

Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) залежно від строків сівби та глибини загорання насіння

Л. А. Правдива

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, e-mail: bioplant_@ukr.net

Lyudmyla Pravdyva

<https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>

Мета. Встановити оптимальні строки сівби та глибину загорання насіння сорго зернового сортів ‘Дніпровський 39’ та ‘Вінець’, обґрунтувати їхній вплив на фотосинтетичну продуктивність посівів в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, порівняльний, аналітичний, узагальнюючий, математично-статистичний. **Результати.** Найкращі результати фотосинтетичної продуктивності посівів сорго зернового отримано за сівби у I декаді травня (другий строк) на глибину загорання насіння 4–6 см. Відповідно, площа листкової поверхні за цих факторів у період «викидання волоті – цвітіння» сягала максимуму і дорівнювала 36,13–38,81 тис. м²/га у сорту ‘Дніпровський 39’ та 34,23–36,91 тис. м²/га у сорту ‘Вінець’. За сівби насіння у III декаді квітня (перший строк) за таких самих значень глибини загорання площа листкової поверхні у сортів була дещо меншою і становила 29,56–31,20 тис. м²/га у сорту ‘Дніпровський 39’ та 27,76–29,40 тис. м²/га у сорту ‘Вінець’. За сівби насіння у II декаді травня (третій строк) площа листкової поверхні дорівнювала 30,68–32,92 тис. м²/га у сорту ‘Дніпровський 39’ та 29,08–31,32 тис. м²/га у сорту ‘Вінець’. Фотосинтетичний потенціал був найвищим у рослин сорго зернового за II строку сівби насіння та глибини загорання 4–6 см й дорівнював 1,27 та 1,34 млн м²/га у сорту ‘Дніпровський 39’ і 1,16 та 1,22 млн м²/га у сорту ‘Вінець’. За I строку сівби цей показник був дещо меншим і відповідно становив 1,18 та 1,23 млн м²/га у сорту ‘Дніпровський 39’ й 0,98 і 1,02 млн м²/га у сорту ‘Вінець’. За III строку сівби він був найменшим та у сорту ‘Дніпровський 39’ дорівнював

1,09 і 1,13 млн м²/га, у сорту 'Вінець' 0,88 і 0,93 млн м²/га за оптимальних значень глибини загортання насіння. За глибини загортання насіння 2 та 8 см фотосинтетичний потенціал був нижчим, що пояснюють різними ґрунтово-кліматичними умовами у певний період розвитку рослин сорго. Найбільше значення показника чистої продуктивності фотосинтезу було отримано за сівби насіння в оптимальні строки та за оптимальної глибини загортання насіння і становило у сорту 'Дніпровський 39', відповідно, 3,84–4,02 г/м² за добу, у сорту 'Вінець' 3,79–3,98 г/м² за добу. **Висновки.** Найкраще розвивались та формували фотосинтетичну продуктивність рослини сорго зернового за сівби насіння у першій декаді травня на глибину загортання 4–6 см, які й рекомендовано для вирощування даної культури в Правобережному Лісостепу України.

Ключові слова: продуктивність фотосинтезу; фази росту; площа листової поверхні.

Вступ

Сорго зернове (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) є однією з високопродуктивних сільськогосподарських культур, завдяки своїй широкій пристосованості і стійкості до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов порівняно з іншими харчовими культурами. Виникло і вирощується у культурі близько 5–8 тис. років назад в Африці, де винайшли найбільше різноманіття як культурного, так і дикого сорго [1, 2]. Характерною особливістю є відносна стійкість до посухи і спеки, що робить його ідеальним зерновим продуктом для споживання людиною і твариною в регіонах з екстремальними температурами та мінімальними опадами, особливо в посушливих регіонах [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Сорго зернове – це рослина типу C₄ з високою фотосинтетичною здатністю та властивим високим потенціалом урожайності. Високий рівень стійкості до високих температур, а також адаптація до низької родючості ґрунту роблять цю культуру дедалі актуальнішою для забезпечення продовольчої безпеки у зв'язку зі зміною клімату [9, 10, 11].

Одним з основних питань у наукових дослідженнях є максимальне накопичення рослинами в процесі фотосинтезу органічної речовини, що визначає їхню продуктивність [12].

За даними Р. М. Василенка [13] на півдні України найінтенсивніше формували чисту продуктивність фотосинтезу рослини сорго, висіяні у III декаді квітня без зрошення та у II декаді травня на зрошенні.

У дослідженнях, проведених в південному регіоні, М. О. Бойко [14] зазначав, що найкраще формувався листковий апарат у гібридів сорго зернового за раннього строку сівби – I декада травня.

Асиміляційна площа листкової поверхні – це доволі мобільний показник фотосинтетичної діяльності сільськогосподарських рослин, який значно змінюється під впливом різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а саме: вологозабезпеченості, температурного режиму та інших елементів технології вирощування [15].

Відомо, що від асиміляційної листкової поверхні та фотосинтетичної продуктивності залежить врожайність досліджуваної культури. І найвищою вона може бути, якщо листкова поверхня рослин буде максимальною, і як наслідок, сприятиме кращому процесу фотосинтезу. Загалом, ці показники залежать від багатьох факторів, одними з них є строки сівби та глибина загортання насіння, визначення яких покращить діяльність фотосинтезу агроценозів сорго зернового. Подібні дослідження в зоні Правобережного Лісостепу України не проводили, тому їхнє вивчення є актуальним.

Мета досліджень – встановити оптимальні строки сівби та глибину загортання насіння сорго зернового сортів ‘Дніпровський 39’ та ‘Вінець’, обґрунтувати їхній вплив на фотосинтетичну продуктивність посівів в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в 2016–2019 роках у зоні нестійкого зволоження в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний крупнопилувато-середньосуглинкового гранулометричного складу. Карбонати магнію і кальцію залягають на глибині 55–65 см. Орний шар (0–30 см) містить близько 17% мулуватих частинок та від 46 до 54 % крупного пилу. Агрофізичні й агрохімічні властивості орного шару ґрунту (0–30 см) характеризуються такими показниками: гумусу – 3,5%, загального азоту – 0,31%; легкогідролізованого азоту (N) – 13,4 мг, P₂O₅ – 27,6 мг, K₂O – 9,8 мг на 100 г ґрунту; гідролітична кислотність – 2,41 мг-екв. Ступінь насиченості основами – 90%.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень у Правобережному Лісостепу України були сприятливими для вирощування сорго зернового.

У досліді вивчали сорти: ‘Дніпровський 39’, ‘Вінець’; строки сівби: 1) III декада квітня – температура ґрунту 5–6 °С на глибині 10 см, 2) I декада травня – температура ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см, 3) II декада травня – температура ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см; глибина загортання насіння: 2; 4; 6; 8 см.

Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 25 м². Дослід закладали за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти дослідів розміщували по ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова.

Площу листкової поверхні та чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методикою А. А. Ничипоровича [16].

Характеристика досліджуваних сортів [17].

‘Дніпровський 39’ – оригінатор: Синельниківська СДС ДУ ІЗК, Інститут зернових культур НААНУ. Ранньостиглий, занесений до Реєстру сортів рослин України з 2000 року. Рекомендують для вирощування на зерно. Потенційна урожайність 6–7 т/га.

‘Вінець’ – оригінатор: Генічеська ДС ДУ ІЗК НААНУ. Ранньостиглий. Занесений до Реєстру сортів рослин України з 2004 року. Напрямок використання – на зерно, зернокармівний. Врожайність зерна – до 4–6 т/га (на незрошуваних землях).

Сорти жаро- та посухостійкі, середньо пошкоджуються злаковими попелицями. Добре реагують на зрошення та високий агрофон.

Результати досліджень

Продуктивність фотосинтезу рослин визначають два головних показники: сумарна площа листової поверхні та інтенсивність фотосинтетичних процесів на одиницю площі листків [15, 18].

Вплив строків сівби і глибини загорання насіння сорго зернового на фотосинтетичну продуктивність в умовах Правобережного Лісостепу України практично не вивчено [19], лише на півдні України вивченням цих питань займались: М. О. Бойко [20], який рекомендує здійснювати сівбу за температури ґрунту на глибині загорання насіння 8–10 °С, тому що було отримано найвищу продуктивність і відповідно вищі фотосинтетичні показники сорго (індекс листової поверхні тощо); дослідження Р. М. Василенка [13] показали, що найкраща фотосинтетична продуктивність сорго зернового отримана за сівби насіння у III декаді квітня: при цьому площа листової поверхні становила 28,4 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – 1,13 млн м² діб/га, чиста продуктивність – 3,7 г/м²/га, сівба у першій та другій декаді травня знижувала ці показники.

Результати досліджень показали, що динаміка площі листової поверхні різнилась на всіх етапах росту та розвитку рослин залежно від сортових особливостей, строків сівби та глибини загорання насіння (табл. 1). Максимальна площа листової поверхні спостерігалась у період «викидання волоті–цвітіння» за сівби насіння, коли температура ґрунту на глибині 10 см становила 12–14 °С (I декада травня) і за глибини загорання 4–6 см. У цей період рослини сорго зернового були добре забезпечені теплом і вологою.

Таблиця 1

Площа листової поверхні рослин сорго зернового залежно від сортових особливостей, строків сівби та глибини загорання насіння, тис. м²/га (середнє за 2016–2019 рр.)

Сорти	Строки сівби*	Глибина загорання насіння, см	Фази росту та розвитку рослин				
			кущіння	вихід у трубку	викидання волоті–цвітіння	воскова стиглість	повна стиглість
'Дніпровський 39'	I	2	7,42	22,42	27,86	15,42	3,61
		4	7,56	23,15	29,56	17,12	4,39
		6	7,69	24,25	31,20	17,93	4,81
		8	7,24	22,08	26,76	14,10	4,02
	II	2	8,35	26,73	33,21	17,21	5,93
		4	8,67	28,35	36,13	19,14	6,36
		6	8,96	30,48	38,81	20,48	7,81
		8	8,54	27,16	32,79	17,32	6,0
	III	2	7,78	24,39	28,50	15,26	4,89
		4	7,93	25,77	30,68	16,11	5,72
		6	8,22	26,11	32,92	16,67	5,89
		8	7,80	25,34	29,23	15,69	5,0
'Вінець'	I	2	7,10	21,12	26,06	14,33	3,17
		4	7,43	22,36	27,76	14,92	3,84
		6	7,51	22,98	29,40	15,17	4,26
		8	7,05	20,79	24,96	14,21	3,11
	II	2	8,17	25,13	31,51	15,69	4,99
		4	8,36	25,95	34,23	16,27	5,74
		6	8,74	26,48	36,91	17,56	6,56
		8	8,21	25,64	30,89	16,04	5,27
	III	2	7,43	23,54	26,90	14,10	3,74
		4	7,79	24,56	29,08	14,96	4,51
		6	7,85	24,91	31,32	15,47	5,06
		8	7,56	24,01	27,63	15,03	4,65

НІР₀₅ (викидання волоті–цвітіння): А – 1,55; В – 1,26; С – 1,09; АВ – 0,89; АС – 0,77; ВС – 0,63; АВС – 2,19

*I–III декада квітня – температура ґрунту 5–6 °С на глибині 10 см,

II–I декада травня – температура ґрунту 12–14 °С на глибині 10 см,

III–II декада травня – температура ґрунту 16–18 °С на глибині 10 см

За сівби насіння у першій декаді травня (другий строк сівби) та глибини загорання 4–6 см площа листової поверхні була найбільшою і у сорту 'Дніпровський 39' дорівнювала 36,13–38,81 тис. м²/га, у сорту 'Вінець' – 34,23–36,91 тис. м²/га. Рослини першого та третього строків сівби мали дещо меншу площу листової поверхні, що пояснюють нестачею тепла у першому випадку та нестачею вологи у другому.

За глибини загорання насіння 2 та 8 см площа листової поверхні була дещо меншою за оптимальну глибину (4–6 см) у всіх варіантах досліджень. За

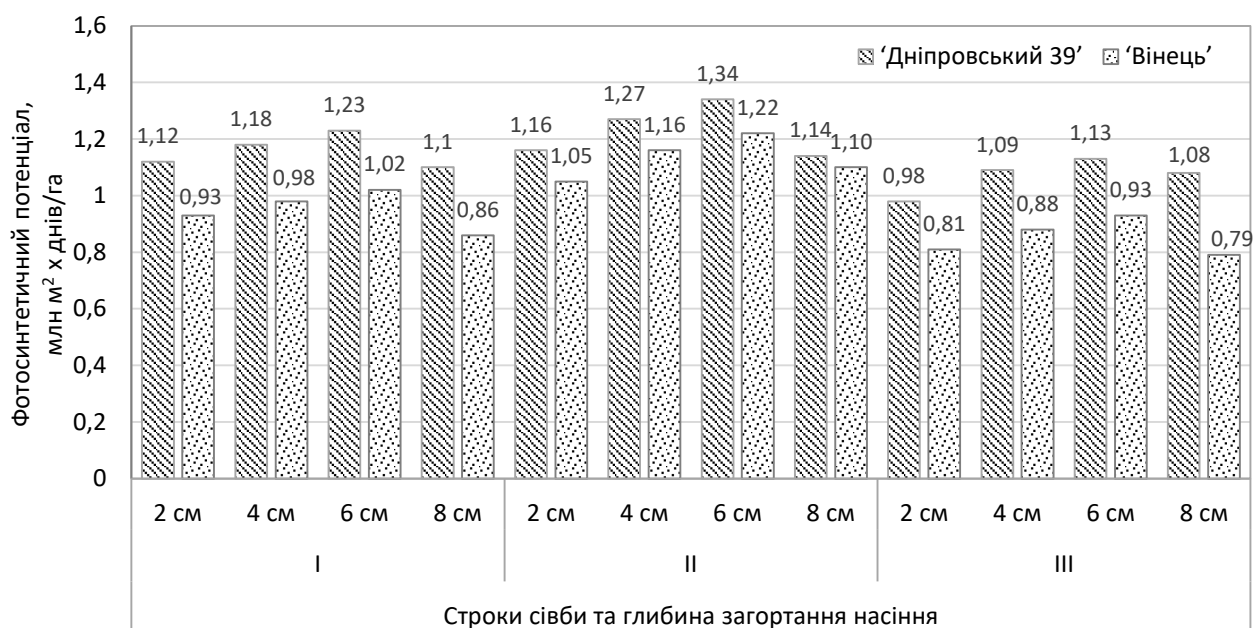
сівби насіння у першій декаді травня у сорту 'Дніпровський 39' становила 33,21 та 32,79 тис. м²/га, у сорту 'Вінець' 31,51 та 30,89 тис. м²/га, відповідно (табл. 1).

Слід зазначити, що динаміка наростання площі листової поверхні характеризувалась певною закономірністю, а саме: від появи сходів асиміляційна поверхня листків сорго зернового збільшувалась повільно, потім інтенсивніше до припинення утворення бічних пагонів і стеблуння, сягаючи максимуму у період викидання волоті–цвітіння. Починаючи з фази молочної стиглості до повної стиглості зерна відбувалось інтенсивне пожовтіння і відмирання листків нижніх ярусів, унаслідок чого площа листової поверхні зменшувалась.

Велике значення для продуктивного використання сонячної енергії мала не тільки величина площі листової поверхні сорго зернового, а й кількість діб її активної діяльності. Тому використовували такий показник як фотосинтетичний потенціал, який означає сумарну листову поверхню, що брала участь у фотосинтезі, від початку вегетації до закінчення фотосинтетичної продуктивності.

Найвищий фотосинтетичний потенціал (рис. 1) спостерігали у рослин сорго зернового за другого строку сівби насіння та глибини загортання 4–6 см. Він дорівнював 1,27 та 1,34 млн м²/га у сорту 'Дніпровський 39' і 1,16 та 1,22 млн м²/га у сорту 'Вінець'.

За першого строку сівби цей показник був дещо меншим і, відповідно, становив 1,18 та 1,23 млн м²/га у сорту 'Дніпровський 39' та 0,98 і 1,02 млн м²/га у сорту 'Вінець'. За третього строку сівби він був найменшим і у сорту 'Дніпровський 39' дорівнював 1,09 і 1,13 млн м²/га, у сорту 'Вінець' – 0,88 і 0,93 млн м²/га за оптимальних значень глибини загортання насіння.



НІР₀₅: А – 0,07; В – 0,06; С – 0,05; АВ – 0,04; АС – 0,03; ВС – 0,02; АВС – 0,10

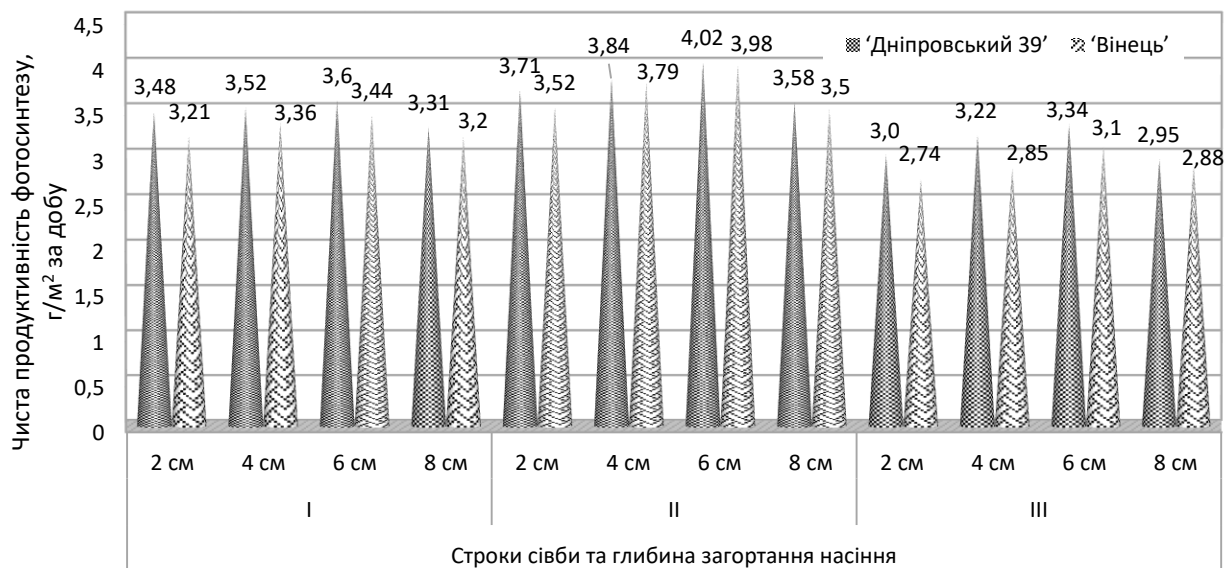
Рис. 1. Фотосинтетичний потенціал рослин сорго зернового сортів 'Дніпровський 39' та 'Вінець' залежно від строків сівби та глибини загорання насіння, млн м²/га (середнє за 2016–2019 рр.)

За глибини загорання насіння 2 та 8 см фотосинтетичний потенціал був нижчим відповідно до строків сівби, що пояснюють різними ґрунтово-кліматичними умовами у певний період розвитку рослин сорго зернового. Так, за першого строку він становив у сорту 'Дніпровський 39' – 1,12 та 1,1 млн м²/га, у сорту 'Вінець' – 0,93 та 0,86 млн м²/га; за третього строку у сорту 'Дніпровський 39' – 0,98 та 1,08 млн м²/га, у сорту 'Вінець' – 0,81 та 0,79 млн м²/га, відповідно.

Основним показником, що характеризує інтенсивність фотосинтезу посівів і являє собою кількість сухої маси рослин в грамах, що синтезує 1 м² листової площі за добу є чиста продуктивність фотосинтезу.

Найвищу продуктивність роботи чистої продуктивності фотосинтезу асиміляційного апарата рослин сорго зернового обох сортів було відмічено за другого строку сівби та глибини загорання насіння 4–6 см. Вона становила у сорту 'Дніпровський 39' – 3,84–4,02 г/м² за добу, у сорту 'Вінець' – 3,79–3,98 г/м²

за добу (рис. 2).



НІР₀₅: А – 0,09; В – 0,07; С – 0,06; АВ – 0,05; АС – 0,04; ВС – 0,03; АВС – 0,13

Рис. 2. Чиста продуктивність фотосинтезу рослин сорго зернового сортів 'Дніпровський 39' та 'Вінець' залежно від строків сівби та глибини загортання насіння, г/м² за добу (середнє за 2016–2019 рр.)

На інших варіантах дослідження відбувалося зменшення чистої продуктивності фотосинтезу. Так, за першого строку сівби насіння чиста продуктивність фотосинтезу дорівнювала у сорту 'Дніпровський 39' за глибини загортання насіння 2 см – 3,48 г/м² за добу, 4 см – 3,52 г/м² за добу, 6 см – 3,60 г/м² за добу та 8 см – 3,31 г/м² за добу. У сорту 'Вінець', відповідно, 3,21; 3,36; 3,44 та 3,20 г/м² за добу. За третього строку сівби чиста продуктивність була значно меншою і становила у сорту 'Дніпровський 39' за глибини загортання насіння 2 см – 3,00 г/м² за добу, 4 см – 3,22 г/м² за добу, 6 см – 3,34 г/м² за добу та 8 см – 2,95 г/м² за добу. У сорту 'Вінець', відповідно, 2,74; 2,85; 3,10 та 2,88 г/м² за добу.

Було встановлено частку впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу рослин сорго зернового (рис. 3).

Значно впливала на чисту продуктивність фотосинтезу рослин сорго зернового глибина загортання насіння – 29,7%, дещо менше – строки сівби – 14,7%, частка впливу сортових особливостей становила 5,3%, фактору року –

12,8%. Взаємодія факторів у сумі складала 37,5%. Факторам, що не досліджувались, належало 8,5%.

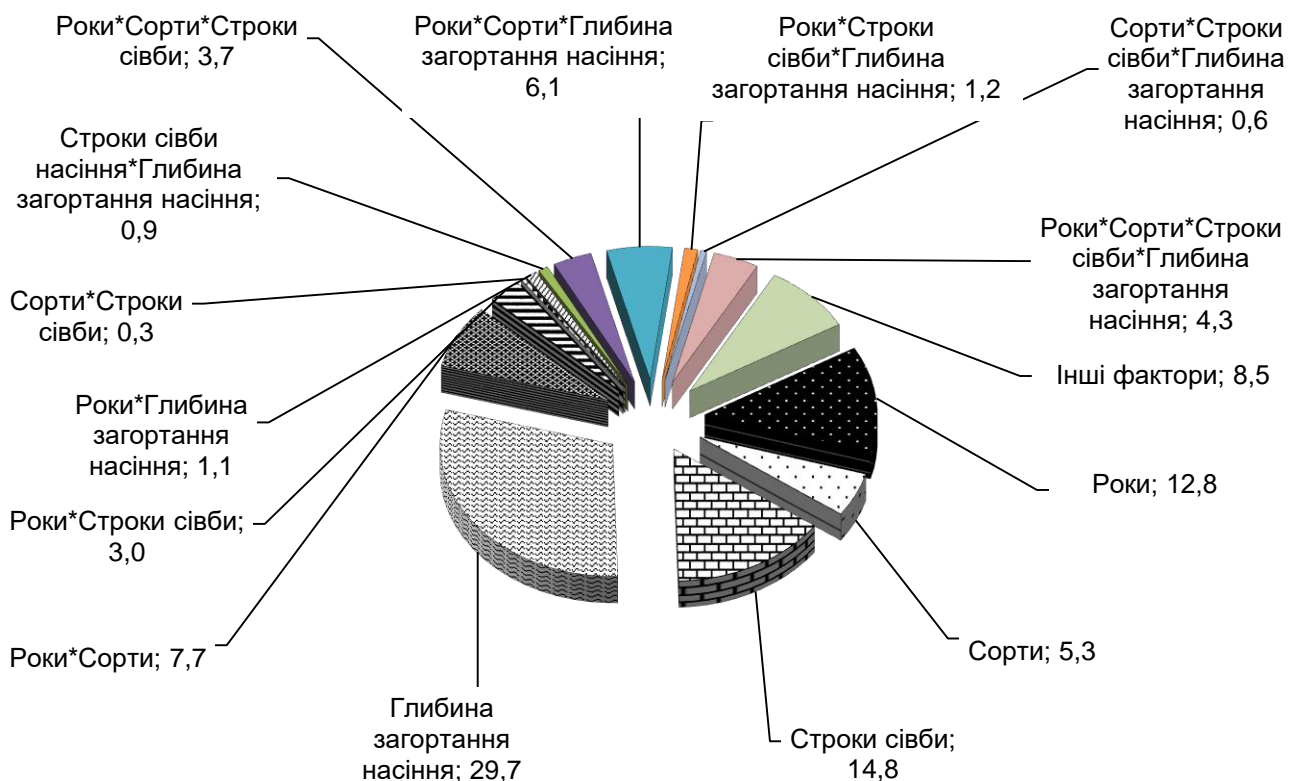


Рис. 3. Частка впливу досліджуваних факторів на чисту продуктивність фотосинтезу, % (середнє за 2016–2019 рр.)

Отже, визначення оптимальних елементів технології вирощування сорго зернового, які застосовують з метою підвищення продуктивності, є ефективним за умови, якщо забезпечується швидкий ріст і розвиток площі листкової поверхні рослин, підвищується продуктивність фотосинтезу, листки якнайдовше зберігаються в активному стані впродовж вегетаційного періоду, що сприяє кращому використанню продуктивності фотосинтезу для інтенсивного росту та розвитку генеративних органів рослин і накопичення в них великої кількості якісних органічних речовин, які є основними складовими врожайності культури.

Висновки

Дуже рання та пізня сівба сорго зернового призвела до зменшення площі листкової поверхні рослин порівняно з другим строком сівби, коли температура

грунту на глибині загортання насіння прогрівалась до 12–14 °С. Із збільшенням площі листової поверхні та тривалості вегетації збільшувався показник фотосинтетичного потенціалу і формувались кращі умови для розвитку генеративних органів рослин та отримання високої продуктивності сорго зернового. Чиста продуктивність фотосинтезу сягала максимуму в час інтенсивного наростання листової поверхні рослин та надземної маси, що припадало на міжфазний період «викидання волоті–цвітіння».

Рекомендуємо сіяти сорго зернове в Правобережному Лісостепу України у першій декаді травня із глибиною загортання насіння 4–6 см, тому що за таких умов отримано максимальні значення фотосинтетичної продуктивності культури, які сприяли збільшенню врожайності.

Використана література

1. Dossou–Aminon I., Loko Y. L., Adjatin A. et al. “Diversity, genetic erosion and farmer's preference of sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growing in North–Eastern Benin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2014. Vol. 3, Iss.10. P. 531–552.

2. Kimber C. T., Smith C. W., Frederiksen R. A. Eds. Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. *Sorghum Origin, History, Technology and Production*. 2003. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. P. 3–98.

3. Dossou–Aminon I., Loko Y. L., Adjatin A., Eben–Ezer B., Ewédjè K., Dansi A., Rakshit S., Cissé N., et al. Genetic Divergence in Northern Benin Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Landraces as Revealed by Agromorphological Traits and Selection of Candidate Genotypes. *The Scientific World Journal*. Vol. 2015. Article ID 916476, 10 pages. doi.org/10.1155/2015/916476.

4. Orr A., Gierend M., Swamikannu N. Sorghum and Millets in Eastern and Southern Africa: Facts, Trends and Outlook, Working Paper. ICRISAT, Patancheru, Telangana, India. 2016. doi.org/10.13140/RG.2.1.5154.5205.

5. Ratnavathi C. V., Komala V. V., Kumar B. S., Das I. K., Patil J. V. Natural occurrence of aflatoxin B₁ in sorghum grown in different geographical regions of India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 92, Iss.12. P. 2416–2420.
6. Saleh A. S. M., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. Vol. 12, Iss. 3. P. 281–295.
7. Kumar A. A., Anuradha K., Ramaiah B., Grando S., Rattunde W., Frederick H., Virk P., Pfeiffer W. H. Recent advances in sorghum bio fortification research. *Plant Breeding Review*. 2015. Vol. 39. doi.org/10.1002/9781119107743.ch03.
8. Andrzejewski B., Eggleston G., Lingle S., Powell R. Development of a sweet sorghum juice clarification method in the manufacture of industrial feed stocks for value-added fermentation products. *Industrial Crops and Products*. 2013. Vol. 44, P. 77–87.
9. Abdelhalim T. S., Kamal N. M., and Amro B. H. Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Food Science & Nutrition*. 2019. Apr; 7(4): P. 1529–1539. doi: 10.1002/fsn3.1002.
10. Кух М. В., Яланський О.В. Перспективи вирощування Сорго зернового в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету* 2011. Вип. 19. С. 112–116.
11. Гринюк І. П. Фотосинтетична продуктивність соргових культур у Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія : Агрономія. 2013. Вип. 183(2). С. 104-109
12. Герасименко Л. А. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на фотосинтетичну продуктивність посівів сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.). *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 4. С. 73–76.

13. Василенко Р. М. Фотосинтетична продуктивність сорго зернового залежно від умов зволоження на півдні України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 2. С. 46–50

14. Бойко М. О. Формування асиміляційного апарату гібридів сорго зернового в залежності від строків сівби та густоти посівів. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*, 2017. Вип. 97. С. 18 – 22.

15. Синягин И. И. Площадь питания растений. М.: Россельхозиздат, 1975. 384 с.

16. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 7–33.

17. Науково-методичні рекомендації. Каталог сортів та гібридів лабораторії селекції соргових культур. Дніпро: Інститут зернових культур НААН України, 2017. 34 с.

18. Овчинников Н. Н., Шиханова Н. М. Фотосинтез. М.: Просвещение, 1972. 166 с.

19. Овсієнко І.А. Особливості формування урожайності зерна сорго залежно від строків сівби. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 1. С. 21–28.

20. Бойко М.О. Агробіологічне обґрунтування елементів технології вирощування гібридів сорго зернового в південному Степу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09 / Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2017. 230 с.

References

1. Dossou–Aminon, I., Loko, Y. L., Adjatin, A. et al. (2014). Diversity, genetic erosion and farmer's preference of sorghum varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growing in North–Eastern Benin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 3, no. 10, pp. 531–552.

2. Kimber, C. T., Smith, C. W., Frederiksen, R. A. Eds. (2003). Origin of domesticated sorghum and its early diffusion to India and China. *Sorghum Origin*,

History, Technology and Production. John Wiley & Sons, New York, NY, USA. P. 3–98.

3. Dossou–Aminon, I., Loko, Y. L., Adjatin, A., Eben–Ezer, B., Ewédjè, K., Dansi, A., Rakshit, S., Cissé, N., et al. (2015). Genetic Divergence in Northern Benin Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Landraces as Revealed by Agromorphological Traits and Selection of Candidate Genotypes. *The Scientific World Journal*. Article ID 916476, 10 pages. doi.org/10.1155/2015/916476.

4. Orr, A., Gierend, M., Swamikannu, N. (2016). Sorghum and Millets in Eastern and Southern Africa: Facts, Trends and Outlook, Working Paper. ICRISAT, Patancheru, Telangana, India. doi.org/10.13140/RG.2.1.5154.5205.

5. Ratnavathi, C. V., Komala, V. V., Kumar, B. S., Das, I. K., Patil, J. V. (2012). Natural occurrence of aflatoxin B₁ in sorghum grown in different geographical regions of India. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (12), 2416–2420.

6. Saleh, A. S. M., Zhang, Q., Chen, J., Shen, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3), 281–295.

7. Kumar, A. A., Anuradha, K., Ramaiah, B., Grando, S., Rattunde, H. F., W., Virk, P., & Pfeiffer, W. H. (2015). Recent advances in sorghum bio fortification research. *Plant Breeding Review*, 39, 89 10.1002/9781119107743.ch03.

8. Andrzejewski, B., Eggleston, G., Lingle, S., Powell, R. (2013). Development of a sweet sorghum juice clarification method in the manufacture of industrial feed stocks for value–added fermentation products. *Industrial Crops and Products*, 44, 77–87.

9. Abdelhalim, T. S., Kamal, N. M., and Amro, B. H. (2019). Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Food Science & Nutrition*, 7(4), 1529–1539. doi: 10.1002/fsn3.1002.

10. Kukh M. V., Yalanskyi O.V. (2011). Perspektyvy vyroshchuvannia Sorho zernovoho v umovakh pivdenno–zakhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Prospects for growing Sorghum grain in the south-western part of the Forest-Steppe of Ukraine].

Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnogo ahrarno-tekhnicnogo universytetu.
Vyp. 19. S. 112–116. [in Ukrainian].

11. Hryniuk I. P. (2013). Fotosyntetychna produktyvnist sorhovykh kultur u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Photosynthetic productivity of sorghum crops in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia : Ahronomiia.* Vyp. 183 (2). S. 104–109. [in Ukrainian].

12. Herasymenko, L. A. (2014). Vplyv strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia na fotosyntetychnu produktyvnist posiviv sorho tsukrovoho (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) [Influence of seeding time and depth on the photosynthetic productivity of sweet sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) plantings]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn,* 4, 73–76. [in Ukrainian].

13. Vasylenko R. M. (2018). Fotosyntetychna produktyvnist sorho zernovoho zalezho vid umov zvolozhennia na pivdni Ukrainy. [Photosynthetic productivity of grain sorghum depending on humidification conditions in the south of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia.* Vyp. 2. 46–50. [in Ukrainian].

14. Boiko M. O. (2017). Formuvannia asymiliatsiinoho aparatu hibrydiv sorho zernovoho v zalezhnosti vid strokiv sivby ta hustoty posiviv. [Formation of the assimilation apparatus of grain sorghum hybrids depending on sowing dates and crop density]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky.* Vyp. 97, 18-22. [in Ukrainian].

15. Syniahyn, Y. Y. (1975). Ploshchad pytanyia rastenyi [Plant nutrition area]. M.: Rosselkhozyzdat. [in Russian]

16. Nychporovych, A. A. (1982). Fyzyolohyia fotosynteza y produktyvnost rastenyi. Fyzyolohyia fotosynteza [Physiology of photosynthesis and plant productivity. Physiology of photosynthesis]. M.: Nauka. [in Russian]

17. Cherenkov A.V., Cherchel V.Iu., Dziubetskyi B.V., Yalanskyi O.V., Herasymenko L.A. ta in. (2017). Naukovo-metodychni rekomendatsii. Kataloh sortiv ta hibrydiv laboratorii selektsii sorhovykh kultur [Scientific and methodical

recommendations. Catalog of varieties and hybrids of the laboratory for selection of sorghum crops]. Dnipro. Instytut zernovykh kultur NAAN Ukrainy. [in Ukrainian].

18. Ovchynnykov, N. N., Shykanova, N. M. (1972). Fotosynteza [Photosynthesis]. M.: Prosveshchenye. [in Russian]

19. Ovsienko I.A. (2015). Osoblyvosti formuvannya urozhainosti zerna sorho zalezhno vid strokiv sivyby [Features of sorghum grain yield formation depending on sowing dates]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 1, 21–28. [in Ukrainian].

20. Boiko M.O. (2017). Ahrobiolohichne obgruntuvannya elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya hibrydiv sorho zernovoho v pivdennomu Stepu Ukrainy [Agrobiological substantiation of elements of technology of cultivation of hybrids of sorghum grain in the southern Steppe of Ukraine]: dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.09 / Khersonskiy derzhavnyi ahrarniy universytet», Kherson,. 230 s. [in Ukrainian].

УДК 633.174:631.5

Правдивая Л. А. Фотосинтетическая продуктивность посевов сорго зернового (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) в зависимости от сроков сева и глубины заделки семян

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

Цель. Установить оптимальные сроки сева и глубину заделки семян сорго зернового сортов ‘Дніпровський 39’ и ‘Вінець’, обосновать их влияние на фотосинтетическую продуктивность посевов в условиях Правобережной Лесостепи Украины. **Методы.** Полевой, лабораторный, сравнительный, аналитический, обобщающий, математически-статистический. **Результаты.** Наилучшие результаты фотосинтетической продуктивности посевов сорго зернового получены во время сева в I декаде мая (второй срок) на глубине заделки семян 4–6 см. Соответственно, площадь листовой поверхности в этих вариантах в период «выбрасывания метелки–цветения» достигала максимума и

составляла 36,13–38,81 тыс. м²/га у сорта ‘Дніпровський 39’ и 34,23 – 36,91 тыс. м²/га у сорта ‘Вінець’. При севе семян в III декаде апреля (первый срок) при вышеуказанных значениях глубины заделки площадь листовой поверхности у сортов была несколько меньше и составляла 29,56–31,20 тыс. м²/га у сорта ‘Дніпровський 39’ и 27,76–29,40 тыс. м²/га у сорта ‘Вінець’. При севе семян во II декаде мая (третий срок) площадь листовой поверхности составляла 30,68–32,92 тыс. м²/га у сорта ‘Дніпровський 39’ и 29,08–31,32 тыс. м²/га у сорта ‘Вінець’. Фотосинтетический потенциал был самым высоким в растениях сорго зернового во втором сроке сева семян на глубине заделки 4–6 см и составлял 1,27 и 1,34 млн м²/га у сорта ‘Дніпровський 39’ и 1,16 и 1,22 млн м²/га у сорта ‘Вінець’. В первом сроке сева этот показатель был несколько ниже и составлял 1,18 и 1,23 млн м²/га у сорта ‘Дніпровський 39’ и 0,98 и 1,02 млн м²/га у сорта ‘Вінець’, соответственно. В третьем сроке сева он был самым низким, у сорта ‘Дніпровський 39’ этот показатель составлял 1,09 и 1,13 млн м²/га, у сорта ‘Вінець’ – 0,88 и 0,93 млн м²/га при оптимальных значениях глубины заделки семян. На глубине заделки семян 2 и 8 см фотосинтетический потенциал был ниже, что объясняют различными почвенно-климатическими условиями в определенный период развития растений сорго. Наивысшее значение показателя чистой продуктивности фотосинтеза было получено при севе семян в оптимальные сроки и оптимальной глубине заделки семян и составляло 3,84–4,02 г/м² в сутки у сорта ‘Дніпровський 39’ и 3,79–3,98 г/м² в сутки у сорта ‘Вінець’, соответственно. **Выводы.** Лучше развивались и формировали фотосинтетическую продуктивность растения сорго зернового во время сева семян в первой декаде мая на глубине заделки 4–6 см, которые и рекомендованы для выращивания данной культуры в Правобережной Лесостепи Украины.

Ключевые слова: продуктивность фотосинтеза; фазы роста; площадь листовой поверхности.

Pravdyva L. A. (2020). Crop photosynthetic capacity of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) depending on sowing time and planting depth.

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

Purpose. To establish the optimal sowing time and depth of grain sorghum seeds of the ‘Dniprovsky 39’ and ‘Vinets’ varieties, to prove their effect on the crop photosynthetic capacity in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, comparative, analytical, generalizing, mathematical and statistical. **Results.** It has been proved that the best results of crop photosynthetic capacity of grain sorghum were obtained by sowing in the first decade of May (the second sowing period) at a seed placement depth of 4–6 cm. Accordingly, the leaf surface area in these variants reached a maximum during the “panicle-blooming” period and equated 36.13–38.81 thousand m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 34.23–36.91 thousand m²/ha for the ‘Vinets’ variety. By sowing seeds in the third decade of April (the first sowing period) at the planting depth values described above the leaf surface area of the varieties was slightly smaller and amounted to 29.56–31.20 thousand m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 27.76–29.40 thousand m²/ha for the ‘Vinets’ variety. By sowing seeds in the second decade of May (the third sowing period), the leaf surface area was 30.68–32.92 thousand m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 29.08–31.32 thousand m²/ha for the ‘Vinets’ variety. The highest photosynthetic potential was obtained for the grain sorghum plants in the second sowing period at the seeding depth of 4–6 cm and was 1.27 and 1.34 million m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 1.16 and 1.22 million m²/ha for the variety ‘Vinets’. In the first sowing period, this indicator was slightly lower and amounted to 1.18 and 1.23 million m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 0.98 and 1.02 million m²/ha for the ‘Vinets’ variety respectively. In the third sowing period, it was the smallest one and equated 1.09 and 1.13 million m²/ha for the ‘Dniprovsky 39’ variety, and 0.88 and 0.93 million m²/ha for the ‘Vinets’ variety at the optimal seed placement depth. The photosynthetic potential was lower at the seed placement depth of 2 and 8 cm, which is explained by

the different soil and climatic parameters during a certain period of sorghum plant vegetation. The highest value of the photosynthetic capacity net indicator was obtained by sowing seeds at the optimal time and the optimal seed placement depth and it equated 3.84–4.02 g/m² per day for the ‘Dniprovsky 39’ variety and 3.79 – 3.98 g/m² per day for the ‘Vinets’ variety. **Conclusions.** It has been established that the grain sorghum plants had better vegetation and formed photosynthetic capacity by sowing seeds in the first decade of May at the planting depth of 4–6 cm, which we recommend for growing this crop in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: *productivity of photosynthesis; growth phase; leaf surface area.*