

УДК 633.863.2:631.5

Фотосинтетична діяльність посівів сафлору красильного залежно від елементів технології вирощування

 С. М. Каленська*, Н. Ю. Гордина

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

Мета. Установити особливості формування фотосинтетичних показників сортів сафлору красильного залежно від впливу елементів технології вирощування – ширини міжряддя та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження виконували впродовж 2021–2023 рр. в умовах Агрономічної дослідної станції НУБіП України на чорноземах типичних малогумусних. Схема трифакторного польового дослідження передбачала вивчення впливу таких факторів: фактор А – сорт: ‘Добриня’ та ‘Сонячний’; фактор В – ширина міжряддя: 19, 38 та 57 см; фактор С – норма висіву: 100, 200 та 300 тис. схожих насінин/га. **Результати.** Площа листової поверхні сафлору красильного зростала у міру збільшення ширини міжряддя й норми висіву, що підкреслює важливість оптимізації розташування рослин у полі як складника ефективного фотосинтезу та подальшого формування врожаю. Зокрема, на час цвітіння в сорту ‘Добриня’ площа листя становила 32,7, а в ‘Сонячний’ – 31,2 тис. м²/га, сорти загалом різнилися на 1,5 тис. м²/га, що перевищувало значення найменшої істотної різниці по досліді. При цьому визначено, що середня площа листя, за вирощування з міжряддям 19 см, була 30,7 тис. м²/га, а підвищення ширини міжряддя до 38 см сприяло утворенню 31,4 тис. м²/га, що на 0,6 тис. м²/га більше попереднього варіанту. За ширини міжряддя 57 см посіви мали площу листя 33,8 тис. м²/га, що на 3,1 тис. м²/га більше, ніж за міжряддя 19 см. Норма висіву насіння також впливала на формування листової поверхні й за норми висіву 100 тис. шт./га її площа становила 31,0 тис. м²/га, а за норм 200 і 300 тис. шт./га була більшою на 1,50 та 1,53 тис. м²/га відповідно. У фазі бутонізації найвищий вміст суми хлорофілів у рослинах сафлору красильного відзначено у варіантах із шириною міжряддя 38 см та нормами висіву 200 та 300 тис. шт./га: сорт ‘Добриня’ – 5,21 та 5,24, ‘Сонячний’ – 5,19 та 5,22 мг/г сухої речовини відповідно. **Висновки.** Найвищі параметри фотосинтетичного потенціалу отримано за вирощування культури з шириною міжряддя 57 см та норм висіву 200 і 300 тис. шт./га: сорт ‘Добриня’ в період бутонізації – цвітіння – 0,89–90, цвітіння – повна стиглість – 1,21–1,23 млн м² × діб/га; ‘Сонячний’ – 0,93–0,94 та 1,35–1,36 млн м² × діб/га відповідно. Параметри чистої продуктивності фотосинтезу посівів у період від цвітіння до повної стиглості в сорту ‘Добриня’ становили 1,59, а ‘Сонячний’ – 1,47 г/м² за добу. При цьому за ширини міжряддя 19 см ЧПФ становила 1,73, а 38 см – 1,76 г/м² за добу, а за міжряддя 57 см – 1,11 г/м² за добу, що на 0,6 г/м² за добу менше, ніж за міжряддя 19 см. За норми висіву 100, 200 та 300 тис. шт./га ЧПФ становила відповідно 1,29; 1,65 і 1,65 г/м² за добу. У сорту ‘Добриня’ найвищі показники ЧПФ отримано за вирощування рослин із шириною міжряддя 38 см та норми висіву 300 тис. шт./га – 2,02, а в сорту ‘Сонячний’ – за ширини міжряддя 19 та 38 см та норми висіву в 300 тис. шт./га – 1,86 г/м² за добу в обох варіантах.

Ключові слова: сафлор красильний; норма висіву насіння; ширина міжряддя; площа листя; вміст хлорофілу; фотосинтетичний потенціал; чиста продуктивність фотосинтезу.

Вступ

Сафлор займає унікальне місце серед олійних культур, адже здебільшого вирощується для виробництва харчової олії – в його насінні міститься 35 % олії з високий вмістом (до 90 %) поліненасичених жирних кислот [1–4]. Сафлор можна вирощувати в суворих кліматичних умовах завдяки його здатності адаптуватись до прохолодних умов [5, 6], засолення [7], а також стійкості до посухи [1, 8].

Під час аналізування закономірностей росту й розвитку сільськогосподарських культур доволі цікавими є саме дані щодо формування площі асиміляційного апарату рослин, які зазвичай

використовуються для вивчення закономірностей розвитку сільськогосподарських культур та інтерпретації даних накопичення посівами сухої речовини [9–11]. Таким чином, розуміння процесів росту рослин також може бути корисним під час вибору ефективних елементів технології вирощування на основі визначених факторів, важливих для виробництва сільськогосподарських культур за певного набору умов середовища [1, 12].

Площа листової поверхні та інші показники ефективності фотосинтезу надзвичайно важливі в контексті оцінки рослин. Зокрема, Заїас зі співавторами [13] оцінили продуктивність насіння льону за допомогою аналізу росту та виявили, що метеорологічні умови в сприятливі роки вирощування сприяють більш інтенсивному росту й розвитку культури, збільшенню площі її листя. Подібним чином Hassan та ін. [14, 15] спостерігали прогресивне збільшення індексу площі листя, чистої асиміляції посівів, швидкості росту культури залежно від фаз розвитку культури, а в другій половині вегетації спостерігали поступове зниження цих показників та формування найнижчих значень ближче до фази повного досягання.

Також досліджено, що площа листя зростає з віком культури, оскільки максимум світла переходить до певної стадії росту, після чого взаємне затінення листя призводить до зниження ефективності фотосинтезу. Зменшення кількості молодого листя та площі листя на пізніх фазах росту призводить до зменшення транслокації фотосинтатів з вегетативних до репродуктивних частин, що відображає скорочену швидкість росту культур [14]. Розуміння ж закономірностей росту й розвитку дає інформацію про накопичення сухої речовини разом із розкриттям ключових процесів, через які сорт стає більш чи менш продуктивним [8].

Фізіологічна поведінка культури змінюється з віком, у міру проходження її через різні фенологічні стани та стадії розвитку. У сафлору красильного, як і в більшості сільськогосподарських рослин, площа листя на початку вегетації утворюється повільно, після чого спостерігається швидкий ріст та повільне зменшення показників після досягнення піку в середині вегетації [16, 17]. При цьому досліджено, що індекс площі листя культури корелює з її фотосинтетичним потенціалом або рівнем накопичення сухої речовини [4].

Посіви сафлору красильного, на відміну від інших сільськогосподарських культур, більш чутливі до оптимізації їх площі живлення та просторового розміщення, адже навіть у період активного розвитку формують менші показники площі листя порівняно з іншими високорослими культурами. Коли посіви соняшнику можуть сформувати до 70 тис. м²/га, то рослини сафлору – заледве 30–35 тис. м²/га, що не завжди є ефективним щодо конкуренції з бур'янами [18–20].

Мета досліджень – установити особливості формування фотосинтетичних показників сортів сафлору красильного залежно від впливу елементів технології вирощування – ширини міжряддя та норми висіву насіння в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували впродовж 2021–2023 рр. в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Білоцерківський р-н, Київська обл.) на чорноземах типових малогумусних.

У шарі ґрунту 0–20 см загального азоту міститься від 0,27 до 0,31 %, загального фосфору – від 0,15 до 0,25 % і калію – від 2,3 до 2,5 %. Уміст рухомого фосфору становить 3,3–3,4 мг, а обмінного калію – 9,8–10,3 мг на 100 г ґрунту.

Дослідження проводили за схемою трифакторного польового досліду: *фактор А* – сорт: 'Добриня', 'Сонячний'; *фактор Б* – ширина міжряддя: 19, 38 та 57 см; *фактор В* – норма висіву насіння: 100, 200 та 300 тис. шт./га.

Дослід закладали у чотирикратному повторенні. Загальна площа елементарної ділянки становила 60 м², облікова – 50 м². Агротехніка вирощування сафлору красильного від типової відрізнялась лише варіантами, які досліджували.

За показниками коефіцієнта суттєвості елементів погоди в червні 2021 р. були відхилення, що істотно відрізняються від середніх, тоді як у липні та серпні – наближені до екстремальних. А в травні 2022 р. погодні умови за температурою повітря були такими, що істотно відрізняються від середніх, та спостерігалась суттєва нестача опадів. В червні відхилення за температурою повітря мали екстремальні значення, в умовах липня – суттєво відрізнялись від середніх, а в умовах серпня – аналогічно мали екстремальні значення. До цього ж, у червні та липні дефіцит опадів був екстремальним, а в серпні – суттєво відрізнявся від середніх показників.

Загалом погодні умови в період вегетації сафлору красильного набували сприятливих показників для росту й розвитку, внаслідок чого формувались добре розвинені рослини. Водночас нерівномірний розподіл опадів у роки досліджень позначився на формуванні біометричних показників рослин.

Визначення параметрів посівів сафлору красильного здійснювали відповідно до Методики Державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Загалом дослідження проводили відповідно до наукових методик у рослинництві [21, 22], а статистичний аналіз виконували відповідно до загальноприйнятих рекомендацій [23].

Результати досліджень

Застосування таких елементів оптимізації технології вирощування сортів сафлору красильного, як ширина міжряддя та густина посівів вплинула на формування площі листкової поверхні (табл. 1).

Таблиця 1

Особливості формування площі листя сафлору красильного під впливом факторів досліду, тис. м²/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Норма висіву, тис. шт./га	Фаза розвитку			
			Повні сходи	Бутонізація (ВВСН 53–55)	Цвітіння (ВВСН 67–69)	Повна стиглість зерна
'Добриня'	19	100	1,00	18,7	30,0	21,0
		200	1,10	18,8	32,5	22,2
		300	1,10	19,0	32,0	21,8
	38	100	1,00	18,9	30,3	20,8
		200	1,07	19,4	33,0	22,0
		300	1,05	20,0	32,6	21,5
	57	100	1,05	20,5	34,0	22,3
		200	1,08	20,7	35,2	21,3
		300	1,06	21,0	35,0	22,0
'Сонячний'	19	100	1,05	18,4	28,9	20,4
		200	1,10	18,6	30,0	21,0
		300	1,10	18,7	31,0	21,6
	38	100	1,05	19,2	30,2	21,0
		200	1,09	19,4	31,0	22,0
		300	1,11	20,0	31,0	21,8
	57	100	1,00	21,0	32,3	21,3
		200	1,18	21,5	33,0	22,0
		300	1,10	21,8	33,3	22,1
НІР _{0,05}			0,15	1,0	1,4	1,2

На початкових етапах росту, у фазі повних сходів, у середньому по сорту 'Добриня' була отримана площа листя 1,06, а по сорту 'Сонячний' – 1,09 тис. м²/га, що загалом було близько до середніх показників та істотно не відрізнялось у межах відхилень експериментальних даних. Тобто отримані відхилення не мали закономірностей впливу досліджуваних факторів, оскільки перебували в межах похибки досліду.

На час бутонізації в сорту 'Добриня' площа листя становила 19,7, а в сорту 'Сонячний' – 19,8 тис. м²/га, тобто сорти загалом досить незначно різнилися – на 0,2 тис. м²/га.

Загалом по досліді за ширини міжряддя спостерігались більш істотні відмінності в формуванні площі листя. Зокрема, середня площа листя за вирощування рослин з міжряддями 19 см була 18,7 тис. м²/га, а за її зростання до 38 см – 19,5 тис. м²/га, що на 0,8 тис. м²/га більше попереднього варіанту. За ширини міжряддя 57 см посіви сафлору красильного у фазі бутонізації мали площу листя 21,1 тис. м²/га, що на 2,4 тис. м²/га більше, ніж за ширини міжрядь 19 см.

Аналогічно норма висіву коригувала й біометричні показники рослин, а саме площу листя. Загалом по досліді, за норми висіву 100 тис. шт./га отримано площу на рівні 19,4 тис. м²/га, за норм 200 і 300 тис. шт./га цей показник був вищим на 0,3 та 0,6 тис. м²/га відповідно.

Незалежно від сорту, площа листкової поверхні істотно зростала в міру збільшення ширини міжрядь і незначно підвищувалась у межах однієї ширини міжрядь за вирощування рослин з більшою нормою висіву. На нашу думку, це є наслідком загострення конкурентної боротьби між рослинами та формування більшої кількості листя задля кращого вловлювання сонячної енергії.

На час цвітіння в сорту 'Добриня' площа листя становила 32,7, а в сорту 'Сонячний' – 31,2 тис. м²/га, сорти загалом різнились на 1,5 тис. м²/га, що перевищувало значення найменшої істотної різниці по досліді.

Також визначено, що середня площа листя, за вирощування з міжряддям 19 см, була 30,7 тис. м²/га, а підвищення ширини міжряддя до 38 см сприяло утворенню 31,4 тис. м²/га, що на 0,6 тис. м²/га більше попереднього варіанту. За ширини міжряддя 57 см посіви мали площу листя 33,8 тис. м²/га, що на 3,1 тис. м²/га більше, ніж у варіанті з міжряддям 19 см.

Норма висіву насіння також впливала на формування площі листя: за норми 100 тис. шт./га отримано площу на рівні 31,0 тис. м²/га, тоді як за норм 200 і 300 тис. шт./га площа листкової поверхні була відповідно на 1,5 і 1,53 тис. м²/га більше попереднього варіанту.

Площа листкової поверхні сафлору красильного зростала в міру збільшення ширини міжрядь та норми висіву, що підкреслює важливість оптимізації розташування рослин у полі, як складника ефективного фотосинтезу та подальшого формування врожаю.

За даними, отриманими В. Я. Хоміною та В. Я. Бойчак [24], площа листя сафлору за суцільної рядкової сівби була 21,8–27,4 тис. м²/га, а за міжряддя 30 см – 32,1–43,9 тис. м²/га, тоді як за міжряддя 45 і 60 перебувала в межах 44,0–44,3 тис. м²/га. А за даними, отриманими С. В. Солоненко, площа листя у сорту 'Сонячний' становила 27,5, а в сорту 'Лагідний' – 28,3 тис. м²/га [25]. Отримані закономірності формування площі листкової поверхні посівами сафлору красильного корелюють з нашим експериментальним матеріалом та особливостями зміни площі листя під впливом факторів досліді.

На час повної стиглості на рослинах сафлору 'Добриня' залишалось 21,7, а 'Сонячний' – 21,5 тис. м²/га листків, проте їх активність була досить слабкою, оскільки частина з них засохла раніше, проте не опала (рис.). Тому не дивно, що деякі науковці визначають навіть і менші площі листкової поверхні на час досягання та завершення вегетації посівів сафлору красильного.



Рис. Загальний стан листкової поверхні сафлору красильного на час досягання насіння

На цей період середня площа листя за вирощування з міжряддям 19 см становила 21,3 тис. м²/га, а збільшення міжряддя до 38 та 57 см сприяло формуванню на 0,2 та 0,5 тис. м²/га більше попереднього варіанту. Також визначено, що за норми висіву 100 тис. шт./га площа була на рівні 21,1 тис. м²/га, тоді як за норми 200 і 300 тис. шт./га – на 0,6 та 0,7 тис. м²/га більше попереднього варіанту.

Уміст хлорофілів у листках рослин є досить точним індикатором ефективності роботи фотосинтетичного апарату (табл. 2).

Таблиця 2

Уміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках рослин сафлору красильного залежно від факторів досліду, мг/г сухої речовини (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Норма висіву, тис. шт./га	Фаза розвитку	
			бутонізація	цвітіння
'Добриня'	19	100	4,95	5,85
		200	5,14	5,90
		300	5,19	5,92
	38	100	4,97	5,85
		200	5,21	5,92
		300	5,24	5,93
	57	100	4,78	5,80
		200	4,97	5,86
		300	4,91	5,84
'Сонячний'	19	100	4,93	5,85
		200	5,10	5,90
		300	5,17	5,92
	38	100	4,93	5,85
		200	5,19	5,92
		300	5,22	5,93
	57	100	4,73	5,80
		200	4,94	5,86
		300	4,86	5,83
НІР _{0,05}			0,32	0,44

Загалом, якщо говорити про вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин сафлору красильного, то сумарна їх кількість повинна засвідчити найбільш ефективні в плані фотосинтезу варіанти досліду. Перерозподіл на групи (хлорофіл *a* та хлорофіл *b*) лише показує нам, яких фотопігментів – світлових чи тінювих більше у листових пластинках. При цьому, питання ефективності фотосинтетичного апарату рослин полягає в тому, що за значної площі листової поверхні та незначної її ефективності, рослини не будуть формувати велику кількість фотопігментів, оскільки це енергетично не раціонально. Тобто різниця в площах листя на рівні фотосинтезу компенсується відмінностями в концентрації фотопігментів та, як наслідок, – ефективності їх роботи в самій рослині.

На час бутонізації рослин сафлору красильного середній по досліду вміст суми хлорофілів був 5,02 мг/г сухої речовини. Якщо аналізувати варіанти досліду, то найвищі показники були у варіантах із шириною міжряддя 38 см та нормою висіву 200 та 300 тис. шт./га: 'Добриня' – 5,21 та 5,24 мг/г, 'Сонячний' – 5,19 та 5,22 мг/г сухої речовини відповідно.

На час цвітіння посівів сафлору красильного вміст суми хлорофілів становив загалом 6,30 мг/г сухої речовини. Найвищі показники спостерігались у варіантах із шириною міжряддя 38 см та нормою висіву 200 та 300 тис. шт./га: 'Добриня' – 6,42 та 6,45 мг/г, 'Сонячний' – 6,46 та 6,49 мг/г сухої речовини відповідно.

Також докладніше проаналізуємо значення фотосинтетичного потенціалу посівів сафлору красильного та зміни його за впливу факторів досліду (табл. 3).

Фотосинтетичний потенціал, по суті, формується як похідна площі листової поверхні посівів сафлору красильного з урахуванням днів роботи фотосинтетичного апарату. А тому, чим більша площа листя утворюється – тим ефективнішим є й показник фотосинтетичного потенціалу посівів. Проте, сам потенціал посівів показує можливості до формування високого рівня накопичення сухої речовини, якщо цьому сприяють умови росту й розвитку рослин. У разі відсутності достатньо високого фотосинтетичного потенціалу рослинам треба більше факторів та ресурсів, щоб сформувати кращий рівень продуктивності порівняно з посівами, які мають гарні показники ФП.

У міжфазний період від повних сходів до бутонізації фотосинтетичний потенціал сорту 'Добриня' становив 0,46, а в сорту 'Сонячний' – 0,43 млн м² × діб/га.

Якщо аналізувати інші фактори досліду, то ширина міжряддя вносила корективи у формування показників фотосинтетичного потенціалу. Зокрема, за міжряддя 19 см його значення становило

0,41 млн м² × діб/га, 38 см – 0,44, 57 см – 0,49 млн м² × діб/га, що на 0,08 млн м² × діб/га більше, ніж за вирощування рослин із шириною міжряддя 19 см.

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал сафлору красильного залежно від впливу факторів досліджу, млн м² × діб/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Норма висіву, тис. шт./га	Фаза розвитку		
			повні сходи – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – повна стиглість
'Добриня'	19	100	0,41	0,73	1,02
		200	0,42	0,77	1,09
		300	0,43	0,79	1,13
	38	100	0,43	0,76	1,05
		200	0,45	0,81	1,16
		300	0,46	0,84	1,14
	57	100	0,48	0,87	1,18
		200	0,50	0,89	1,21
		300	0,51	0,90	1,23
'Сонячний'	19	100	0,39	0,76	1,11
		200	0,39	0,78	1,15
		300	0,41	0,82	1,18
	38	100	0,42	0,82	1,18
		200	0,42	0,83	1,22
		300	0,44	0,87	1,24
	57	100	0,45	0,88	1,29
		200	0,48	0,93	1,35
		300	0,49	0,94	1,36
НІР _{0,05}			0,10	0,14	0,21

Якщо докладніше зупинитись на визначенні впливу на фотосинтетичний потенціал норми висіву, то у варіанті з висіванням 100 тис. шт./га показник ФП становив 0,43 млн м² × діб/га, 200 тис. шт./га – 0,44, а за норми 300 тис. шт./га – 0,46 млн м² × діб/га.

Загалом же найвищі значення фотосинтетичного потенціалу отримано за вирощування рослин із шириною міжряддя 57 см та норм висіву 200 і 300 тис. шт./га: 'Добриня' – 0,50–0,51, 'Сонячний' – 0,48–0,49 млн м² × діб/га.

У наступний міжфазний період – від бутонізації до цвітіння фотосинтетичний потенціал сорту 'Добриня' зріс, порівняно з попереднім періодом, до 0,82 млн м² × діб/га, а в сорту 'Сонячний' – до 0,85 млн м² × діб/га.

За ширини міжряддя 19 см ФП становив 0,77, 38 см – 0,82 млн м² × діб/га, при цьому найвищий він був за міжряддя 57 см – 0,90 млн м² × діб/га, що на 0,13 млн м² × діб/га переважає показник за ширини міжряддя 19 см. Окрім того, за норм висіву 100, 200 та 300 тис. шт./га показник фотосинтетичного посіву становив відповідно 0,80; 0,84 та 0,86 млн м² × діб/га.

Станом на період бутонізація – цвітіння найліпші параметри ФП отримано у варіанті із шириною міжряддя 57 см та нормами висіву 200 й 300 тис. шт./га: 'Добриня' – 0,89–0,90, 'Сонячний' – 0,93–0,94 млн м² × діб/га.

У дослідженнях О. А. Єременко [26] фотосинтетичний потенціал рослин сафлору змінювався в межах від 0,15–0,20 млн м² × діб/га. Водночас за даними В. Я. Хоміної та В. Я. Бойчак [24], отриманими в умовах Лісостепу Західного, найвищі показники ФП спостерігались у посівах з міжряддям 45 см і густотою рослин 7–8 шт./м. п. – 0,88 млн м² × діб/га [9]. Тобто в міру росту й розвитку рослин сафлору красильного інші дослідники отримали співставні з нашими показниками параметри фотосинтетичного потенціалу посівів.

У міжфазний період від цвітіння до повної стиглості спостерігались аналогічні залежності зміни показника фотосинтетичного потенціалу, співставні з попереднім обліковим періодом. Зокрема, найвищі показники ФП отримано за вирощування із шириною міжряддя 57 см та нормами висіву 200 і 300 тис. шт./га: 'Добриня' – 1,21–1,23, 'Сонячний' – 1,35–1,36 млн м² × діб/га.

Також докладніше проаналізуємо параметри чистої продуктивності фотосинтезу сафлору красильного (табл. 4).

Чиста продуктивність фотосинтезу сафлору красильного залежно від впливу факторів досліду, г/м² за добу (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт	Ширина міжряддя, см	Норма висіву, тис. шт./га	Фаза розвитку		
			повні сходи – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – повна стиглість
'Добриня'	19	100	0,11	1,75	1,55
		200	0,14	2,09	1,85
		300	0,14	2,13	1,92
	38	100	0,11	1,76	1,54
		200	0,14	2,15	1,92
		300	0,14	2,13	2,02
	57	100	0,07	1,09	0,99
		200	0,09	1,45	1,34
		300	0,08	1,28	1,20
'Сонячний'	19	100	0,12	1,73	1,44
		200	0,15	2,09	1,76
		300	0,16	2,12	1,86
	38	100	0,11	1,60	1,36
		200	0,16	2,16	1,84
		300	0,15	2,10	1,86
	57	100	0,07	1,06	0,87
		200	0,10	1,44	1,22
		300	0,08	1,20	1,06
HP _{0,05}			0,01	0,12	0,15

Чиста продуктивність фотосинтезу фактично є ознакою, що підсумовує ефективність роботи одиниці площі листової поверхні та дає змогу визначити своєрідну її «навантаженість» з позиції синтезування сухої речовини. Власне такі параметри й дозволяють установлювати рівень ефективності використовуваних елементів технології вирощування.

У міжфазний період від повних сходів до бутонізації ЧПФ сорту 'Добриня' становила 0,11 г/м² за добу, а в сорту 'Сонячний' – 0,12 г/м² за добу. Такі низькі значення параметрів притаманні досить повільному росту наземної частини сафлору красильного в ранній період розвитку рослин.

Якщо проаналізуємо вплив ширини міжрядь на формування ЧПФ, то у варіанті з міжряддям 19 см її показник був на рівні 0,14 г/м² за добу, 38 см – 0,14, а 57 см – 0,08 г/м² за добу, що на 0,05 г/м² за добу менше, ніж за вирощування рослин з міжряддями 19 см.

За норми висіву 100, 200 і 300 тис. шт./га показник ЧПФ становив відповідно 0,10; 0,13 та 0,12 г/м² за добу.

У сорту 'Добриня' найвищі параметри ЧПФ отримано за вирощування рослин із шириною міжряддя 19 та 38 см і нормами висіву 200 і 300 тис. шт./га, а в сорту 'Сонячний' аналогічні норми забезпечили формування значень ЧПФ на рівні 0,15–0,16 г/м² за добу.

У період від бутонізації до цвітіння показники чистої продуктивності фотосинтезу посівів зросли, й у сорту 'Добриня' становили 1,76, а у сорту 'Сонячний' – 1,72 г/м² за добу.

За ширини міжряддя 19 см значення ЧПФ становило 1,98 г/м² за добу, що було ідентично міжряддю 38 см, натомість за вирощування рослин з міжряддям 57 см отримано показник 1,25 г/м² за добу, що на 0,7 г/м² за добу менше, ніж за міжряддя 19 см. Окрім того, за норми висіву 100, 200 та 300 тис. шт./га ЧПФ становив відповідно 1,50; 1,90 та 1,83 г/м² за добу.

У цей період найкращі параметри ЧПФ отримано за вирощування рослин з шириною міжряддя 38 см та нормою висіву 200 тис. шт./га: 'Добриня' – 2,15, 'Сонячний' – 2,16 г/м² за добу.

За даними, отриманими О. Ю. Алієвою [27], у міжфазний період бутонізація – цвітіння ЧПФ у сорту 'Живчик' була на рівні 3,19–3,41, а в сорту 'Добриня' – 2,91–3,02 г/м² за добу, тоді як найвищі показники відзначено в період цвітіння – стиглість: 'Живчик' – 4,55–4,89, 'Добриня' – 4,29–4,49 г/м² за добу.

У період від цвітіння до повної стиглості параметри чистої продуктивності фотосинтезу посівів загалом за варіантами досліду в сорту 'Добриня' становили 1,59, а в сорту 'Сонячний' – 1,47 г/м² за добу.

При цьому у варіанті з міжряддям 19 см ЧПФ становила 1,73 г/м² за добу, 38 см – 1,76 г/м² за добу, а за міжряддя 57 см цей показник був найменшим – 1,11 г/м² за добу, що на 0,6 г/м² за добу менше, ніж за міжряддя 19 см. За норм висіву 100, 200 та 300 тис. шт./га ЧПФ становила 1,29; 1,65 та 1,65 г/м² за добу відповідно.

У міжфазний період від цвітіння до повної стиглості в сорту 'Добриня' найвищі параметри чистої продуктивності фотосинтезу отримано за вирощування рослин із шириною міжряддя 38 см та норми висіву 300 тис. шт./га – 2,02, а в сорту 'Сонячний' – за ширини міжряддя 19 та 38 см та норми висіву 300 тис. шт./га – 1,86 г/м² за добу в обох варіантах.

Висновки

Площа листової поверхні сафлору красильного зростала у міру збільшення ширини міжряддя й норми висіву, що підкреслює важливість оптимізації розташування рослин у полі як складника ефективного фотосинтезу та подальшого формування врожаю. Зокрема, на час цвітіння в сорту 'Добриня' площа листя становила 32,7, а в 'Сонячний' – 31,2 тис. м²/га, сорти загалом різнились на 1,5 тис. м²/га, що перевищувало значення найменшої істотної різниці по досліді. При цьому визначено, що середня площа листя, за вирощування з міжряддям 19 см, була 30,7 тис. м²/га, а підвищення ширини міжряддя до 38 см сприяло утворенню 31,4 тис. м²/га, що на 0,6 тис. м²/га більше попереднього варіанту. За ширини міжряддя 57 см посіви мали площу листя 33,8 тис. м²/га, що на 3,1 тис. м²/га більше, ніж за міжряддя 19 см. Норма висіву насіння також впливала на формування листової поверхні й за норми висіву 100 тис. шт./га її площа становила 31,0 тис. м²/га, а за норм 200 і 300 тис. шт./га була більшою на 1,50 та 1,53 тис. м²/га відповідно.

У фазі бутонізації найвищий вміст суми хлорофілів *a* і *b* в рослинах сафлору красильного відзначено у варіантах із шириною міжряддя 38 см та нормами висіву 200 та 300 тис. шт./га: сорт 'Добриня' – 5,21 та 5,24, 'Сонячний' – 5,19 та 5,22 мг/г сухої речовини відповідно.

Найвищі параметри фотосинтетичного потенціалу отримано за вирощування культури з шириною міжряддя 57 см та норм висіву 200 і 300 тис. шт./га: сорт 'Добриня' в період бутонізації – цвітіння – 0,89–90, цвітіння – повна стиглість – 1,21–1,23 млн м² × діб/га; 'Сонячний' – 0,93–0,94 та 1,35–1,36 млн м² × діб/га відповідно.

Параметри чистої продуктивності фотосинтезу посівів у період від цвітіння до повної стиглості в сорту 'Добриня' становили 1,59, а 'Сонячний' – 1,47 г/м² за добу. При цьому за ширини міжряддя 19 см ЧПФ становила 1,73, а 38 см – 1,76, а за міжряддя 57 см – 1,11 г/м² за добу, що на 0,6 г/м² за добу менше, ніж за міжряддя 19 см. За норми висіву 100, 200 та 300 тис. шт./га ЧПФ становила відповідно 1,29; 1,65 і 1,65 г/м² за добу. У сорту 'Добриня' найвищі показники ЧПФ отримано за вирощування рослин із шириною міжряддя 38 см та норми висіву 300 тис. шт./га – 2,02, а в сорту 'Сонячний' – за ширини міжряддя 19 та 38 см та норми висіву в 300 тис. шт./га – 1,86 г/м² за добу на обох варіантах.

Використана література

1. Amini H., Arzani A., Bahrami F. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit. *International Journal of Plant Production*. 2013. Vol. 7, Iss. 3. P. 597–614. doi: 10.22069/ijpp.2013.1120
2. Basalma D., Uranbey S., Mirici S., Kolsarici Ö. TDZ × IBA induced shoot regeneration from cotyledonary leaves and in vitro multiplication in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2008. Vol. 7, Iss. 8. P. 960–966.
3. Beuyavas V., Haliloglu H., Copur O., Yilmaz A. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10, Iss. 4. P. 527–534.
4. Dar J. S., Cheema M. A., Wahid M. A. et al. Role of planting pattern and irrigation management on growth and yield of spring planted sunflower (*Helianthus annuus*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 2009. Vol. 11, Iss. 6. P. 701–706.
5. Johnson R. C., Li D. Registration of WSRC01, WSRC02, and WSRC03 winter hardy safflower germplasm. *Journal of Plant Registrations*. 2008. Vol. 2. P. 140–142.
6. Kaleem S., Hassan F., Razzaq A. et al. Growth rhythms in sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to environmental disparity. *African Journal of Biotechnology*. 2010. Vol. 9. P. 2242–2251.
7. Faraj M. B., Al-Dakheel A. J., McCann I. R. et al. Selection of high yielding and stable safflower genotypes under salinity stress. *Agricultural Science Research Journal*. 2003. Vol. 3, Iss. 9. P. 273–283.

8. Özalkan C., Sepetoglu H. T., Daur I., Sen O. F. Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) during different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*. 2010. Vol. 15, Iss. 1. P. 79–83. doi: 10.17557/TJFC.99783
9. Hunt R., Causton D. R., Shipley B., Askew A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*. 2002. Vol. 90, Iss. 4. P. 485–488. doi: 10.1093/aob/mcf214
10. Nasso N. N., Roncucci N., Triana F. et al. Productivity of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deuter) as energy crops: Growth analysis. *Italian Journal of Agronomy*. 2011. Vol. 6, Iss. 3. P. 141–147. doi: 10.4081/ija.2011.e22
11. Wajid A., Hussain A., Ahma A. et al. Effect of sowing date and plant density on growth, light interception and yield of wheat under semi arid conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2004. Vol. 6, Iss. 6. P. 119–1123.
12. 26. Radford P. J. Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Science*. 1967. Vol. 7, Iss. 3. P. 171–175. doi: 10.2135/cropsci1967.0011183X000700030001x
13. Zajc T., Grzesiak S., Kulig B., Poláek M. The estimation of productivity and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) using the growth analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2005. Vol. 24, Iss. 4. P. 549–558. doi: 10.1007/s11738-005-0061-z
14. Hassan F. U., Leitch M. H., Ahmad S. Growth rhythms of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 1997. Vol. 29, Iss. 1. P. 119–123.
15. Hassan F. U., Leitch M. H., Ahmad S. Dry matter partitioning in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1999. Vol. 183, Iss. 3. P. 213–216. doi: 10.1046/j.1439-037x.1999.00305.x
16. Addo-Quaye A. A., Darkwa A. A., Ocloo G. K. Yield and productivity of component crops in a maize-soybean intercropping system as affected by time of planting and spatial arrangement. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 2011. Vol. 6. P. 50–57.
17. Akmal M., Farid U., Asim M. Crop growth in early spring and radiation use efficiency in alfalfa. *Pakistan Journal of Botany*. 2011. Vol. 43, Iss. 1. P. 635–641.
18. Поляков О. І., Алієва О. Ю. Особливості формування продуктивності сафлора під впливом додаткового мінерального живлення та застосування стимуляторів росту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 28. С. 140–150. doi: 10.36710/ІОС-2019-28-14
19. Шевченко І. А., Поляков О. І., Ведмедєва К. В., Комарова І. Б. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури). Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 40 с.
20. Яковенко Т. М. Олійні культури України. Київ : Урожай, 2005. 408 с.
21. Основи наукових досліджень в агрономії: методичні вказівки для самостійного вивчення дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 201 «Агрономія» / уклад. : А. О. Рожков, В. В. Безпалько, І. О. Деревянко та ін. Харків : ДБТУ. 2023. 27 с.
22. Ермантраут Е. Р., Малиновський А. С., Дідора В. Г. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії. Житомир : ЖНАЕУ, 2010. 124 с.
23. Присяжнюк О. І., Каражбей Г. М., Лещук Н. В. та ін. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 10 : методичні вказівки. Київ : Нілан-ЛТД, 2016. 54 с.
24. Хоміна В. Я., Бойчак В. Я. Оптимізація технологічних заходів при вирощуванні сафлору красильного в умовах Лісостепу Західного. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* : збірник тез доповідей II Міжнародної наукової Інтернет-конференції (20 листопада 2020 р.). Тернопіль, 2020. С. 187–189.
25. Солоненко С. В. Оптимізація елементів технології вирощування сафлору красильного в умовах Лісостепу Західного : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2019. 160 с.
26. Єременко О. А. Агробіологічні основи формування продуктивності олійних культур (*Helianthus annuus* L., *Carthamus tinctorius* L., *Linum usitatissimum* L.) в Південному Степу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2018. 299 с.
27. Алієва О. Ю. Оптимізація системи догляду за посівами сафлору в умовах південного степу України. *Міжнародна наукова інтернет-конференція «Олійні культури: сьогодення та перспективи»* (14 травня 2020 р.). Запоріжжя : ІОК НААН, 2020. С. 50–51.

References

1. Amini, H., Arzani, A., & Bahrami, F. (2013). Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. *International Journal of Plant Production*, 7(3), 597–614. doi: 10.22069/ijpp.2013.1120
2. Basalma, D., Uranbey, S., Mirici, S., & Kolsarici, Ö. (2008). TDZ × IBA induced shoot regeneration from cotyledonary leaves and in vitro multiplication in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(8), 960–966.

3. Beuyavas, V., Haliloglu, H., Copur, O., & Yilmaz, A. (2011). Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 527–534.
4. Dar, J. S., Cheema, M. A., Wahid, M. A., Saleem, M. F., Farooq, M., & Basra, S. M. A. (2009). Role of planting pattern and irrigation management on growth and yield of spring planted sunflower (*Helianthus annuus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(6), 701–706.
5. Johnson, R. C., & Li, D. (2008). Registration of WSRC01, WSRC02, and WSRC03 winter hardy safflower germplasm. *Journal of Plant Registrations*, 2, 140–142.
6. Kaleem, S., Hassan, F., Razaq, A., Manaf, A., & Saleem, A. (2010). Growth rhythms in sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to environmental disparity. *African Journal of Biotechnology*, 9, 2242–2251.
7. Faraj, M. B., Al-Dakheel, A. J., McCann, I. R., Shabbir, G. M., Rumman, G. A., & Al-Gailani, A. Q. A. M. (2003). Selection of high yielding and stable safflower genotypes under salinity stress. *Agricultural Science Research Journal*, 3(9), 273–283.
8. Özalkan, C., Sepetoglu, H. T., Daur, I., & Sen, O. F. (2010). Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) during different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1), 79–83. doi: 10.17557/TJFC.99783
9. Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B., & Askew, A. P. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90(4), 485–488. doi: 10.1093/aob/mcf214
10. Nasso, N., Roncucci, N., Triana, F., Tozzini, C., & Bonari, E. (2011). Productivity of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deuter) as energy crops: Growth analysis. *Italian Journal of Agronomy*, 6(3), 141–147. doi: 10.4081/ija.2011.e22
11. Wajid, A., Hussain, A., Ahma, A., Farooq, M., Goheer, A. R., & Ibrahim, M. (2004). Effect of sowing date and plant density on growth, light interception and yield of wheat under semi arid conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(6), 119–1123.
12. Radford, P. J. (1967). Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Science*, 7(3), 171–175. doi: 10.2135/cropsci1967.0011183X000700030001x
13. Zajc, T., Grzesiak, S., Kulig, B., & Poláek, M. (2005). The estimation of productivity and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) using the growth analysis. *Acta Physiologiae Plantarum*, 24(4), 549–558. doi: 10.1007/s11738-005-0061-z
14. Hassan, F. U., Leitch, M. H., & Ahmad, S. (1997). Growth rhythms of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 29(1), 119–123.
15. Hassan, F. U., Leitch, M. H., & Ahmad, S. (1999). Dry matter partitioning in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 183(3), 213–216. doi: 10.1046/j.1439-037x.1999.00305.x
16. Addo-Quaye, A. A., Darkwa, A. A., & Ocloo, G. K. (2011). Yield and productivity of component crops in a maize-soybean intercropping system as affected by time of planting and spatial arrangement. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 6, 50–57.
17. Akmal, M., Farid, U., & Asim, M. (2011). Crop growth in early spring and radiation use efficiency in alfalfa. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1), 635–641.
18. Poliakov, O. I., & Aliieva, O. Yu. (2019). Features of the Formation of Safflower Productivity under the Influence of Additional Mineral Nutrition and Application of Growth Stimulates. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 28, 140–150. doi: 10.36710/IOC-2019-28-14
19. Shevchenko, I. A., Poliakov, O. I., Vedmedieva, K. V., & Komarova, I. B. (2017). *Ryzhii, safflower, sesame. Strategy for the production of oil raw materials in Ukraine (uncommon crops)*. Zaporizhzhia: STATUS. [In Ukrainian]
20. Yakovenko, T. M. (2005). *Oil cultures of Ukraine*. Kyiv: Urozhai. [In Ukrainian]
21. Rozhkov, A. O., Bezpalko, V. V., Derevianko, I. O., Ohurtsov, E. M., & Voropai, Yu. V. (2023). *Basics of scientific research in agronomy: methodological guidelines for independent study of the discipline for applicants of the first (bachelor) level of higher education in specialty 201 "Agronomy"*. Kharkiv: DBTU. [In Ukrainian]
22. Ehrmantraut, E. R., Malynovskiy, A. S., Didora, V. H., Smahlii, O. F., Hudz, V. P., Rybak, M. F., Saiuk, O. A., Orlovskiy, M. Y., & Dereban, I. Yu. (2010). *Methods of scientific research in agronomy*. Zhytomyr: ZhNAEU. [In Ukrainian]
23. Prysiazhniuk, O. I., Karazhbei, H. M., & Leshchuk, N. V. (2016). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 10 package: methodological guidelines*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]
24. Khomina, V. Ya., & Boichak, V. Ya. (2020). Optimization of technological measures in the cultivation of dye safflower in the conditions of the Western Forest Steppe. In *The current state of science in agriculture and nature management: theory and practice: collection of abstracts of reports of the II International Scientific Internet Conference* (pp. 187–189). Ternopil. [In Ukrainian]
25. Solonenko, S. V. (2019). *Optimization of the elements of the dyeing safflower growing technology in the conditions of the Western Forest Steppe* (Cand. Agr. Sci. Diss.). Kamianets-Podilskiy. [In Ukrainian]

26. Yeremenko, O. A. (2018). *Agrobiological bases of formation of productivity of oil crops (Helianthus annuus L., Carthamus tinctorius L., Linum usitatissimum L.) in the Southern Steppe of Ukraine* (Dr. Agr. Sci. Diss.). Kyiv. [In Ukrainian]

27. Aliyeva, O. Yu. (2020). Optimizing the care system for safflower crops in the conditions of the southern steppe of Ukraine. In *International Scientific Internet Conference "Oil Crops: Present and Prospects"* (pp. 50–51). Zaporizhzhia: IOK NAAS. [In Ukrainian]

UDC 633.863.2:631.5

Kalenska, S. M., & Hordyna, N. Yu. (2024). Photosynthetic activity of safflower under the effect of the elements of cultivation technology. *Advanced Agritechnologies*, 12(1). <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.302308> [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 the peculiarities of the formation of photosynthetic indicators of safflower varieties as affected by the elements of cultivation technology, specifically row width, row spacing, and sowing rate, in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was carried out in 2021–2023 at the Agronomic Research Station of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. The soil type was typical low-humus chernozem. The design of the field experiment provided for the study of the influence of the following factors: factor A – varieties: ‘Dobrynia’ and ‘Soniachnyi’; factor B – row width: 19, 38 and 57 cm; factor C – sowing rate: 100, 200 and 300 thousand seeds/ha. **Results.** The leaf area of safflower increased as the row width and sowing rate increased, which emphasizes the importance of optimizing the location of plants in the field for reaching effective photosynthesis and subsequent crop formation. In particular, at the time of flowering, in the ‘Dobrynia’ variety, the leaf area was 32.7, and in ‘Soniachnyi’ 31.2 thousand m²/ha; the varieties in general differed by 1.5 thousand m²/ha, which exceeded the value of the smallest significant differences by experience. At the same time, it was determined that the average leaf area for a row spacing of 19 cm was 30.7 thousand m²/ha. Increasing the row width to 38 cm contributed to the leaf area formation of 31.4 thousand m²/ha, which is 0.6 thousand m²/ha more than in the previous treatment. At a row spacing of 57 cm, the crops had a leaf area of 33.8 thousand m²/ha, which was 3.1 thousand m²/ha more than at a row spacing of 19 cm. Sowing rate of 100 seeds/ha resulted in leaf area of 31.0 thousand m²/ha, while sowing rates 200 and 300 thousand seeds/ha ensured a leaf area increase of 1.50 and 1.53 thousand m²/ha, respectively. In the budding stage, the highest content of the chlorophylls a and b in safflower plants was noted for row width of 38 cm and sowing rates of 200 and 300 thousand seeds/ha. The content of chlorophylls was 5.21 and 5.24 5.19 and 5.22 mg/g of dry matter, respectively, in ‘Dobrynia’, and 5.19 and 5.22 mg/g of dry matter in ‘Soniachnyi’. **Conclusions.** The highest parameters of the photosynthetic potential were obtained for row width of 57 cm and sowing rates of 200 and 300 thousand units/ha: in ‘Dobrynia’, 0.89–90 million m² × day/ha in the period of budding – flowering, and 1.21–1.23 million m² × day/ha in the period flowering – full maturity; in ‘Soniachnyi’ 0.93–0.94 million m² × day/ha and 1.35–1.36 million m² × day/ha, respectively. The parameters of net photosynthetic productivity (NPP) of crops in the period from flowering to full maturity in ‘Dobrynia’ was 1.59 g/m² per day, and 1.47 g/m² per day in ‘Soniachnyi’. At the same time, for a row width of 19 cm, the NPP was 1.73, and at 38 cm 1.76 g/m² per day, and for a row spacing of 57 cm it was 1.11 g/m² per day, which is 0.6 g/m² per day less than for a row spacing of 19 cm. At the sowing rates of 100, 200 and 300 thousand seeds/ha, the NPP was, respectively, 1.29, 1.65, and 1.65 g/m² per day. In ‘Soniachnyi’, the highest NPP indicators were obtained for a row spacing of 38 cm and a sowing rate of 300,000 plants/ha: 2.02 g/m² per day; in ‘Soniachnyi’ for a row spacing of 19 and 38 cm and a seeding rate of 300,000 seeds/ha: 1.86 g/m² per day for both options.

Keywords: safflower; sowing rate; row width; leaf area; chlorophyll content; photosynthetic potential; net photosynthetic productivity.

Надійшла / Received 14.02.2024
Погоджено до друку / Accepted 05.03.2024