

УДК 633.62:631.5:620.9

Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення

Каленська С. М. *, Найденко В. М.

Національний університет біоресурсів та природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Мета. Встановити сортові особливості формування врожайності сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2015–2017 рр. у багатофакторному стаціонарному досліді у ТОВ «Біотех ЛТД», яке знаходиться в центральній частині Бориспільського району Київської області Лівобережної Лісостепової зони України. Схема досліді: фактор А – гібрид: 'Лан 59', 'Бургто F1', 'Брігто F1'; фактор Б – норма азотних добрив: $N_{60}P_{60}K_{60}$ (контроль), $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$; фактор В – ширина міжрядь: 35; 50 та 70 см. **Результати.** Урожайність сорго зернового в середньому за роки досліджень коливалася в межах від 3,98 до 9,14 т/га залежно від гібриду, ширини міжрядь та удобрення. Також встановлено, що середня врожайність в 2015 році склала 7,29 т/га зерна; 2016 рік виявився критичним щодо погодних умов – реалізація біологічного потенціалу рослин сорго була значно нижчою – на рівні 6,33 т/га; у 2017 році середня врожайність склала 7,15 т/га зерна. Серед гібридів найменш продуктивним був 'Лан 59' – 5,14 т/га, а середня врожайність 'Бургто F1' та 'Брігто F1' відповідно склала 7,57 та 8,06 т/га. Максимальний урожай для всіх гібридів був сформований за ширини міжрядь 50 см., а саме 'Лан 59' – 5,40, 'Брігто F1' – 8,48 т/га і 'Бургто F1' – 7,86 т/га відповідно. За передпосівного внесення N_{60} порівняно з N_{20} , урожайність гібриду 'Лан 59' зростала на 0,41–0,51 т/га; 'Брігто F1' – 0,27–0,40; 'Бургто F1' – 0,22–0,29 т/га. **Висновки.** Найбільшу частку участі у формуванні урожайності сорго має чинник «гібрид» – 43 %. Чинник «умови року» – 21 % та «норма азоту» – 20 % мали рівноважний вплив, а чинник «ширина міжрядь» – 10 %. Проведені дослідження свідчать про те, що між урожайністю та нормою передпосівного азоту існує позитивний помірний кореляційний зв'язок – $r = 0,49$. Рослини сорго зернового позитивно реагують на додатковий азот, що проявляється через зростання урожайності. Таку залежність можна пояснити не тільки помірними нормами азоту, а й в тому числі і низьким рівнем забезпечення ґрунту дослідної ділянки легкогідролізованим азотом.

Ключові слова: сорго зернове (*Sorghum bicolor*); гібрид; урожайність; ширина міжрядь; удобрення.

Вступ

У загальносвітовому масштабі сорго зернове є однією з основних продовольчих культур, що особливо актуально в країнах з посушливими та екстремальними погодними умовами, таких як Індія, КНР, Ефіопія, Марокко, Судан [1]. Батьківщиною зернового сорго є Африка і воно відоме в культурі приблизно за 3 тис. років до н.е. [2]. На даний час площі сорго в світі становлять близько 50 млн га [3].

Сорго зернове в Україні на зерно і зелену масу поширене на площі понад 85 тис. га [4–5]. Однак, традиційно в нашій країні його вирощують у південних посушливих областях – Миколаївській, Херсонській, Одеській, Дніпропетровській – на площі понад 60 тис. га [6–7].

Однак, останніми роками, у зв'язку із глобальними змінами клімату, що призвело до підвищення ймовірності посух не лише в зоні Степу, а й Лісостепу та навіть Полісся України, значно зросла потреба в розширенні посівів посухо- і жаростійких культур [8–9]. Однією з таких культур придатних до поширення та вирощування в умовах Лісостепу України є сорго [10–11].

Сорго – універсальна культура, яка має величезні потенційні можливості [12]. Доцільність вирощування сорго підтверджується, оскільки воно є хлібною і технічною культурою з величезними потенційними можливостями по врожайності, якості продукції, гнучкості і невибагливості щодо умов вирощування [13–14]. Сорго зернове має важливе агротехнічне значення, оскільки є культурою пізнього стоку сівби, його можна використовувати в якості страхової культури у випадку загибелі озимих хлібів [15]. До того ж на сьогоднішній день одним із найбільш перспективних напрямів використання цієї культури є енергетичний [16].

Проте в технології вирощування сорго зернового є певні технологічні елементи, що потребують найбільшої уваги сільгоспвиробників задля забезпечення формування високих і сталих урожаїв [17]. Сорго зернове, як високоврожайна культура, виносить з ґрунту значну кількість елементів живлення, тому поповнення їх шляхом внесення добрив є важливим елементом технології вирощування [18]. Одним з найбільш важливих елементів, живлення для сорго є азот, оскільки сприяє інтенсивному росту рослин, збільшенню площі листової поверхні і всієї його вегетативної маси [19]. Але внесення надлишкових доз азоту може негативно вплинути на рослину і призвести до збільшення тривалості періоду росту та розвитку, непродуктивного куціння і гілкування, що особливо у сорго зернового небажано [20].

Трансформувати автоматично системи живлення, та зокрема азотними добривами, з зони Степу на регіон Лісостепу не можна, так як ґрунтово-кліматичні умови зовсім різні, а це означає, що й засвоєння та доступність рослинам азоту відрізняється кардинально [21].

Мета досліджень – встановити сортові особливості формування врожайності сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення.

Матеріали та методика досліджень

Польовий багатофакторний дослід закладався і проводився впродовж 2015–2017 рр. у ТОВ «Біотех ЛТД», яке знаходиться в центральній частині Бориспільського району Київської області Лівобережної Лісостепової зони України.

Ґрунт дослідного поля – темно-сірий опідзолений на лесовидних суглинках, вміст гумусу 2,8 %; легкогідролізованого азоту 37,8 мг/кг; фосфору 305 мг/кг; калію 342 мг/кг. Ємність поглинання – 27,9 мг-екв/100 г; гідролітична кислотність 2,6 мг-екв /100 г; ступінь насичення основами 86,3 %; рН сольове 6,0. В цілому, ґрунт високозабезпечений рухомими сполуками фосфору та калію і дуже низько забезпечений легкогідролізованим азотом. Бонітет ґрунту – 59 балів, а отже загалом ґрунт дослідної ділянки має сприятливі агрофізичні властивості та відносно високу природню родючість.

Клімат зони проведення досліджень помірно-теплий, помірно-зволожений, сума активних температур складає 2500–2600 °С. Приблизно 75 % опадів випадає в період вегетації сільськогосподарських культур, що забезпечує одержання задовільних урожаїв. Однак, характерні бездощові періоди тривалістю 18–20, а в окремих випадках – 35–45 діб, а в травні і липні часто бувають зливи. Проте, в цілому, кліматичні умови території проведення досліджень сприятливі для вирощування сорго зернового.

Багатофакторний польовий дослід закладали за наступною схемою: *фактор А* – гібрид: 'Лан 59', 'Буріто F1', 'Бріто F1'; *фактор Б* – норма азотних добрив: $N_{60}P_{60}K_{60}$ (контроль), $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$; *фактор В* – ширина міжрядь: 35; 50 та 70 см.

Технологія вирощування сорго зернового на дослідних ділянках була загальноприйнятою виробничниками для зони Лівобережного Лісостепу України, окрім варіантів застосування різних технологічних прийомів запланованих відповідно до схеми дослідження.

Основну дозу добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ вносили в ґрунт восени, а навесні, перед сівбою сорго зернового додатково вносили азотні добрива відповідно схеми дослідження.

Дослідження виконували відповідно до методики дослідної справи, а статистичний аналіз проводили за дисперсійним та кореляційно регресійним методами.

Результати досліджень

Урожайність сорго зернового є визначальним критерієм ефективності елементів технології вирощування рослин в польових умовах. Так, за результатами проведення в 2015–2017 роках польового дослідження, нами встановлено, що середня врожайність в 2015 році склала 7,29 т/га зерна; 2016 рік виявився критичним щодо погодних умов – реалізація біологічного потенціалу рослин сорго була значно нижчою – на рівні 6,33 т/га; в 2017 році середня врожайність склала 7,15 т/га зерна (табл. 1). Серед гібридів найменш продуктивним був ‘Лан 59’ – 5,14 т/га, а середня врожайність ‘Брігто F1’ та ‘Брігто F1’ відповідно склала 7,57 та 8,06 т/га.

Однак, вивчення самих тільки узагальнених даних дозволяє зробити певні загальні закономірності і аж ніяк не дослідити проблематику зміни продуктивності сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норм удобрення азотними добривами.

Вирощування різних гібридів сорго зернового за різної ширини міжрядь дозволило проявити їх біологічні особливості щодо формування урожаю зерна. Так, гібрид ‘Лан 59’ забезпечував максимальний урожай за ширини міжрядь 50 см – 5,40 т/га, а от за ширини міжрядь 70 см урожайність була на 0,45 т/га меншою порівняно з міжряддям 35 см. Інші гібриди дещо по-іншому реагували на зміну ширини міжрядь. Так ‘Брігто F1’ за ширини міжрядь 35 см формувало урожайність на рівні 7,78 т/га; 50 см – 8,48 т/га; 70 см – 7,93 т/га. Тобто рослини цього гібриду за більш широких міжрядь знижували рівень урожайності, однак не так інтенсивно як ‘Лан 59’.

Таблиця 1

Урожайність гібридів сорго зернового залежно від ширини міжрядь та норм удобрення азотними добривами (2015–2017 рр.)

Гібрид	Ширина міжрядь, см	Норма внесення добрив, кг/га	Урожайність, т/га			
			2015	2016	2017	середнє
‘Лан 59’	35	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	5,20	4,49	4,99	4,89
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	5,36	4,66	5,26	5,09
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	5,76	5,01	5,65	5,47
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	5,79	5,03	5,69	5,50
	50	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	5,21	4,50	5,16	4,96
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	5,49	4,78	5,39	5,22
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	6,00	5,21	5,89	5,70
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	6,03	5,24	5,92	5,73
	70	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	4,70	3,98	4,50	4,39
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	4,85	4,22	4,76	4,61
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	5,32	4,62	5,23	5,06
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	5,35	4,65	5,25	5,08
‘Брігто F1’	35	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	7,82	6,49	7,68	7,33
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	8,08	7,02	7,93	7,68
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	8,46	7,36	8,31	8,04
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	8,50	7,39	8,35	8,08
	50	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	8,60	7,52	8,37	8,16
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	8,83	7,68	8,67	8,39
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	9,11	7,92	8,94	8,66
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	9,14	7,95	8,98	8,69
	70	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₀	8,02	6,98	7,85	7,62
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₂₀	8,28	7,20	8,14	7,87
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₄₀	8,53	7,41	8,37	8,10
		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₆₀	8,56	7,45	8,41	8,14

Гібрид	Ширина міжрядь, см	Норма внесення добрив, кг/га	Продовження таблиці			
			Урожайність, т/га			
			2015	2016	2017	середнє
'Бургто F1'	35	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_0$	7,52	6,45	7,39	7,12
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$	7,74	6,73	7,60	7,36
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$	7,97	6,93	7,83	7,58
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$	8,00	6,96	7,86	7,61
	50	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_0$	7,95	6,87	7,84	7,55
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$	8,19	7,12	8,04	7,78
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$	8,45	7,35	8,30	8,03
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$	8,49	7,38	8,33	8,07
	70	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_0$	7,51	6,55	7,23	7,10
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$	7,77	6,76	7,64	7,39
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$	7,99	6,95	7,85	7,60
		$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$	8,01	6,96	7,87	7,61
НІР _{0,05}			0,12	0,20	0,15	0,17

Найвища урожайність гібриду 'Бургто F1' формувалася за сівби з шириною міжрядь 50 см – 7,86 т/га, за міжряддя 35 та 70 см урожайність була дещо нижчою – 7,42 та 7,43 т/га відповідно. Однак, така врожайність була значно вищою порівняно з урожайністю, яку формував гібрид 'Лан 59'.

Що стосується різного рівня передпосівного внесення азоту, то за відсутності азоту усі гібриди сорго зернового за змінної ширини міжрядь формували найнижчу урожайність. За збільшення норми азоту з 20 до 60 кг/га урожайність сорго зростала, що свідчить про надзвичайну актуальність своєчасного азотного удобрення в технології вирощування культури на бідних на рухомі форми азоту ґрунтах.

За передпосівного внесення N_{60} порівняно з N_{20} , урожайність гібриду 'Лан 59' зростала на 0,41–0,51 т/га; 'Брітто F1' – 0,27–0,40; 'Бургто F1' – 0,22–0,29 т/га.

За даними дисперсійного аналізу виявлено певні закономірності щодо впливу чинників на формування урожайності сорго зернового (рис. 1). Найбільшу частку участі у формуванні урожайності сорго має чинник «гібрид» – 43 %. Чинник «умови року» – 21 % та «норма азоту» – 20 % мали рівноважний вплив, а чинник «ширина міжрядь» – 10 %.

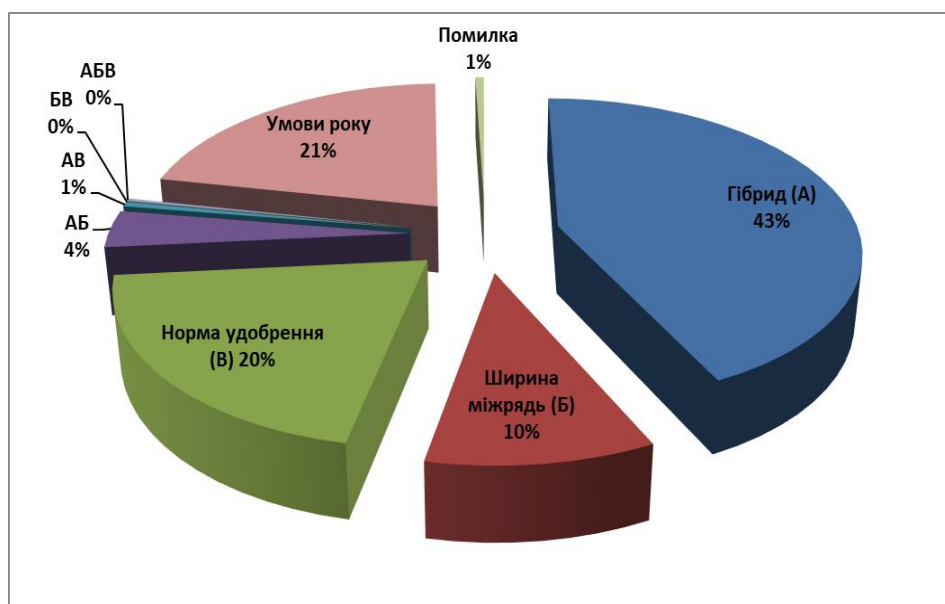


Рис. 1. Частка участі чинників у формуванні врожайності сорго зернового (2015–2017 рр.)

На основі регресійного аналізу встановлено, що урожайність сорго зернового (y) залежно від рівня удобрення азотом (x) описується рівнянням: $y = 0,0106x + 6,6074$.

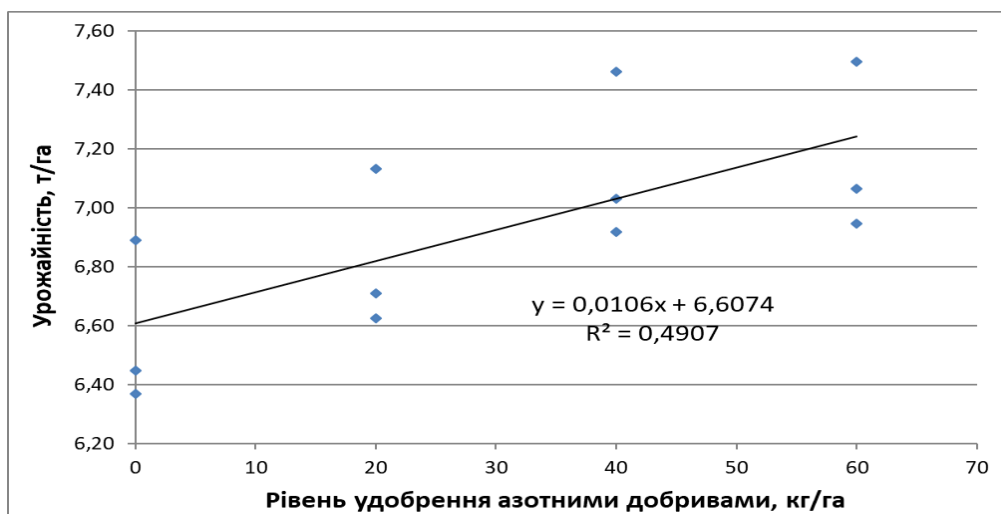


Рис. 2. Залежність урожайності сорго від норм передпосівного азоту

Проведені дослідження свідчать про те, що між урожайністю та нормою передпосівного азоту існує позитивний помірний кореляційний зв'язок – $r = 0,49$. Рослини сорго зернового позитивно реагують на додатковий азот, що проявляється через зростання урожайності. Таку залежність можна пояснити не тільки помірними нормами азоту, а й в тому числі і низьким рівнем забезпечення ґрунту дослідної ділянки легкогідролізованим азотом.

Висновки

Урожайність гібридів сорго зернового за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України в середньому за роки проведення дослідження змінюється від 4,89 до 8,69 т/га. Коливання урожайності в розрізі років і досліджуваних чинників склали від 3,98 до 9,14, в тому числі по гібридам: 'Лан 59' – 3,98–6,03; 'Брігто F1' – 6,49–9,14; 'Бургто F1' – 6,45–8,49 т/га.

Максимальна урожайність усіх гібридів формувалась за ширини міжрядь 50 см: 'Лан 59' – 5,40; 'Брігто F1' – 8,48; 'Бургто F1' – 7,86 т/га. За збільшення норми передпосівного азоту до N_{60} порівняно з N_{20} урожайність збільшувалась у гібрида: 'Лан 59' на 0,41–0,51 т/га; 'Брігто F1' – 0,27–0,40; 'Бургто F1' – 0,22–0,29 т/га.

Проведений регресійно-кореляційний аналіз дозволив встановити, що урожайність сорго зернового (y) залежно від рівня удобрення азотними добривами (x) можна описати наступним рівнянням: $y = 0,0106x + 6,6074$, а також між цими показниками існує позитивний помірний кореляційний зв'язок $r = 0,49$.

Використана література

1. Pale S., Mason S. C., Taonda S. J. B. Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *S. Afr. J. Plant Soil.* 2009. Vol. 26, Iss. 2. P. 91–97. doi: 10.1080/02571862.2009.10639939
2. Каленська С. М., Гринюк І. П. Особливості росту і розвитку рослин сорго залежно від видових, сортових особливостей та удобрення культури в умовах Правобережного Лісостепу України. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2013. Вип. 17, Т. 1. С. 359–363.
3. Foszczynska B., Dziuba E., Chmielewska J., Sowiński J. The use of sorgho malt for beer production. *Przemysl Chemiczny.* 2014. Vol. 93, Iss. 6. P. 1444–1446. doi: 10.12916/przemchem.2014.1444

4. Lafarge T. D., Broad I. J., Hammer G. L. Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: identification of a common hierarchy for tiller emergence, leaf area development and fertility. *Ann. Bot.* 2002. Vol. 90, Iss. 1. P. 87–98. doi: 10.1093/aob/mcf152
5. Krzystek L., Wajszczuk K., Pazera A. et al. Analiza energetyczna produkcji biogazu z wybranych odmian sorgo. *Acta Sci. Pol. Biotechnol.* 2018. Vol. 17, Iss. 1. P. 69–76. doi: 10.30825/5.biot.51.2018.17.1
6. Uchida, S., Hayashi, K. Comparative life cycle assessment of improved and conventional cultivation practices for energy crops in Japan. *Biomass and Bioenergy.* 2012. Vol. 36. P. 302–315. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.043
7. Краснінков С. В. Сорго і суданка зернова. Як вирощувати високі врожаї зернових культур у колективних і фермерських господарствах степової зони України. Дніпропетровськ, 1993. С. 24–26.
8. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds)]. Geneva, Switzerland : IPCC. 151 p.
9. Katayama K., Ito O., Adu-Gyamfi J. et al. Effects of NPK fertilizer combinations on yield and nitrogen balance in sorghum or pigeonpea on a vertisol in the semi-arid tropics. *Soil Sci. Plant Nutr.* 1999. Vol. 45, Iss. 1. P. 143–150. doi: 10.1080/00380768.1999.10409330
10. Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура. Симферополь : Таврия, 1989. 25 с.
11. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (у рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
12. Krishnareddy S. R., Stewart B. A., Payne W. A. et al. Tillering in dryland grain sorghum clumps as influenced by light, planting density and geometry. *Southern Conservation Systems Conference* (Amarillo, TX, June 26–28, 2006). Amarillo, TX, 2006. P. 162–170.
13. Ключников Н. А., Бельтюков Л. П., Агафонов Е. В. Продуктивность зернового сорго в зависимости от минерального питания. *Кукуруза и сорго.* 2002. № 2. С. 22–23.
14. Черенков А. В., Шевченко М. С., Дзюбецький Б. В. та ін. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти. Дніпропетровськ, 2011. 63 с.
15. Schatz B. G., Schreiber A. A., Gardner J. E. Effect of plant density on grain Sorghum production in north Dakota. *North Dakota Farm Res.* 1990. Vol. 47, Iss. 5. P. 15–17.
16. Kalenska S., Rakhmetov J., Kalenskiy V. et al. Prospects of sorghum (*Sorghum Moench*) bioenergetic potential in Ukraine. *Rural Development 2013: Innovations and Sustainability: Proceedings of the sixth Int. Sci. Conf.* (Akademija, Lithuania, 28–29 November 2013). Akademija : Aleksandras Stulginskis University, 2013. Vol. 6, b. 3. P. 60–64.
17. Stevenson F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. *Nitrogen in Agricultural Soils.* Madison : Agronomy, 1982. Vol. 22. P. 1–42. doi: 10.2134/agronmonogr22.c1
18. Zand N., Shakiba M. R. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attribute of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.* 2013. Vol. 1, Iss. 12. P. 1577–1582.
19. Климович П. В. Умови азотного живлення рослин сорго зернового залежно від доз і строків внесення азотних добрив. *Зб. наук. праць Уманського ДАУ.* 2006. Вип. 6. С. 44–50.
20. Baker C. M., Blamey F. P. C. Nitrogen fertilizer effects on yield and nitrogen uptake of sorghum and soybean, grown in sole cropping and intercropping systems. *Field Crops Res.* 1985. Vol. 12. P. 233–240. doi: 10.1016/0378-4290(85)90071-1
21. Katayama K., Ito O., Adu-gyamfi J. et al. Effects of NPK fertilizer combinations on yield and nitrogen balance in sorghum or pigeonpea on a vertisol in the semi-arid tropics. *Soil Sci. Plant Nutr.* 1999. Vol. 45, Iss. 1. P. 143–150. doi: 10.1080/00380768.1999.10409330

References

1. Pale, S., Mason, S. C., & Taonda, S. J. B. (2009). Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *S. Afr. J. Plant Soil.*, 26(2), 91–97. doi: 10.1080/02571862.2009.10639939
2. Kalenska, S. M., & Hryniuk, I. P. (2013). Peculiarities of growth and development of sorghum plants as affected by species, varietal features and fertilization practice under the

conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 17(1), 359–363. [in Ukrainian]

3. Foszczynska, B., Dziuba, E., Chmielewska, J., & Sowiński, J. (2014). The use of sorgho malt for beer production. *Przemysl Chemiczny*, 93(6), 1444–1446. doi: 10.12916/przemchem.2014.1444

4. Lafarge, T. D., Broad, I. J., & Hammer, G. L. (2002). Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: identification of a common hierarchy for tiller emergence, leaf area development and fertility. *Ann. Bot.*, 90(1), 87–98. doi: 10.1093/aob/mcf152

5. Krzystek, L., Wajszczuk, K., Pazera, A., Sitarski, A., & Ledakowicz, S. (2018). Analiza energetyczna produkcji biogazu z wybranych odmian sorgho [Energy efficiency of biogas production from sorghum varieties]. *Acta Sci. Pol. Biotechnol.*, 17(1), 69–76. doi: 10.30825/5.biot.51.2018.17.1 [in Polish]

6. Uchida, S., & Hayashi, K. (2012). Comparative life cycle assessment of improved and conventional cultivation practices for energy crops in Japan. *Biomass and Bioenergy*, 36, 302–315. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.043

7. Krasninkov, S. V. (1993). Sorghum and sudan grass. In *Yak vyroshchuvaty vysoki vrozhai zernovykh kultur u kolektyvnykh i fermerskykh hospodarstvakh stepovoi zony* [How to grow high yields of grain crops in collective enterprises and farms of the Steppe zone of Ukraine] (pp. 24–26). Dnipropetrovsk: N.p. [in Ukrainian]

8. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (Eds.)]. Geneva, Switzerland: IPCC.

9. Katayama, K., Ito, O., Adu-Gyamfi, J., Pradyumna Rao, T., Dacanay, E. V., & Yoneyamam, T. (1999). Effects of NPK fertilizer combinations on yield and nitrogen balance in sorghum or pigeonpea on a vertisol in the semi-arid tropics. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 45(1), 143–150. doi: 10.1080/00380768.1999.10409330

10. Shepel, N. A. (1989). *Sorgo – intensivnaya kul'tura* [Sorghum is an intensive crop]. Simferopol: Tavriya. [in Russian]

11. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., Prysiazhniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnytstvi)* [Methods of breeding experiment (in plant science)]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]

12. Krishnareddy, S. R., Stewart, B. A., Payne, W. A., Robinson, C. A., & Thomason, R. C. (2006). Tillering in dryland grain sorghum clumps as influenced by light, planting density and geometry. *Southern Conservation Systems Conference* (pp. 162–170). June 26–28, 2006, Amarillo, TX.

13. Klyuchnikov, N. A., Bel'tyukov, L. P., & Agafonov, E. V. (2002). Efficiency of grain sorghum as affected by mineral nutrition. *Kukuruza i sorgo* [Corn and sorghum], 2, 22–23. [in Russian]

14. Cherenkov, A. V., Shevchenko, M. S., Dziubetskyi, B.V., Cherchel, V. Yu., Bodenko, N. A., Yalanskyi, O. V., ... Benda, R. V. (2011). *Sorhovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty* [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties]. Dnipropetrovsk: Royal Print. [in Ukrainian]

15. Schatz, B. G., Schneiter, A. A., & Gardner, J. E. (1990). Effect of plant density on grain Sorghum production in north Dakota. *North Dakota Farm Res.*, 47(5), 15–17.

16. Kalenska, S., Rakhmetov, J., Kalenskiy, V., Iuny, A., Kachura, I., Grynyuk, I., Makareviciene, V., & Sendzikiene, E. (2013). Prospects of sorghum (*Sorghum Moench*) bioenergetic potential in Ukraine. In *Rural Development 2013: Innovations and Sustainability: Proceedings of the sixth Int. Sci. Conf.* (Vol. 6, b. 3. pp. 60–64). Nov. 28–29, 2013, Aleksandras Stulginskis University, Akademija, Lithuania.

17. Stevenson, F. J. (1982). Origin and distribution of nitrogen in soil. In *Nitrogen in Agricultural Soils* (Vol. 22. pp. 1–42). Madison: Agronomy. doi: 10.2134/agronmonogr22.c1

18. Zand, N., & Shakiba, M. R. (2013). Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attribute of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 1(12), 1577–1582.

19. Klymovych, P. V. (2006). Nitrogen supply conditions of grain sorghum plants as affected by dose and timing of nitrogen fertilizer application. *Zbìrnik naukovih prac' Umans'kogo nacional'nogo universitetu sadivnictva* [Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture], 6, 44–50. [in Ukrainian]

20. Baker, C. M., & Blamey, F. P. C. (1985). Nitrogen fertilizer effects on yield and nitrogen uptake of sorghum and soybean, grown in sole cropping and intercropping systems. *Field Crops Res.*, 12, 233–240. doi: 10.1016/0378-4290(85)90071-1

21. Katayama, K., Ito, O., Adu-gyamfi, J., Rao, T. P., Dacanay, E.V., & Yoneyama, T. (1999). Effects of NPK fertilizer combinations on yield and nitrogen balance in sorghum or pigeonpea on a vertisol in the semi-arid tropics. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 45(1), 143–150. doi: 10.1080/00380768.1999.10409330

УДК 633.62: 631.5: 620.9

Каленская С. М.*, **Найденко В. М.** Урожайность сорго зернового зависимости от ширины междурядий и системы удобрения // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вып. 26. С. 67–75.

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборонь, 15, г. Киев, 03041, Украина, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com*

Цель. Установить сортовые особенности формирования урожайности сорго зернового в зависимости от ширины междурядий и системы удобрения. **Методы.** Полевые исследования проводили в течение 2015-2017 гг. в многофакторном стационарном опыте в ООО «Биотех ЛТД», которое находится в центральной части Бориспольского района Киевской области Левобережной Лесостепной зоны Украины. Схема опыта: фактор А – гибрид: ‘Лан 59’, ‘Бургто F1’, ‘Бригто F1’; фактор Б - норма азотных удобрений: N₆₀P₆₀K₆₀ (контроль), N₆₀P₆₀K₆₀ + N₂₀, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₄₀, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₆₀; фактор В – ширина междурядий 35; 50 и 70 см. **Результаты.** Урожайность сорго зернового в среднем за годы исследований колебалась в пределах от 3,98 до 9,14 т га в зависимости от гибрида, ширины междурядий и удобрения. Также установлено, что средняя урожайность в 2015 году составила 7,29 т/га зерна; 2016-й оказался критическим относительно погодных условий – реализация биологического потенциала растений сорго была значительно ниже – на уровне 6,33 т/га; в 2017 году средняя урожайность составила 7,15 т/га зерна. Среди гибридов наименее продуктивным был ‘Лан 59’ – 5,14 т/га, а средняя урожайность ‘Бургто F1’ и ‘Бригто F1’ соответственно составила 7,57 и 8,06 т/га. Максимальный урожай для всех гибридов был сформирован при ширине междурядий 50 см, а именно ‘Лан 59’ – 5,40, ‘Бригто F1’ – 8,48 т/га и ‘Бургто F1’ – 7,86 т/га соответственно. При передпосевном внесении N₆₀ по сравнению с N₂₀, урожайность гибрида ‘Лан 59’ возросла на 0,41–0,51 т/га; ‘Бригто F1’ – 0,27–0,40; ‘Бургто F1’ – 0,22–0,29 т/га. **Выводы.** Наибольшую долю участия в формировании урожайности сорго имеет фактор «гибрид» – 43 %. Фактор «условия года» – 21 % и «норма азота» – 20 % имели равноценное влияние, а фактор «ширина междурядий» – 10 %. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что между урожайностью и нормой предпосевного азота существует положительная умеренная корреляционная связь – $r = 0,49$. Растения сорго зернового положительно реагируют на дополнительный азот, что проявляется прибавкой к урожайности. Такую зависимость можно объяснить не только умеренными нормами азота, но, в том числе, и низким уровнем обеспечения почвы опытного участка легкогидролизированным азотом.

Ключевые слова: сорго зерновое (*Sorghum bicolor*); гибрид; урожайность; ширина междурядий; удобрение.

UDC 633.62: 631.5: 620.9

Kalenska, S. M., & **Naidenko, V. M.** (2018). Grain sorghum yield as affected by row spacing and fertilization practice. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 64–72. [in Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com*

Purpose. To establish varietal characteristics of yield formation in grain sorghum as affected by row spacing and fertilization system. **Methods.** The field experiment was carried out during the 2015–2017 period in a multifactorial stationary experiment in LLC Biotech LTD located in the central part of Boryspil district (Kyiv region) of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Experiment design: factor A – hybrid: ‘Lan 59’, ‘Burgo F1’, ‘Briggo F1’; factor B – dose of nitrogen fertilizers: N₆₀P₆₀K₆₀ (control), N₆₀P₆₀K₆₀ + N₂₀, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₄₀, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₆₀; factor C – row spacing: 35 cm, 50 cm, 70 cm. **Results.** The average yield of grain sorghum for years of research ranged from 3.98 to 9.14 t/ha, depending on hybrid, row spacing and fertilization practice. It was also found that average grain yield in 2015 amounted to 7.29 t/ha; 2016 was critical with regard to weather conditions – the realization of the biological potential of sorghum plants was significantly lower – at the level 6.33 t/ha; in 2017, the average yield was 7.15 t/ha of grain. Among the hybrids, the least productive was ‘Lan 59’ (5.14 t/ha), and an average yield of ‘Burgo F1’ and ‘Briggo F1’ were 7.57 and 8.06 t/ha, respectively. The maximum yield for all hybrids was formed at the 50-cm row spacing, namely ‘Lan 59’ – 5.40, ‘Briggo F1’ – 8.48 t/ha and ‘Burgo F1’ – 7.86 t/ha, respectively. With the pre-sowing application of N₆₀ compared to N₂₀, the yield of hybrid ‘Lan 59’ grew by 0.41–0.51 t/ha, ‘Briggo F1’ by 0.27–0.40, ‘Burgo F1’ by 0.22–0.29 t/ha. **Conclusions.** The biggest share in sorghum yield formation had the ‘hybrid’ factor (43%). ‘Conditions of year’ factor (21%) and ‘dose of nitrogen’ (20%) had an equivalent effect, and ‘inter-row spacing’ factor amounted to 10%. Studies have shown that there is a positive moderate correlation between yield and dose of pre-sowing nitrogen ($r = 0.49$). Grain sorghum plants react positively to additional nitrogen, what is manifested in increased yields. This dependence can be explained not only by moderate nitrogen application rates but also by the low level of hydrolyzed nitrogen stock in the soil of the experimental plot.

Keywords: grain sorghum (*Sorghum bicolor*); hybrid; yield; inter-row spacing; fertilization.

Надійшла / Received 13.09.2018

Погоджено до друку / Accepted 16.10.2018

УДК 633.282:58.087

Залежність площі листкової поверхні та маси рослин міскантусу від морфометричних показників

Квак В. М., * Ганженко О. М., Гументик М. Я., Цвігун Г. В.

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: kvak-vm@ukr.net*

Мета. Створити теоретичні основи для розроблення експес-методів визначання ПЛП та МНЧ шляхом встановлення статистичних залежностей ПЛП та МНЧ рослин міскантусу гігантського від його морфометричних показників. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний та статистичний (кореляційний та регресійний). **Результати.** ПЛП та МНЧ рослини міскантусу складаються із суми площ або мас пагонів, які належать до цієї рослини. Для визначення ПЛП та МНЧ одного пагона використовували математичні розрахунки на