 13, 115-125. [in Ukr.]
9. Royik M. V, Kurylo V. L., ... Gumentyk M. Ya. (2010). *Energetychni kultury dlya vyrobnytstva biopalyva* [Energy crops for biofuel production]. *Naukovi pratsi Poltavskoji derzh. Agrar. akademiji* [Scientific works of the Poltava State Agrar. Academy], 7 (26), 12-15 [in Ukr.]
10. Ermantraut E. R., Prysyzhnyuk O. I., & Shevchenko I. L. (2007). *Statystychnyi analiz agronomichnykh doslidnyh danyh v paketi Statistica 6. Metodychni vkazivky* [Statistical analysis of agronomic research data in the package Statistica – 6. Methodical instructions]. Kyiv [in Ukr.]
11. Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., ... Dziubetsky, B. V. (2011). *Sorgovi kultury: tehnologiya, vykorystannya, gibrydy ta sorty* [Cereals: technology, use, hybrids and varieties]. Dnipropetrovsk : Royal Print Ltd [in Ukr.]

Received: March 15, 2018

Revision: April 16, 2018 Accepted: May 24, 2018