

УДК 663.62:631.5/9

Фотосинтетичні параметри гібридів сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту в умовах Центрального Лісостепу України

Музика О. В.

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: olgamuzyka1224@ukr.net*

Мета. Установити ефективність вирощування різних гібридів сорго цукрового в разі застосування регулятора росту Вимпел 2 за передпосівної обробки ним насіння та використання по вегетації за комплексного поєднання з факторами ширини міжрядь та густоти посівів. **Методи.** У досліді застосовували гібриди сорго цукрового 'Довіста' та 'Гулівер', які висівали з шириною міжрядь 45 та 70 см із густотою 150, 200 та 250 тис. шт./га. Для визначення коефіцієнту використання ФАР користувались довідниковими матеріалами для північно-кліматичного регіону. Для Київської області середньомісячне надходження ФАР становить у травні 30,2, червні – 32,3, липні – 32,3, серпні – 27,2, вересні – 19,3 кДж/см². **Результати.** Максимальна площа листової поверхні в досліді була у фазі молочної стиглості зерна сорго. Так, рослини гібрида 'Довіста' формували на рівні 42,2–50,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 43,2–51,6 тис. м²/га. У фазі молочної стиглості сорго цукрового вплив стимулятора росту на ріст і розвиток рослин зменшився й основна різниця в площі листової поверхні була на варіантах з густотою 200 тис. шт./га. Так, порівняно з контролем, у гібрида 'Довіста' за вирощування з шириною міжрядь 45 см різниця була 4,2 тис. м²/га, а за ширини міжрядь 70 см – 2,1 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 1,8 та 0,2 тис. м²/га. За збільшення норми висіву відбувалося підвищення вмісту хлорофілу *b* по варіантах досліді. Загалом його вміст зростав за обробки препаратом Вимпел 2 в розрізі суми хлорофілів пропорційно збільшенню вмісту хлорофілу *a*. Однак, на контрольних варіантах гібрида 'Довіста' за ширини міжрядь 45 см та зростання густоти рослин з 150 до 250 тис. шт./га вміст у листках сорго хлорофілу *b* збільшився з 2,4 до 2,7 мг/кг сухої речовини, а за ширини міжрядь 70 см відповідно з 2,5 до 2,8 мг/кг сухої речовини. Аналогічно для гібрида 'Гулівер' за ширини міжрядь 45 см та збільшення густоти рослин з 150 до 250 тис. шт./га вміст хлорофілу *b* зріс з 2,2 до 2,7 мг/кг сухої речовини, а за ширини міжрядь 70 см з 2,5 до 2,9 мг/кг сухої речовини відповідно. На етапі вихід в трубку – викидання волоті ефективність накопичення сухої речовини фотосинтетичним апаратом сорго в середньому по досліді становила 3,81 г/м² за добу, а от гібрид 'Довіста' формував 3,78 г/м² за добу, 'Гулівер' – 3,84 г/м² за добу сухої речовини. За вирощування рослин сорго цукрового обох досліджуваних гібридів з нормою висіву 200–250 тис. шт./га та обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 отримані максимальні значення КПД ФАР. Так, за ширини міжрядь 45 см у гібрида 'Довіста' ця величина була на рівні 3,5 %, а в гібрида 'Гулівер' – 4,2 %. **Висновки.** У фазі молочної стиглості зерна сорго за застосування стимулятора росту Вимпел 2 максимальні показники площі листової поверхні в досліді формувались у гібрида 'Довіста' за вирощування із шириною міжрядь 70 см та густотою 200 тис. шт./га – 40,8 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 38,0 тис. м²/га. Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у фазі викидання волоті в середньому становив: для гібрида 'Довіста' – 9,0 мг/кг без застосування регулятора росту та 9,3 мг/кг сухої речовини із застосуванням препарату Вимпел 2, у гібрида 'Гулівер' – 8,9 і 9,5 мг/кг відповідно. Максимальні показники накопичення сухої речовини одиницею площі листової поверхні були за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2. За таких умов рослини гібрида 'Довіста' формували 6,6 г/м², а 'Гулівер' – 10,9 г/м² за добу сухої речовини. Максимальні значення КПД ФАР були отримані за вирощування рослин

сорго цукрового з нормою висіву 250 тис. шт./га та застосування стимулятора росту Вимпел 2 та ширини міжрядь 45 см у гібрида 'Довіста' – 5,2 %, а в гібрида 'Гулівер' – 4,7 %.

Ключові слова: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench.; густота рослин; ширина міжрядь; вміст хлорофілу; площа листової поверхні; чиста продуктивність фотосинтезу; ККД ФАР.

Вступ

За вирощування сорго цукрового усі агротехнічні заходи по-своєму важливі та необхідні та вносять вклад в ріст та розвиток рослин і формування їх продуктивності. Вплив окремих елементів технології вирощування на урожайність може проявитися за рахунок оптимізації умов вирощування або ж формування кращого фізіологічного стану рослин чи їх біометричних показників.

Оптимізація площ живлення культури завдяки висіванню з різною шириною міжрядь та нормою висіву дає змогу створити оптично однорідні посіви для кращого забезпечення рослин доступом до вологи, елементів живлення в ґрунті та фотосинтетично активної радіації [1].

Також, одним із прийомів, який забезпечує підвищення ефективності використання генетичного потенціалу сільськогосподарських культур є використання регуляторів росту. Усі регулятори росту рослин, які наразі використовуються, є високоспецифічними активними сполуками. Вони чутливі навіть до сортових відмінностей рослин, а фізіологічна дія залежить від багатьох чинників: строків обробки, концентрації препарату, стану рослин, природно-кліматичних умов тощо. Один і той же препарат, залежно від поєднання чинників, може бути використаний по-різному. Тому необхідно завжди пам'ятати, що застосування регуляторів росту рослин у польових умовах буде ефективним тільки за суворого дотримання технологій вирощування і високого рівня забезпечення рослин поживними речовинами [2].

Площа асиміляційної поверхні рослин відіграє надзвичайно важливе значення для росту та розвитку рослин сорго. Адже саме від цього показника залежать параметри росту та розвитку рослин, формування ними та накопичення цукрів у стеблах та сухої речовини.

Дослідники стверджують, що густоти рослин по-різному впливає на формування асиміляційної поверхні, так як у посівах створюються неоднакові умови температури і освітлення, надходження вуглекислоти та інших факторів життя, що впливають на поглинання фізіологічно активної радіації, інтенсивність процесів фотосинтезу і дихання рослин. Крім того на формування площі листової поверхні також впливають інші фактори технології вирощування: удобрення рослини, застосування регуляторів росту, мікродобрив, стимулюючих препаратів, оптимізація площі живлення, тощо [3–7]. Також інтенсивність радіації на рівні середніх і особливо нижніх листків порівняно з верхніми сильно знижується особливо за рахунок збільшення густоти рослин [8].

Мета досліджень – дослідити ефективність вирощування різних гібридів сорго цукрового за застосування регулятора росту Вимпел 2 за передпосівної обробки ним насіння та використання по вегетації за комплексного поєднання з факторами ширини міжрядь та густоти посівів.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що належить до зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий глибокий малогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий, в орному шарі (0–30 см) міститься: гумусу – 3,5 %, загального азоту – 0,31 %; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв.; легкогідролізованого азоту (N) – 13,4 мг, P₂O₅ – 27,6 мг, K₂O – 9,8 мг на 100 г ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90 %.

Кількість опадів за вегетаційний період сорго цукрового у 2016 році була 187,8 мм, що відповідає нестачі опадів за середньобаторічними значеннями на рівні 158,2 мм. За показниками коефіцієнту суттєвості відхилень за опадами умови наближені до екстремальних спостерігались в червні а липень та вересень були такими що істотно відрізняються від багаторічних. За температурою повітря значні перевищення багаторічних значень відмічено серпні та вересні, а в квітні та липні умови були наближені до екстремальних.

У 2017 році за вегетаційний період сорго цукрового випало 171,9 мм, що показує дефіцит опадів порівняно з багаторічними значеннями на рівні 174,1 мм. По суті, такий дефіцит опадів був найбільш вагомим з точки зору порівняння усіх років проведення польових досліджень. Відповідно за зволоженням суттєво відрізнялись умови червня, серпня та вересня а за температурою повітря квітня, червня, вересня та екстремально – серпня.

У 2018 році за вегетаційний період випало 215,7 мм опадів, що було на 130,3 мм менше багаторічної норми. По суті, нестача опадів порівняно з попередніми роками, була не такою критичною, тому дозволила сформувати високий рівень продуктивності соргових культур. Погодні умови за зволоженням істотно відрізнялись в квітні та серпні а екстремально в липні. А от за температурою повітря в даному році за значеннями наближеними до екстремальних був період з травня по серпень.

Отже, у цілому, кліматичні умови зони проведення досліджень сприятливі для вирощування сорго цукрового.

Загальну схему чотирифакторного польового дослідження наведено в таблиці 1. Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м², повторність варіантів – чотирикратна, розміщення ділянок – рендомізоване.

Обробку насіння сорго цукрового проводили безпосередньо перед сівбою. У варіантах, де не застосовували регулятор росту Вимпел 2, насіння обробляли водою в еквівалентних дозах.

У процесі досліджень застосовували загальноприйнятні методики. Площу листової поверхні визначали за методикою А. А. Ничипоровича [1], за формулою:

$$S_n = 0,67 \times a \times b,$$

де S_n – площа одного листка, см²; a – найширша частина листка, см; b – довжина листка, см; 0,67 – коефіцієнт, який відображає конфігурацію листка.

Фотосинтетичний потенціал визначали за формулою:

$$\text{ФП} = (L_1 + L_2) / (2 \times 1000) \times T,$$

де L_1 , L_2 – площа листової поверхні в відповідні фази розвитку, тис. м²/га; T – тривалість міжфазного періоду, діб.

Чисту продуктивність фотосинтезу вираховували за формулою:

$$\text{ЧПФ} = (B_1 - B_2) / 0,5 (L_1 + L_2) T \times 100,$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу; B_1 , B_2 – маса рослин на початку і в кінці облікового періоду, т/га; L_1 , L_2 – площа листової поверхні в відповідні фази розвитку, тис. м²/га; T – тривалість міжфазного періоду, діб.

Для визначення коефіцієнту використання ФАР користувались довідниковими матеріалами для північно-кліматичного регіону до якої відноситься Київська область. Сумарні надходження ФАР розраховували за міжфазні періоди сорго цукрового. Для Київської області середньомісячне надходження ФАР становить у травні 30,2, червні – 32,3, липні – 32,3, серпні – 27,2, вересні – 19,3 кДж/см² [9].

Сонячну енергію накопичену в урожаї розраховували шляхом перемноження її калорійності на величину сухої біомаси. Калорійність сухої речовини сорго цукрового в середньому дорівнює 4,5 ккал за 1 грам. ФАР визначали зі співвідношення ККД сонячної енергії що надійшла, до енергії ФАР накопиченої в урожаї.

Статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0 [10].

Результати досліджень

Визначення площі листової поверхні рослин, залежно від впливу факторів досліду в посівах сорго цукрового, здійснювали в основні фази розвитку: три листки, кушення, вихід у трубку, викидання волоті, молочна стиглість, повна стиглість.

Показники площі листової поверхні сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту Вимпел 2 наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Площа листової поверхні сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту, тис. м²/га (середнє за 2016–2018 рр.)

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Фаза росту й розвитку					
				три листки	кущення	вихід у трубку	вики- дання волоті	молочна стиглість	повна стиглість
‘Довіста’	45	150	Контроль	2,1	7,8	19,8	34,9	44,8	37,3
			Вимпел 2	2,3	8,0	20,3	39,0	49,0	42,9
		200	Контроль	2,1	8,1	20,4	35,5	42,2	35,2
			Вимпел 2	2,2	8,5	21,4	36,7	47,0	40,4
		250	Контроль	2,0	8,2	20,7	35,7	44,3	40,4
			Вимпел 2	2,3	8,6	22,2	37,7	47,3	40,1
	70	150	Контроль	2,0	7,9	19,9	35,9	43,9	39,6
			Вимпел 2	2,2	8,2	20,7	35,5	46,0	36,9
		200	Контроль	2,1	8,3	21,6	38,6	50,6	43,6
			Вимпел 2	2,3	8,8	22,3	40,8	49,9	42,0
		250	Контроль	2,0	8,4	21,0	36,5	44,2	37,2
			Вимпел 2	2,3	8,9	22,6	39,5	50,5	43,3
‘Гулівер’	45	150	Контроль	2,0	7,6	19,1	34,7	45,5	39,5
			Вимпел 2	2,4	7,8	20,0	36,2	47,3	39,6
		200	Контроль	2,2	7,9	20,3	35,6	43,2	36,4
			Вимпел 2	2,5	8,3	21,2	37,2	51,6	40,4
		250	Контроль	2,1	8,0	20,4	35,7	46,0	41,6
			Вимпел 2	2,3	8,4	20,6	37,9	44,1	38,6
	70	150	Контроль	2,1	7,7	19,5	34,8	42,6	34,6
			Вимпел 2	2,2	8,0	20,0	35,5	42,8	37,2
		200	Контроль	2,3	8,1	20,4	36,5	43,7	38,4
			Вимпел 2	2,5	8,6	21,0	38,0	45,1	37,1
		250	Контроль	2,4	8,2	20,3	36,0	44,2	35,2
			Вимпел 2	2,5	8,7	21,8	37,5	44,3	37,6
НІР _{0,05}				0,1	0,3	1,1	1,7	2,0	1,8

Площа листової поверхні рослин сорго цукрового на ранніх етапах росту та розвитку відносно невелика та не дозволяє рослинам контролювати світловий режим агрофітоценозу. Так, у фазі трьох листків у середньому по досліді формувалось 2,3 тис. м²/га листової поверхні, що відповідає лише 23 % поверхні поля.

У фазі трьох листків в сорго цукрового норма висіву та ширина міжрядь не впливали на формування площі листової поверхні, а отримані відхилення були в основному в межах

похибки досліду. Обробка насіння регулятором росту Вимпел 2 позитивно позначилась не тільки на стимуляції його проростання а й на формуванні площі листя рослинами сорго на ранніх етапах розвитку. Так, різниця з контрольними необробленими варіантами в гібрида 'Довіста' була 0,1–0,3 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' – 0,1–0,4 тис. м²/га.

У фазі кушення рослини сорго цукрового мали дещо більшу площу листової поверхні і в середньому по досліді формувалось 7,8 тис. м²/га листової поверхні, що відповідає 78 % поверхні поля. По суті такої кількості листя ще не достатньо для успішного фітоценотичного контролювання сходів бур'янів на поверхні поля та створення відповідного мікроклімату і мінімізації поверхневого випаровування вологи.

Що стосується впливу факторів досліду, то у фазі кушення рослин площа листової поверхні незначно збільшувалась за вирощування рослин з ширини міжрядь 70 см, що пов'язано з іншим просторовим розташуванням рослин та необхідністю формування достатньої кількості високоефективного фотосинтезуючого листового апарату.

Крім того площа листового апарату зростала по мірі підвищення густоти рослин. Це викликано посиленням конкурентної боротьби культурних рослин за фактори живлення та надходження сонячної енергії. Однак, зважаючи на те, що у своїх дослідженнях ми не використовували екстремально великі чи низькі норми висіву то зростання площі листової поверхні відбувалось в середньому на 0,4–0,5 тис. м²/га. Хоча, за норми висіву 150 тис. шт./га на одній рослині утворюється 0,052 м² листової поверхні а за норми висіву 250 тис. шт./га на одній рослині утворюється 0,034 м² листової поверхні. Однак, в силу фізіологічних обмежень ростових процесів вегетативної частини сорго цукрового в цей період росту та розвитку вони не можуть формувати значні відмінності в площі листової поверхні залежно від густоти. По суті формується мінімум необхідний для росту та розвитку на ранніх етапах вегетації.

Аналогічно попередньому періоду застосування препарату Вимпел 2 для передпосівної обробки насіння та додаткова обробка ним по вегетації в фазу кушення сприяли більш кращому формуванню площі листової поверхні рослинами сорго цукрового. Різниця між контрольними варіантами та ділянками, де застосовували стимулятор росту становила в середньому 0,2–0,5 тис. м²/га.

У фазі виходу рослин сорго цукрового в трубку мали в середньому по досліді 19,8 тис. м²/га листової поверхні, що відповідає 198 % поверхні поля. Фактично така кількість листя була достатньою для успішного фітоценотичного контролювання сходів бур'янів на поверхні поля та створення оптимального мікроклімату.

Рослини гібрида 'Довіста' формували в фазу виходу в трубку площу листової поверхні на рівні 19,8–22,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 19,1–21,8 тис. м²/га. А застосування препарату Вимпел 2 сприяло отриманню більшої площі листової поверхні порівняно з контрольними варіантами в гібрида 'Довіста' на 0,5–1,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 0,2–1,4 тис. м²/га.

У фазі викидання волоті в середньому по досліді формувалось 36,8 тис. м²/га листової поверхні а от рослини гібрида 'Довіста' утворювали на рівні 34,9–40,8 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 34,7–38,0 тис. м²/га.

Мінімальні показники площі листової поверхні утворювались за умови вирощування сорго цукрового з густотою 150 тис. шт./га на контрольних варіантах за ширини міжрядь 45 см в обох досліджуваних гібридів сорго цукрового. За застосування стимулятора росту Вимпел 2 максимальні показники площі листової поверхні в досліді формувались в гібрида 'Довіста' за вирощування з шириною міжрядь 70 см та густотою 200 тис. шт./га – 40,8 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 38,0 тис. м²/га.

Максимальна площа листової поверхні в досліді досягала в фазу молочної стиглості зерна сорго. Так, встановлено, що в середньому по досліді утворювалось 45,8 тис. м²/га листової поверхні, а от рослини гібрида 'Довіста' утворювали на рівні 42,2–50,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 43,2–51,6 тис. м²/га.

У фазі молочної стиглості сорго цукрового вплив стимулятора росту на ріст та розвиток рослин зменшився і основна різниця в площі листової поверхні була на варіантах з густотою 200 тис. шт./га. Так, порівняно з контролем, в гібрида 'Довіста' за вирощування з шириною міжрядь 45 см різниця була 4,2 тис. м²/га, а за ширини міжрядь 70 см – 2,1 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 1,8 та 0,2 тис. м²/га.

У фазі повної стиглості сорго формувалась дещо менша площа листової поверхні порівняно з фазою молочної стиглості зерна сорго. Визначено, що в середньому по досліді утворювалось 39,0 тис. м²/га листової поверхні, а от рослини гібрида 'Довіста' утворювали на рівні 35,2–43,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 34,6–41,6 тис. м²/га.

У цій фазі закономірностей формування площі листової поверхні відповідно обробки рослин препаратом Вимпел 2 ми не спостерігали. Відбулось вирівнювання посівів, хоча більш раннє формування площі листової поверхні позитивно вплинуло на накопичення сухої речовини рослинами сорго.

Фотосинтетична активність рослини сорго цукрового передусім забезпечує нормальний ріст та розвиток та є базисом формування високого врожаю. Процес фотосинтезу засвоює із повітря вуглекислоту, та завдяки енергії сонячного світла перетворює її в хімічну енергію органічних речовин [11].

А от головною сполукою фотосинтетичного апарату рослин є хлорофіл. А тому вміст хлорофілу в листках є важливим фізіологічним параметром, що характеризує потенційну можливість фотосинтетичного апарату синтезувати органічні сполуки. Адже залежно від фази розвитку культури, реакції рослин на дію різних факторів вміст хлорофілу в листках різний, а тому він по-різному й формує біологічну продуктивність рослини [12].

Цукрове сорго належить до рослин C4-типу фіксації CO₂ тому має високі показники інтенсивності фотосинтезу і вирізняється високою продуктивністю. Також культури даного типу фотосинтезу легше долають дефіцит вологи, надмірні температури повітря та надмірну інтенсивність сонячного освітлення. Однак, для формування одиниці сухої речовини вони вимушені витратити вдвічі більше синтезованої енергії ніж культури C3-фотосинтезу [8].

Для визначення вмісту хлорофілу в листках сорго цукрового проби відбирали у фазі викидання волоті. Для проведення лабораторних аналізів вмісту хлорофілу користувались методикою Починок Х. Н. [13].

Показники вмісту хлорофілу в листках сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту висвітлені в таблиці 2.

Хлорофіл *a* – особлива форма хлорофілу, яка використовується для фотосинтезу та найбільш інтенсивно поглинає світло в фіолетово-блакитний і оранжево-червоній частині спектру. Цей пігмент життєво необхідний для фотосинтезу через свою здатність віддавати збуджені електрони в електрон-транспортний ланцюг [12].

Крім хлорофілу *a* в листках рослин присутній і хлорофіл *b*. Вміст хлорофілу *b* у вищих рослин становить близько 1/3 вмісту хлорофілу *a*. Він зазвичай зростає при адаптації рослин до нестачі освітлення через збільшення розміру світлової антени фотосистеми II. Одночасно темнова адаптація розширює діапазон довжин хвиль, що поглинаються хлоропластами, адаптованими до малої освітленості [8].

Для сорго цукрового вміст суми хлорофілів *a* і *b* у фазі викидання волоті в середньому становив: для гібрида 'Довіста' – 9,0 без застосування регулятора росту та 9,3 мг/кг сухої речовини із застосуванням препарату Вимпел 2, а в гібрида 'Гулівер' – 8,9 і 9,5 мг/кг відповідно. Це можна пояснити тим, що за поліпшення умов живлення рослин підвищується життєдіяльність протопластів, а отже ріст і розмір пластидоносних клітин, а також утворюються їхні нові осередки, що зумовлює збільшення хлоропластів у клітині. Загалом прибавка вмісту хлорофілу становила 0,30 та 0,60 % відповідно, що свідчить про позитивний вплив стимулятора росту на стан фотосинтетичної системи рослин.

Вирощування рослин сорго цукрового з різною шириною міжрядь достовірно не позначилось на зміні загального вмісту хлорофілів в листках рослин сорго цукрового. Усі відхилення носили тенденційний характер та перебували в межах похибки досліді.

Таблиця 2

Вміст хлорофілу в листках сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту, мг/кг сухої речовини (середнє за 2016–2018 рр.)

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Вміст хлорофілу, мг/кг сухої речовини		
				a + b	a	b
‘Довіста’	45	150	Контроль	8,6	6,2	2,4
			Вимпел 2	9,1	6,6	2,5
		200	Контроль	8,9	6,3	2,6
			Вимпел 2	9,3	6,7	2,6
		250	Контроль	9,0	6,3	2,7
			Вимпел 2	9,4	6,7	2,7
	70	150	Контроль	8,8	6,3	2,5
			Вимпел 2	9,2	6,6	2,6
		200	Контроль	9,1	6,4	2,7
			Вимпел 2	9,3	6,6	2,7
		250	Контроль	9,3	6,5	2,8
			Вимпел 2	9,6	6,7	2,9
‘Гулівер’	45	150	Контроль	8,3	6,1	2,2
			Вимпел 2	9,2	6,7	2,5
		200	Контроль	8,7	6,2	2,5
			Вимпел 2	9,3	6,7	2,6
		250	Контроль	9,1	6,4	2,7
			Вимпел 2	9,5	6,8	2,7
	70	150	Контроль	8,7	6,2	2,5
			Вимпел 2	9,4	6,8	2,6
		200	Контроль	9,1	6,4	2,7
			Вимпел 2	9,7	6,9	2,8
		250	Контроль	9,3	6,4	2,9
			Вимпел 2	9,8	6,9	2,9
H _{IP} 0,05				0,4	0,2	0,1

За збільшення норми висіву рослин встановлено що відбувалось підвищення хлорофілу *b* по варіантах дослідів. Загалом його вміст зростав за обробки препаратом Вимпел 2 в розрізі суми хлорофілів пропорційно збільшенню вмісту хлорофілу *a*. однак, на контрольних варіантах гібрида ‘Довіста’ за ширини міжрядь 45 см та зростання густоти рослин з 150 до 250 тис. шт./га вміст в листках сорго хлорофілу *b* збільшився з 2,4 до 2,7 мг/кг сухої речовини, а за ширини міжрядь 70 см відповідно з 2,5 до 2,8 мг/кг сухої речовини. Аналогічно, для гібрида ‘Гулівер’ за ширини міжрядь 45 см та збільшення густоти рослин з 150 до 250 тис. шт./га вміст хлорофілу *b* зріс з 2,2 до 2,7 мг/кг сухої речовини, а за ширини міжрядь 70 см з 2,5 до 2,9 мг/кг сухої речовини відповідно.

А отже, додаткове затінення нижніх ярусів листків викликане збільшенням норми висіву рослин та загущенням їх за рахунок вибору прямокутних площ живлення (70 см) навзаємін квадратним схемам живлення (45 см) призводить до зростання в загальному вмісті

хролофілів саме тіньових хлорофілів *b*. З одного боку це свідчить про не оптимальність освітлення фотосинтетичного апарату сорго цукрового, а з іншого – показує наскільки ефективно рослини здатні перебудовувати свою фотосистему для отримання максимальної ефективності фотосинтезу з енергії сонця що потрапляє до їх листків за таких обставин.

Однак, наявність в листках рослин достатньої кількості фотосинтезуючих комплексів лише створює передумови для виникнення процесів накопичення рослинами сухої речовини. Продуктивність фотосинтезу передусім визначається двома інтегральними показниками – площею асимілюючої поверхні та інтенсивністю фотосинтетичних процесів вираженою з розрахунку на одиницю листової поверхні [11].

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) розраховується як приріст сухої маси рослин у грамах за певний час, віднесений до одиниці листової поверхні. Показники чистої продуктивності фотосинтезу в природних умовах звичайно коливаються від 0,1 до 20 г і більше сухої речовини на 1 м² площі листів у добу: у злаків у фазі інтенсивного росту буває й 40–50, в основних сільськогосподарських культур при сприятливих умовах 4–10 г/(м²×доба) [3].

Розрахунки ЧПФ сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту подано в таблиці 3.

Установлено, що в міжфазний період три листки – кущення рослини сорго цукрового доволі ефективно використовували наявний фотосинтетичний апарат. Так, в середньому по досліді отримано 7,93 г/м² за добу сухої речовини, а от гібрид ‘Довіста’ формував 7,25 г/м² за добу а ‘Гулівер’ – 8,61 г/м² за добу. Максимальні параметри накопичення сухої речовини спостерігались за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2. За таких умов рослини гібрида ‘Довіста’ формували 13,2 г/м² за добу а ‘Гулівер’ – 14,5 г/м² за добу сухої речовини.

Активне накопичення сухої речовини рослинами сорго цукрового спостерігалось і в наступний міжфазний період кущення – вихід в трубку. Так, в середньому по досліді отримано 11,31 г/м² за добу, а от гібрид ‘Довіста’ формував 11,41 г/м² за добу а ‘Гулівер’ – 11,21 г/м² за добу сухої речовини.

По аналогії з попереднім міжфазним періодом максимальні показники накопичення сухої речовини одиницею площі листової поверхні були відзначені за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2. За таких умов рослини гібриду ‘Довіста’ формували 19,3 г/м² за добу а ‘Гулівер’ – 18,3 г/м² за добу сухої речовини.

По суті перші етапи росту та розвитку сорго цукрового цікаві в плані особливостей накопичення ними сухої речовини. Так, візуально рослини мають незначні параметри площі листової поверхні та лінійні прирости, а от з точки зору ефективності фотосинтезу – цей проміжок часу є найбільш відповідальним для формування в подальшому високого рівня продуктивності посівів сорго цукрового. Адже власне за рахунок відсутності бур’янів на поверхні поля та того що більшість листків фотосинтетичного апарату рослин отримують оптимальну кількість фотосинтетично активної енергії і забезпечується наступний швидкий ріст та розвиток культури на подальших етапах.

На наступному етапі – вихід в трубку – викидання волоті – умови агрофітоценозу змінились таким чином, що ефективність накопичення сухої речовини фотосинтетичним апаратом сорго в середньому по досліді знизилась до рівня 3,81 г/м² за добу, а от гібрид ‘Довіста’ формував 3,78 г/м² за добу, а ‘Гулівер’ – 3,84 г/м² за добу сухої речовини. Аналогічно попереднім міжфазним періодам варіанти вирощування сорго за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 були самими ефективними по накопиченню сухої речовини. Однак, слід зауважити, що аналогічні варіанти з шириною міжрядь 70 см були на другому місці по інтенсивності накопичення сухої речовини одиницею площі листової поверхні сорго цукрового.

Таблиця 3

Чиста продуктивність фотосинтезу сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту, г/м² за добу (середнє 2016–2018 рр.)

Гібрид (фактор А)	Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота рослин, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Фаза росту й розвитку				
				три листки – кущення	кущення – вихід в трубку	вихід у трубку – викидання волоті	викидання волоті – молочна стиглість	молочна стиглість – воскова стиглість
‘Довіста’	45	150	Контроль	4,1	6,6	2,2	1,1	2,3
			Вимпел 2	4,9	7,9	2,4	1,3	2,4
		200	Контроль	7,0	10,9	3,5	1,9	4,3
			Вимпел 2	8,0	12,9	4,3	2,3	4,4
		250	Контроль	10,1	16,5	5,4	3,1	5,7
			Вимпел 2	13,2	19,3	6,9	3,5	6,6
	70	150	Контроль	3,6	5,6	1,8	1,0	1,9
			Вимпел 2	4,1	6,7	2,3	1,2	2,3
		200	Контроль	6,2	9,3	3,0	1,6	3,1
			Вимпел 2	7,4	11,3	3,7	2,0	3,6
		250	Контроль	8,1	13,9	4,5	2,6	5,0
			Вимпел 2	10,3	16,0	5,3	2,8	5,4
‘Гулівер’	45	150	Контроль	4,2	6,5	2,1	1,0	3,7
			Вимпел 2	6,6	8,0	2,7	1,3	4,3
		200	Контроль	7,9	11,3	3,7	1,9	7,2
			Вимпел 2	10,4	13,2	4,6	2,0	7,5
		250	Контроль	10,9	14,4	4,8	2,6	8,5
			Вимпел 2	14,5	18,3	6,2	3,3	10,9
	70	150	Контроль	4,0	5,6	1,9	1,0	3,5
			Вимпел 2	5,5	6,9	2,4	1,2	4,2
		200	Контроль	7,1	9,6	3,1	1,7	6,1
			Вимпел 2	9,5	11,7	4,1	2,0	7,2
		250	Контроль	10,4	13,3	4,4	2,5	8,5
			Вимпел 2	12,3	15,7	6,1	2,7	10,0

У міжфазний період викидання волоті – молочна стиглість в рослин сорго в середньому по досліді формувалось 1,99 г/м² за добу, а от гібрид ‘Довіста’ формував 2,04 г/м² за добу а ‘Гулівер’ – 1,94 г/м² за добу сухої речовини.

А от міжфазний період молочна стиглість – воскова стиглість можна охарактеризувати як такий в якому інтенсивно формувалось насіння та накопичувались цукри в соці стебел, тому в середньому по досліді показник ЧФП зріс до 5,36 г/м² за добу, в гібрида ‘Довіста’ 3,92 г/м² за добу, а в Гулівера – 6,80 г/м² за добу сухої речовини. Максимальні показники накопичення сухої речовини одиницею площі листової поверхні були за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2. За таких умов рослини гібрида ‘Довіста’ формували 6,6 г/м² за добу, а ‘Гулівер’ – 10,9 г/м² за добу сухої речовини.

У складі сонячного спектру можна виділити дві основні енергетичні складові – видимий та інфрачервоний діапазон. Видимий діапазон є важливим для проходження

процесу фотосинтезу – процес перетворення енергії світла на енергію хімічних зв'язків органічних речовин фототрофними організмами за участі фотосинтетичних пігментів. Проте, лише близько половини енергії видимого діапазону є фотосинтетично активною. Окрім того, культурні рослини практично не поглинають блакитні, зелені та жовті хвилі [14].

Збільшення площі листової поверхні посівів призводить до підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) фотосинтетично активної радіації (ФАР). Оптимальна узгодженість процесів росту з успішною адаптацією фотосинтетичного апарату посівів до особливостей радіаційного режиму призводить до високих значень ККД ФАР – 5–6 % у середньому за вегетацію [1].

Показники визначення коефіцієнту корисної дії (ККД) фотосинтетично активної радіації (ФАР) рослин сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту подано в таблиці 4.

Таблиця 4

ККД ФАР рослин сорго цукрового залежно від ширини міжрядь, норми висіву та обробки регулятором росту, % (середнє за 2016–2018 рр.)

Ширина міжрядь, см (фактор Б)	Густота рослин, тис. шт./га (фактор В)	Обробка регулятором росту (фактор Г)	Фаза росту й розвитку					
			три листки	кущення	вихід у трубку	викидання волоті	молочна стиглість	повна стиглість
45	150	Контроль	0,9	0,4	1,6	1,1	1,0	2,8
		Вимпел 2	1,4	0,5	2,0	1,3	1,2	3,1
	200	Контроль	1,4	0,6	2,8	1,8	1,6	4,9
		Вимпел 2	2,3	0,8	3,4	2,3	2,1	5,4
	250	Контроль	2,3	0,9	4,2	2,8	2,7	7,1
		Вимпел 2	3,5	1,3	5,2	3,7	3,1	8,3
70	150	Контроль	0,8	0,3	1,4	0,9	0,9	2,4
		Вимпел 2	1,1	0,4	1,7	1,1	1,0	2,8
	200	Контроль	1,4	0,6	2,5	1,7	1,5	4,3
		Вимпел 2	2,1	0,7	3,1	2,1	1,9	4,8
	250	Контроль	2,0	0,8	3,6	2,4	2,2	6,0
		Вимпел 2	3,0	1,0	4,4	3,0	2,6	7,2
45	150	Контроль	1,0	0,4	1,5	1,0	0,8	4,1
		Вимпел 2	1,7	0,6	2,0	1,4	1,1	4,4
	200	Контроль	1,8	0,7	2,8	1,9	1,6	7,5
		Вимпел 2	3,1	1,0	3,4	2,4	1,8	8,1
	250	Контроль	2,5	1,0	3,6	2,4	2,2	9,7
		Вимпел 2	4,2	1,4	4,7	3,3	2,7	10,5
70	150	Контроль	0,9	0,4	1,3	0,9	0,8	3,6
		Вимпел 2	1,5	0,5	1,7	1,2	0,9	3,9
	200	Контроль	1,6	0,7	2,4	1,6	1,4	6,5
		Вимпел 2	2,7	1,0	3,0	2,2	1,7	7,0
	250	Контроль	2,2	1,0	3,3	2,3	2,1	8,9
		Вимпел 2	3,7	1,3	4,2	3,3	2,2	9,6

За даними Шатілова І. С. і Замараєва А. Г., у польових умовах посіви використовують найчастіше 1–3 % ФАР, однак на окремих етапах росту і розвитку рослин ККД ФАР може

досягати 4–6 %. На думку Ничипоровича А. А. (1982), ці значення при оптимізації умов вирощування можна підвищити до 7–8 і навіть 10 % (10–15 т/га зернових), що майже вдвічі нижче теоретично можливої межі ККД ФАР (22 %) [15, 16].

У фазі трьох листків в рослин сорго цукрового ККД ФАР в середньому по досліді був 2,04 %, а в гібрида 'Довіста' – 1,85 % та в гібрида 'Гулівер' 2,24 % відповідно.

Мінімальні показники використання ФАР були на варіантах вирощування рослин сорго цукрового з нормою висіву 150 тис. шт./га, в гібрида 'Довіста' – 0,8–0,9 %, а в гібрида 'Гулівер' – 0,9–1,0 %.

За вирощування рослин сорго цукрового обох досліджуваних гібридів з нормою висіву 200–250 тис. шт./га та обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2 були отримані максимальні значення КПД ФАР. Так, за ширини міжрядь 45 см в гібрида 'Довіста' ця величина була на рівні 3,5 %, а в гібрида 'Гулівер' – 4,2 %.

По суті на ранніх етапах росту та розвитку рослин сорго цукрового значні коефіцієнти корисної дії фотосинтетично активної радіації та переважання високих норм висіву над мінімальними досягались якраз за рахунок збільшення густоти рослин на одиницю площі поля. Саме зростання кількості рослин призводить до суттєвого збільшення обсягів ККД ФАР, хоча застосування препарату Вимпел 2 навіть на цьому фоні виявилось доволі ефективним.

У фазі кушення відбулось вирівнювання ростових процесів рослин та адаптація їх до різної густоти посівів, а тому в середньому по досліді ККД ФАР був на рівні 0,76 %, а в гібрида 'Довіста' – 0,69 % та в гібрида 'Гулівер' 0,84 % відповідно. Застосування стимулятора росту Вимпел 2 позитивно відзначалось на засвоєнні рослинами сонячної енергії, а тому між контролем та цими варіантами збереглись суттєві відмінності. А от варіанти різної густоти рослин приблизно вирівнялись по рівню ККД ФАР, за виключенням звичайно мінімальних норм висіву.

У фазі виходу в трубку суттєво активізувались процеси росту та розвитку рослин сорго цукрового, а тому й значно зросло засвоєння рослинами сонячної енергії. Так, в середньому по досліді ККД ФАР був на рівні 2,91 %, в гібрида 'Довіста' – 2,99 % та в гібрида 'Гулівер' 2,84 % відповідно.

Максимальні значення КПД ФАР були отримані за вирощування рослин сорго цукрового з нормою висіву 250 тис. шт./га та застосування стимулятора росту Вимпел 2 та ширини міжрядь 45 см в гібрида 'Довіста' – 5,2 %, а в гібрида 'Гулівер' – 4,7 %.

У фазі викидання волоті в рослин сорго цукрового в середньому по досліді ККД ФАР був 2,00 %, а в гібрида 'Довіста' – 2,01 % та в гібрида 'Гулівер' 1,99 % відповідно.

Описані вище основні закономірності засвоєння рослинами сорго цукрового сонячної енергії були притаманними і для даних етапів росту та розвитку. В фазу викидання волоті та молочної стиглості максимальні значення КПД ФАР були отримані за вирощування рослин сорго цукрового з нормою висіву 250 тис. шт./га та застосування стимулятора росту Вимпел 2 та ширини міжрядь 45 см.

У фазі повної стиглості ККД ФАР в середньому по досліді зріс до рівня 5,95 %, а в гібрида 'Довіста' – 4,92 %, тоді як у гібрида 'Гулівер' – 6,97 %. Усупереч тому, що надходження ФАР у вересні різко зменшуються змінюється і спектральний склад світла. Так, у фотосинтетично активній радіації починає переважати інфрачервоний діапазон хвиль.

Інфрачервоний діапазон сонячного спектру є надзвичайно важливим джерелом енергії у біосфері, оскільки саме він визначає температурні умови нижніх шарів атмосфери, поверхні Землі та прогрів води. Вважається, що в кінці вегетаційного періоду росту та розвитку рослин – в вересні місяці в атмосфері переважають інфрачервоні промені, що підвищують рівень ефективності фотосинтезу [12].

По суті, фізіологічне досягання пізньостиглих сортів та гібридів сорго цукрового в пізні місяці вегетаційного періоду відбувається завдяки активізації надходження енергії інфрачервоного спектру, хоча загальна інтенсивність сонячних променів у серпні становить 27,2 кДж/см², а у вересні всього 19,3 кДж/см².

Висновки

Доведено, що у фазі викидання волоті в середньому по досліді формувалось 36,8 тис. м²/га листової поверхні, а от рослини гібрида 'Довіста' утворювали на рівні 34,9–40,8 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 34,7–38,0 тис. м²/га. А от максимальна площа листової поверхні в досліді досягалась у фазі молочної стиглості зерна сорго. Так, в середньому по досліді утворювалось 45,8 тис. м²/га листової поверхні а от рослини гібрида 'Довіста' утворювали на рівні 42,2–50,6 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 43,2–51,6 тис. м²/га. У цій фазі за застосування стимулятора росту Вимпел 2 максимальні показники площі листової поверхні в досліді формувались в гібрида 'Довіста' за вирощування з шириною міжрядь 70 см та густотою 200 тис. шт./га – 40,8 тис. м²/га, а в гібрида 'Гулівер' відповідно 38,0 тис. м²/га.

Встановлено, що вміст суми хлорофілів *a* і *b* в фазу викидання волоті в середньому становив: для гібрида 'Довіста' – 9,0 без застосування регулятора росту та 9,3 мг/кг сухої речовини з застосуванням препарату Вимпел 2, а в гібрида 'Гулівер' – 8,9 і 9,5 мг/кг відповідно. Загалом прибавка вмісту хлорофілу становила 0,30 та 0,60 % відповідно, що свідчить про позитивний вплив стимулятора росту на стан фотосинтетичної системи рослин.

Виявлено, що в міжфазний період молочно стиглість – воскова стиглість в середньому по досліді показник ЧФП був 5,36 г/м² за добу, в гібриду 'Довіста' 3,92 г/м² за добу, а в 'Гулівер' – 6,80 г/м² за добу сухої речовини. Максимальні показники накопичення сухої речовини одиницею площі листової поверхні були за норми висіву 250 тис. шт./га та ширини міжрядь 45 см і обробки насіння стимулятором росту Вимпел 2. За таких умов рослини гібрида 'Довіста' формували 6,6, а 'Гулівер' – 10,9 г/м² за добу сухої речовини.

Розраховано, що у фазі виходу в трубку суттєво активізувались процеси росту та розвитку рослин сорго цукрового, а тому й значно зросло засвоєння рослинами сонячної енергії. Так, у середньому по досліді ККД ФАР був на рівні 2,91 %, а в гібрида 'Довіста' – 2,99 % та в гібрида 'Гулівер' 2,84 % відповідно. Максимальні значення КПД ФАР були отримані за вирощування рослин сорго цукрового з нормою висіву 250 тис. шт./га, застосування стимулятора росту Вимпел 2 та ширини міжрядь 45 см у гібрида 'Довіста' – 5,2 %, а в гібрида 'Гулівер' – 4,7 %.

Використана література

1. Ничипорович А. А. Фотосинтез и урожай. Москва : Колос, 1966. С. 6–15.
2. Евчук М. В. Влияние биологически активных препаратов на продуктивность зернового сорго. *Научный журнал КубГАУ*. 2013. № 94 (10). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/01.pdf>
3. Устенко Г. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев. *Фотосинтез и вопросы продуктивности растений*. Москва : АН СССР. 1963. С. 37–69.
4. Хелемский М. З., Кряквина С. П. Еще раз о сахарном сорго. *Сахарная промышленность*. 1987. № 9. С. 53–55.
5. Чубко О. Сорго: унікальна культура. *Агросектор*. 2007. № 5. С. 22–24.
6. Шаповал А. Г. Сорго. Москва : Сельхозгиз, 1931. 134 с.
7. Шилин А. В., Мелихов В. В. Эффективное использование мелиоративного фонда в обеспечении устойчивого развития АПК в аридной зона России. *Научные основы эффективности использования орошаемых земель аридных территорий России*. Волгоград, 2007. С. 9–12.
8. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез С3 и С4 растений: механизмы и регуляция. Москва : Мир, 1986. 590 с.
9. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва. Київ, 2005. С. 119–132.
10. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

11. Метлин В. В. Показатели фотосинтетической деятельности сортов и гибридов сорго и кукурузы. *Интенсивная технология возделывания и использования сорго*. Зерноград, 1986. С. 80–84.
12. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Москва : Высшая школа, 1975. 392 с.
13. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
14. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва : АН СССР, 1961. 137 с.
15. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии. Фотосинтез и продуктивный процесс. Москва, 1980. С. 5–28.
16. Оконов М. М. Рост и фотосинтетическая активность кормовых культур в зависимости от уровня питания. *Биология и технология возделывания сельскохозяйственных культур в интенсивном земледелии Калмыкии*. Элиста, 1994. С. 4–9.

References

1. Nichiporovich, A. A. (1966). *Fotosintez i urozhay* [Photosynthesis and yield] (pp. 6–15). Moscow: Kolos. [in Russian]
2. Evchuk M.V. (2013). The effect of biologically active preparations on the productivity of grain sorghum. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 94(10). Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/01.pdf> [in Russian]
3. Ustenko, G. P. (1963). Photosynthetic activity of plants in crops as a basis for the formation of high yields. In *Fotosintez i voprosy produktivnosti rasteniy* [Photosynthesis and plant productivity issues] (pp. 37–69). Moscow: AN SSSR. [in Russian]
4. Helemskiy, M. Z., & Kryakvina, S. P. (1987). Once again about sugar sorghum. *Saharnaya promyshlennost* [Sugar industry], 9, 53–55. [in Russian]
5. Chubko, O. (2007). Sorghum: a unique culture. *Ahrosetektor* [Agrosector], 5, 22–24. [in Ukrainian]
6. Shapoval, A. G. (1931). *Sorgo* [Sorghum]. Moscow: Selhoozgis. [in Russian]
7. Shilin, A. V., & Melihov, V. V. (2007). Effective use of the reclamation fund in ensuring the sustainable development of the agricultural sector in the arid zone of Russia. In *Nauchnyie osnovyie effektivnosti ispolzovaniya oroshaemykh zemel aridnykh territoriy Rossii* [The scientific basis for the efficient use of irrigated land in the arid territories of Russia] (pp. 9–12). Volgograd: N.p. [in Russian]
8. Edwards, Dzh., & Woker, D. (1986). *Fotosintez S3 i S4 rasteniy: mekhanizmy i regulyatsiya* [Photosynthesis of C3 and C4 plants: mechanisms and regulation]. Moscow: Mir. [in Russian]
9. Barabash, O. Yu., Taranenko, L. K., & Sych, Z. D. (2005). *Biologichni osnovy ovochivnytstva* [Biological basics of vegetable growing] (pp. 119–132). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
10. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltynh. [in Ukrainian]
11. Metlin, V. V. (1986). Indicators of photosynthetic activity of varieties and hybrids of sorghum and maize. In *Intensivnaya tehnologiya vozdeleyvaniya i ispolzovaniya sorgo* [Intensive technology of cultivation and use of sorghum] (pp. 80–84). Zernograd: N.p. [in Russian]
12. Gavrilenko, V. F., Ladyigina, M. E., & Handobina, L. M. (1975). *Bolshoy praktikum po fiziologii rasteniy. Fotosintez. Dyihanie* [Great workshop on plant physiology. Photosynthesis. Breath]. Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]
13. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biologichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzen roslin ta gruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]
14. Nichiporovich, A. A., Stroganova, L. E., & Vlasova, M. P. (1961). *Fotosinteticheskaya*

deyatelnost rasteniy v posevakh [Photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow: AN SSSR. [in Russian]

15. Nichiporovich, A. A. (1980). Photosynthetic activity of plants as the basis of their productivity in the biosphere and agriculture. In *Fotosintez i produktivnyiy protsess* [Photosynthesis and productive process] (pp. 5–28). Moscow: N.p. [in Russian]

16. Okonov, M. M. (1994). Growth and photosynthetic activity of forage crops depending on the level of nutrition. In *Biologiya i tehnologiya vozdeleyvaniya selskohozyaystvennyih kultur v intensivnom zemledelii Kalmykii* [Biology and technology of crop cultivation in intensive Kalmykia agriculture] (pp. 4–9). Elista: N.p. [in Russian]

УДК 663.62:631.5/9

Музыка А. В. Фотосинтетические параметры гибридов сорго сахарного в зависимости от ширины междурядий, нормы высева и обработки регулятором роста в условиях Центральной Лесостепи Украины // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 154–169.

Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: olgamuzyka1224@ukr.net

Цель. Выявить эффективность выращивания различных гибридов сорго сахарного при применении регулятора роста Вымпел 2 при предпосевной обработке семян и использования по вегетации и комплексном сочетании с факторами ширины междурядий и густоты посевов. **Методы.** В опыте изучали гибриды сорго сахарного ‘Довиста’ и ‘Гулливёр’, которые сеяли с шириной междурядий 45 и 70 см с густотой 150, 200 и 250 тыс. шт./га. Для определения коэффициента использования ФАР пользовались материалами справочников для северо-климатического региона. Для Киевской области среднемесячное поступление ФАР составляет в мае 30,2, июне – 32,3, июле – 32,3, августе – 27,2, сентябре – 19,3 кДж/см². **Результаты.** Максимальная площадь листовой поверхности в опыте была в фазе молочной спелости зерна сорго. Так, растения гибрида ‘Довиста’ формировали на уровне 42,2–50,6 тыс. м²/га, а гибрида ‘Гулливёр’ соответственно 43,2–51,6 тыс. м²/га. В фазе молочной спелости сорго сахарного влияние стимулятора роста на рост и развитие растений уменьшилось и основная разница в площади листовой поверхности была на вариантах с плотностью 200 тыс. шт./га. Так, по сравнению с контролем, у гибрида ‘Довиста’ при выращивании с шириной междурядий 45 см разница была 4,2 тыс. м²/га, а при ширине междурядий 70 см – 2,1 тыс. м²/га; у гибрида ‘Гулливёр’ соответственно 1,8 и 0,2 тыс. м²/га. При увеличении нормы высева происходило повышение содержания хлорофилла *b* по вариантам опыта. В целом его содержание при обработке препаратом Вымпел 2 в разрезе суммы хлорофиллов пропорционально увеличению содержания хлорофилла *a*. Однако, на контрольных вариантах гибрида ‘Довиста’ при ширине междурядий 45 см и росте густоты растений с 150 до 250 тыс. шт./га содержание в листьях сорго хлорофилла *b* увеличилось с 2,4 до 2,7 мг/кг, а при ширине междурядий 70 см соответственно с 2,5 до 2,8 мг/кг сухого вещества. Аналогично, для гибрида ‘Гулливёр’ при ширине междурядий 45 см и увеличение густоты растений с 150 до 250 тыс. шт./га содержание хлорофилла *b* выросло с 2,2 до 2,7 мг/кг сухого вещества, а при ширине междурядий 70 см с 2,5 до 2,9 мг/кг сухого вещества соответственно. На этапе выход в трубку – выбрасывание метелки эффективность накопления сухого вещества фотосинтетического аппарата сорго в среднем по опыту составляла 3,81 г/м² в сутки, а вот гибрид ‘Довиста’ формировал 3,78 г/м² в сутки, а ‘Гулливёр’ – 3,84 г/м² в сутки сухого вещества. При выращивании растений сорго сахарного обоих исследуемых гибридов с нормой высева 200–250 тыс. шт./га и обработкой семян стимулятором роста Вымпел 2 получены максимальные значения КПД ФАР. Так, при ширине междурядий 45 см у гибрида ‘Довиста’ эта величина была на уровне 3,5 %, а у гибрида ‘Гулливёр’ – 4,2 %. **Выводы.** В фазе молочной спелости зерна сорго при применении стимулятора роста Вымпел 2 максимальные показатели площади листовой

поверхности в опыте формировались у гибрида 'Довиста' при выращивании с шириной междурядий 70 см и густотой 200 тыс. шт./га – 40,8 тыс. м²/га, а у гибрида 'Гулливёр' соответственно 38,0 тыс. м²/га. Содержание суммы хлорофиллов *a* и *b* в фазе выбрасывания метелки в среднем: для гибрида 'Довиста' – 9,0 без применения регулятора роста и 9,3 мг/кг сухого вещества с применением препарата Вымпел 2, а у гибрида 'Гулливёр' – 8,9 и 9,5 мг/кг соответственно. Максимальные показатели накопления сухого вещества единицей площади листовой поверхности были при норме высева 250 тыс. шт./га и ширине междурядий 45 см и обработке семян стимулятором роста Вымпел 2. При таких условиях растения гибрида 'Довиста' формировали 6,6 г/м², а 'Гулливёр' – 10,9 г/м² в сутки сухого вещества. Максимальные значения КПД ФАР были получены при выращивании растений сорго сахарного с нормой высева 250 тыс. шт./га, применении стимулятора роста Вымпел 2 и ширине междурядий 45 см у гибрида 'Довиста' – 5,2 %, у гибрида 'Гулливёр' – 4,7 %.

Ключевые слова: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench.; густота растений; ширина междурядий; содержание хлорофилла; площадь листовой поверхности; чистая продуктивность фотосинтеза; КПД ФАР.

UDC 631.81.620.952

Muzyka, O. V. (2018). Photosynthetic parameters of sugar sorghum hybrids depending on the row spacing, seeding rate and processing by the growth regulator in the conditions of the Central Forest Steppe of Ukraine. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 154–169. [in Ukrainian]

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna Str., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: olgamuzyka1224@ukr.net

Purpose. To study the efficiency of growing different hybrids of sugar sorghum with the use of the growth regulator Vypmel 2 for pre-sowing seed treatment and use of vegetation in complex combination with row spacing and crop density factors. **Methods.** In the experiment, hybrids of 'Dovista' and 'Hulliver' sorghum sows were studied, which were sown with row spacings of 45 and 70 cm with densities of 150, 200 and 250 thousand units/ha. Reference materials for the north-climatic region were used to determine the utilization rate of the FAR. For the Kyiv region, the average monthly FAR revenue is 30.2 in May, June – 32.3, July – 32.3, August – 27.2, September – 19.3 kJ/cm². **Results.** The maximum area of leaf surface in the experiment was in the phase of milk ripeness of sorghum grain. Thus, plants of the hybrid 'Dovista' formed at the level of 42.2–50.6 thousand m²/ha, and in the hybrid 'Hulliver' respectively 43.2–51.6 thousand m²/ha. In the milky ripeness phase of the sorghum, the effect of the growth promoter on plant growth and development decreased and the main difference in leaf area was on variants with a density of 200 thousand units/ha. Thus, in comparison with the control, in the hybrid 'Dovista' for growing with a row spacing of 45 cm the difference was 4.2 thousand m²/ha, and for the row spacing of 70 cm – 2.1 thousand m²/ha, and in the hybrid 'Hulliver' respectively 1.8 and 0.2 thousand m²/ha. With increasing plant seeding rate, there was an increase in chlorophyll *b* according to the variants of the experiment. In general, its content increased during treatment with the drug Vypmel 2 in the context of the amount of chlorophylls in proportion to the increase in the content of chlorophyll *a*. however, in the control variants of the 'Dovista' hybrid, between 45 cm in width and a plant density increase from 150 to 250 thousand units/ha, the content of chlorophyll *b* sorghum leaves increased from 2.4 to 2.7 mg/kg of dry matter, and at a row spacing of 70 cm, respectively, from 2.5 to 2.8 mg/kg of dry matter. Similarly, for the 'Hulliver' hybrid, 45 cm row spacing and plant density increase from 150 to 250 thousand units/ha, chlorophyll *b* content increased from 2.2 to 2.7 mg/kg of dry matter and 70 cm row spacing from 2.5 to 2.9 mg/kg of dry matter, respectively. At the stage of going to the tube, the efficiency of accumulation of dry matter by the photosynthetic apparatus of sorghum averaged 3.81 g/m² per day in the experiment, and here the hybrid 'Dovista' formed 3.78 g/m² per day, and 'Hulliver' – 3.84 g/m² per day of dry matter. For the cultivation of sorghum plants of both hybrids under study with a seeding rate of 200–250 thousand units/ha and seed treatment with a

stimulator of growth Vympel 2, we obtained maximum values of the efficiency of the headlamp. Thus, for the row spacing of 45 cm in the hybrid 'Dovista', this value was at the level of 3.5%, and in the hybrid 'Hulliver' – 4.2 %. **Conclusions.** In the milky ripeness phase of sorghum grain with the use of the growth stimulator Vympel 2, the maximum leaf area area parameters in the experiment were formed into a 'Dovista' hybrid for growing with a row spacing of 70 cm and a density of 200 thousand pieces/ha – 40.8 thousand m²/ha, and in the hybrid 'Hulliver' respectively 38,0 thousand m²/ha. The content of the amount of chlorophylls a and b in the ejection phase of the average was: for hybrid 'Dovista' – 9.0 without the use of a growth regulator and 9.3 mg/kg of dry matter using the preparation Vympel 2, and in the hybrid 'Hulliver' – 8,9 and 9.5 mg/kg, respectively. It was found that the maximum dry matter accumulation per unit area of leaf area was at the sowing rate of 250 thousand units/ha and row spacing of 45 cm and seed treatment with a stimulator of growth Vympel 2. Under these conditions, the plant 'Dovista' formed 6.6 g/m² per day and 'Hulliver' – 10.9 g/m² per day of dry matter. The maximum FAR efficiency values were obtained for the cultivation of sugar sorghum plants with a sowing rate of 250 thousand units/ha and the use of a growth stimulant Vympel 2 and row spacing of 45 cm in the 'Dovista' hybrid – 5,2 %, and in the Hulliver hybrid – 4.7 %.

Keywords: *Sorghum saccharatum* (L.) Moench.; plant density; row width; chlorophyll content; leaf area; net photosynthesis performance; FAR efficiency.

Надійшла / Received 12.10.2018

Погоджено до друку / Accepted 28.11.2018

УДК 632.51:632.9

Особливості захисту посівів нуту від бур'янів та економічна ефективність його вирощування

Сміх В. М.

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

Мета. Розробити ефективний захист посівів нуту від присутності бур'янів, яка забезпечує отримання високої врожайності та є економічно й екологічно доцільною в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Досліди закладали за наступною схемою: фактор А (захист від бур'янів): 1. Чистий контроль; 2. Забур'янений контроль; 3. Фабіан, в.д.г. 0,1 кг/га; 4. Базагран, в.р. – 2,5 л/га; 5. Рейсер, к.е. 2,0 л/га. Фактор Б (норма висіву): Норма висіву, тис. шт./га – 500; 600; 700. **Результати.** Досліджено що застосування гербіцидів Фабіан, в.д.г. та Базагран, в.р. (варіант 4, 5) не спричиняє зниження маси 1000 насінини, яка була на рівні 306–309 г за норми висіву 500 тис. шт./га та 293–301 г – за норми 600 тис. шт./га, тоді як на контрольному варіанті 310 і 306 г. Внесення гербіциду Фабіан, в.д.г. (вар. 3) суттєво не вплинуло на зниження урожайності нуту, різниця за норми висіву 500 і 600 тис. шт./га не перевищувала 0,1 т/га, що було в межах найменшої істотної різниці дослідів. Присутність бур'янів у посівах нуту знижує його біологічну урожайність за норми висіву насіння 600 тис. шт./га більш як у 9 разів, і інших варіантах ми не отримали повноцінний врожай взагалі, показник був на рівні відхилень найменшої істотної різниці. Встановлено, що загалом максимальний внесок в рівень формування продуктивності посівів культури вносили варіанти системи захисту нуту від бур'янів – 54,0 %, норма висіву впливала на 17,8 %, а от умови року визначали рівень урожайності насіння на 23,5 %. Встановлено що витрати на виробництво товарної продукції нуту в межах досліджуваних факторів варіюють від 21157 до 25300 грн/га, не враховуючи варіант забур'янений контроль,