



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 633.34:631.5:631.53.01

© 2020

ВПЛИВ ГУСТОТИ РОСЛИН І ДОЗ ДОБРИВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ І ВРОЖАЙНІСТЬ СОЇ СЕРЕДНЬОСТИГЛОГО СОРТУ СВЯТОГОР В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

Р.А. Вожегова¹, В.О. Боровик², Т.Ю. Марченко³, Д.К. Рубцов⁴

¹доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН

²кандидати сільськогосподарських наук

Інститут зрошуваного землеробства НААН

смт Наддніпрянське, м. Херсон, 73483, Україна

e-mail: ¹izz.ua@ukr.net, ²veraborovik@meta.ua,

³tmarchenko74@ukr.net, ⁴daniilrublev3@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-3865-5633, ²0000-0002-6507-4006,

³0000-0001-6994-3443, ⁴0000-0002-9776-0844

Надійшла 5.08.2019

Мета. Установити оптимальні параметри фотосинтетичної діяльності посівів сої середньостиглого сорту Святогор в умовах зрошення Півдня України залежно від густоти рослин і доз азотних добрив. **Методи.** Польовий — для визначення урожайності; розрахунковий — для оптимізації дози мінеральних добрив, густоти рослин; вимірювально-ваговий — для встановлення висоти рослин, площі листкової поверхні та фотосинтетичних показників. **Результати.** Густота посіву значно впливала на величину площі листкової поверхні рослин сої, її показники варіювали в межах 23,5 – 47,38 тис. м²/га за густоти 300 тис. шт./га, 26,19 – 52,42 тис. м²/га — за 600 тис. шт./га та 50,56 – 49,92 тис. м²/га за 900 тис. шт./га. Виявлено, що площа листкової поверхні рослин на ділянках із внесенням N₃₀ і N₆₀ на 50 та 49% переважала неудобрений варіант. Високу врожайність забезпечувала густота культури 600 тис. /га на фоні добрива N₃₀ і N₆₀. **Висновки.** Вперше в умовах Півдня України встановлено особливості формування фотосинтетичної діяльності посівів сої середньостиглого сорту Святогор залежно від густоти рослин і дози азотного добрива, що забезпечують одержання врожайності на рівні 4,32 – 4,47 т/га. Кращі показники міжфазного фотосинтетичного потенціалу (початок цвітіння – початок наливу насіння) — 1,38 – 1,23 млн м² днів/га та за весь період вегетації — 3,45 – 3,19 млн м² днів/га сформувалися на ділянках, де густота рослин становила 600 тис. шт./га на фоні N₃₀ і N₆₀, відповідно. Визначено кореляційні зв'язки між рівнем урожайності та досліджуваними чинниками.

З'ясовано, що максимальні показники площі листової поверхні у фазі наливу насіння — 52,42 тис. м²/га за густоти рослин 600 тис. шт./га, рівень внесення азотного добрива передбачає дозу N₃₀.

Ключові слова: фон живлення, фотосинтетичний апарат, азотне добриво, листова поверхня.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09>

Посіви польових культур — могутні фотосинтезувальні системи, які за здатністю поглинати сонячну енергію у 2–5 разів перевищують природні угіддя, зокрема й лісові насадження. Урожай біомаси створюється завдяки певним умовам у результаті фотосинтетичної діяльності й активної кореневої системи рослин [1]. Одним із найдинамічніших показників фотосинтетичної діяльності посівів є листова поверхня. Як відомо, листок є основним органом фотосинтезу, хоч частково цю роль виконують також зелені стебла, суцвіття на початку їх утворення і навіть корені [2].

На розмір листової поверхні і тривалість її життєдіяльності впливає багато факторів — способи сівби, вологість ґрунту, загущеність агрофітоценозу, удобрення, строки сівби, обробіток ґрунту [3], генотип сорту, екологічні умови регіону та ін. [4]. Відомо, що розміри листової поверхні рослин, тривалість її роботи є визначальними факторами продуктивності фотосинтезу і розміру врожайності. Існує пряма залежність між цими величинами. За збільшення в посівах сумарної площі листя урожайність зростає, насамперед завдяки поглинанню більшої кількості сонячної радіації. Чим більша площа листової поверхні посівів, тим краще вони фіксують сонячну радіацію і тим енергійніше накопичується органічна речовина, за винятком окремих випадків, що зумовлюють збільшення врожайності цієї культури [5–8].

Соя формує асиміляційний апарат у широкому діапазоні — від 20 до 70 тис. м²/га. Оптимальним цей показник на 1 га вважається 40–50 тис. м² [9, 10]. Якщо площа листової поверхні менша, то оптико-біологічна структура посіву не оптимізована і тому фотосинтетично активна радіація (ФАР) використовується нерационально. Проте, й більша площа листової поверхні є небажаною, оскільки через взаємне затінення

значна частина листків у нижньому ярусі опадає, а решта працює неефективно [11].

Цей показник у сої може варіювати в досить широких межах залежно від генотипу сорту, екологічних умов регіону та агротехнічних заходів її вирощування [12–16].

У свою чергу, для сої нового середньостиглого сорту Святогор в умовах поливу Півдня України ці питання не були опрацьовані.

Мета досліджень — установити оптимальні параметри фотосинтетичної діяльності посівів сої нового середньостиглого сорту Святогор для умов зрошення Південного Степу України залежно від густоти рослин і доз азотних добрив з метою реалізації потенціалу його врожайності.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН у відділі селекції, що знаходиться в зоні Південного Степу України, згідно із загальноприйнятими методиками польових досліджень та методичними рекомендаціями [17]. Дослід 2-факторний: фактор А — густота рослин (300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 тис. шт., 1 млн шт./га); фактор В — дози азотних добрив (без удобрення, N₃₀, N₆₀). Повторення 4-разове з розміщенням варіантів методом рендомізованих розщеплених ділянок. Площа посівних ділянок — 22 м², облікова — 18,5 м². Агротехнічні умови проведення досліджень загальноприйняті для південного регіону України, крім варіантів, які вивчалися. Попередником була пшениця озима. Аміачну селітру вносили під передпосівну культивування, згідно зі схемою досліду вручну врозкид.

Сівбу проводили сівалкою СКС-6-10 широкорядним способом, з міжряддями 45 см 2 травня у 2016 р., 6-го — у 2017-му, 26 квітня — у 2018 р. Норму висіву встановлювали

з урахуванням густоти рослин і лабораторної схожості насіння.

Насіння сої в день сівби обробляли препаратом азотофіксуючих бактерій на основі штаму *Bradyrhizobium japonicum* 634 b; захист насіння від шкідників проведено способом протруювання препаратом Максим XL (1 л/т). Густина посіву згідно зі схемою досліду формували ручним способом. Вологість шару ґрунту 0–50 см підтримували поливами не нижче 70% НВ. За період вегетації у 2016 р. було проведено 7, у 2017 р. — 9, у 2018 р. — 8 поливів дощувальною машиною ДДА-100 МА нормами 400–500 м³/га.

Боротьбу з бур'янами проводили внесенням ґрунтового гербіциду Харнес (2 л/га) зразу після сівби з наступним коткуванням, у червні — обробкою посівів страховим гербіцидом Пікадор (1 л/га). Урожай збирали подільночно селекційним комбайном «Сампо-130» за повного дозрівання насіння (вологість — 14–16%).

Ґрунт дослідних ділянок — темно-каштановий середньосуглинковий. Агрофізичні властивості шару ґрунту товщиною 1 м характеризувалися такими показниками: щільність будови — 1,41 г/см³, загальна шпаруватість — 45%, найменша вологостійкість — 21,3%, вологість в'янення — 9,1%, рН водної суспензії — 7,2. Темно-каштанові ґрунти регіону, де проводили дослідження, цілком придатні для формування високої продуктивності рослин сої звичайної за умов унесення потрібної кількості елементів

мінерального живлення.

Лімітуючим фактором технологічного забезпечення є недостатня кількість опадів у період вегетації. Специфічність зони полягає і в достатньо жорсткому впливі повітряної посухи під час суховійних днів. Роки досліджень за градацією сумарного випаровування: 2016 р. — середній за дефіцитом вологи (P = 42,4%); 2017, 2018 рр. — сухі (P = 95%, P = 98%, відповідно), з сильною ґрунтовою і повітряною посухою. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) — 0,5–0,7. Тому вирощування сої в зоні Південного Степу України можливе тільки за умов зрошення.

Результати досліджень. Наростання листкового апарату спостерігали від початку бутонізації сої до настання фази наливу насіння. Показники площі листкової поверхні найвищими були у фазі наливу насіння на фоні N₆₀ і N₃₀ (51,34–52,42 м²/га), найнижчими — на початку бутонізації (18,12–18,93 м²/га). Щодо густоти рослин на ділянці, то на початку бутонізації культури з кожним підвищенням норми висіву на 100 тис./га показники площі листкової поверхні мали тенденцію до зростання. І на ділянці з густотою рослин 900 тис. шт./га площа листкової поверхні досягла розміру 19,13 тис. м²/га (табл. 1).

У фазі цвітіння площа листкової поверхні становила 18,50–26,01 тис. м²/га.

У межах досліду площа фотосинтетичної поверхні найбільших розмірів досягала

1. Вплив елементів технології вирощування сої на площу листкової поверхні рослин сої в процесі її росту та розвитку (2016–2018 рр.), тис. м²/га

Рівень мінерального живлення (фактор А)	Густота рослин, тис. шт./га, фактор В	Фаза росту та розвитку		
		Початок бутонізації	Цвітіння	Налив насіння
Без добрив	300	12,03	18,50	23,05
	600	15,09	21,88	26,19
	900	16,64	24,94	32,01
N ₃₀	300	16,02	22,25	47,38
	600	18,12	26,01	52,42
	900	17,93	25,65	50,56
N ₆₀	300	17,01	22,21	46,70
	600	18,93	23,57	51,34
	900	19,13	22,74	49,92

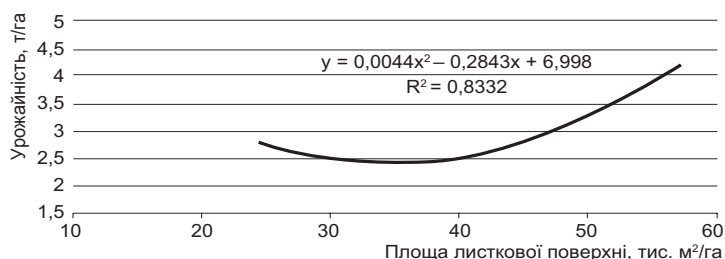


Рис. 1. Залежність урожайності насіння сої сорту Святогор від площі листкової поверхні рослин

у фазі наливу насіння. Внесення мінерального добрива істотно збільшувало величину площі листкової поверхні рослин сої. Як за внесення N_{30} , так і N_{60} збільшення густоти рослин від 300 до 600 тис./га сприяло інтенсивному розвитку листового апарату сої. Максимальні показники площі листків рослин у фазі наливу насіння за густоти 600 тис. рослин/га на фоні добрив на 50–51% переважали неодобрений варіант.

Отже, процес наростання листя до настання фази наливу насіння у рослин відбувався так: у фазі початок бутонізації площа асиміляційної поверхні зі збільшенням густоти посіву мала тенденцію до зростання; у фазі цвітіння загущення посіву від 600 тис./га вплинуло на деяке зменшення розмірів асиміляційного апарату рослин (на 0,36 та 0,83 тис. м²/га, порівняно з 300 тис. шт./га). Максимальних розмірів листкова поверхня рослин сої досягала у фазі наливу насіння.

Загущення агрофітоценозу від 600 до 900 тис. рослин/га сприяло зниженню фотосинтетичної поверхні на 1,86–1,42 тис. м²/га. Цьому сприяла підвищена внутрішньови-

дова конкуренція між рослинами: асиміляційний апарат наростає швидше і через взаємне затінення значна частина листків у нижньому ярусі пригнічується та опадає. Пластичні речовини в таких умовах росту і розвитку рослина використовує на утворення стебел і черешків [18].

Кореляційно-регресійний аналіз експериментальних даних дав змогу отримати рівняння ($y=0,0044x^2-0,2843x+6,998$; $R^2=0,8332$), яке відображає тісну залежність врожайності сої від площі листкової поверхні рослин (рис. 1).

Найкращі умови для наростання листового апарату в посівах сої сорту Святогор склалися за густоти рослин 600 тис./га та застосування удобрення дозами N_{30} і N_{60} . На цих самих ділянках отримано високу врожайність насіння сої — 4,32–4,47 т/га (табл. 2).

Аналіз отриманих результатів виявив, що від фази цвітіння до наливу бобів листкова поверхня сої наростала інтенсивно, тому фотосинтетичний потенціал посівів у цей міжфазний період значно збільшився

2. Урожайність насіння сої середньостиглого сорту Святогор залежно від рівня азотного живлення та густоти рослин (середнє за 2016–2018 рр.), тис. шт./га

Рівень мінерального живлення (фактор А)	Густота рослин, тис. шт./га, фактор В								Середнє за фактором А, т/га
	300	400	500	600	700	800	900	1000	
Без добрив	2,57	2,54	2,91	2,79	2,63	2,58	2,53	2,41	2,62
N_{30}	3,14	3,16	3,29	4,32	3,72	3,21	3,39	3,33	3,46
N_{60}	3,57	3,58	4,07	4,47	4,25	3,99	3,77	3,69	3,92
Середнє за фактором В, т/га	3,10	3,07	3,42	3,87	3,54	3,33	3,19	3,15	
Оцінка істотності часткових відмінностей НІР ₀₅ : А=0,17; В=0,10. Оцінка істотності середніх (головних) ефектів НІР ₀₅ : А=0,1; В=0,1. Частка впливу факторів: А=75,7%; В=16,8 %; АВ=5,7%									

3. Фотосинтетичний потенціал посіву сої середньостиглого сорту Святогор залежно від різних доз азотних добрив і густоти рослин (середнє за 2016–2018 рр.), млн м² днів/га

Рівень мінерального живлення (фактор А)	Густота рослин, тис. шт./га, фактор В	Фаза росту та розвитку			За всю вегетацію
		Початок бутонізації	Цвітіння	Налив насіння	
Без добрив	300	0,21	0,21	0,63	1,72
	600	0,25	0,25	0,76	2,09
	900	0,28	0,28	0,84	2,34
N ₃₀	300	0,27	0,29	1,20	2,96
	600	0,31	0,34	1,38	3,45
	900	0,31	0,34	1,32	3,33
N ₆₀	300	0,29	0,30	1,18	2,97
	600	0,33	0,33	1,23	3,19
	900	0,33	0,31	1,16	3,05

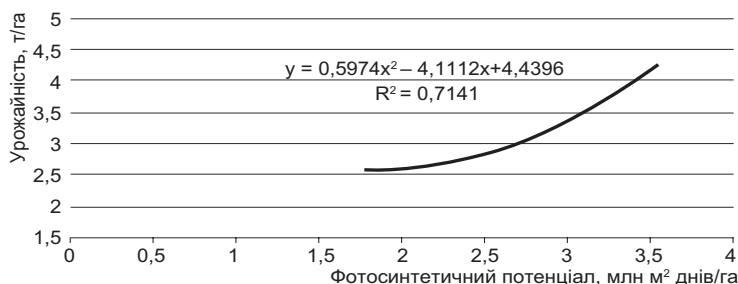


Рис. 2. Залежність врожайності насіння сої сорту Святогор від величини фотосинтетичного потенціалу

та досяг свого максимуму — 1,23–1,38 млн м² днів/га (табл. 3).

Формувався він із різною інтенсивністю протягом усього періоду вегетації та змінювався залежно від різних доз добрив і густоти рослин. Збільшення загущеності посіву від 600 до 800 тис./га впливало на поліпшення фотосинтетичного потенціалу, а вже 900 тис. шт. рослин/га призводило до зниження цього показника.

Кореляційно-регресійний аналіз одержаних показників дав змогу отримати рівняння залежності врожайності насіння від величини фотосинтетичного потенціалу сої сорту Святогор: $y = 0,5974x^2 + 4,4396$; $R^2 = 0,7141$, яке підтверджує тісну залежність між цими показниками, та свідчить про те, що регулюванням фотосинтетичного потенціалу рослин можна істотно впливати на формування врожайності сої.

Висновки

Уперше в умовах Півдня України встановлено особливості формування фотосинтетичної діяльності посівів сої середньостиглого сорту Святогор залежно від густоти рослин, дози азотного добрива, що забезпечують одержання врожайності

на рівні 4,32–4,47 т/га. З'ясовано, що максимальні показники площі листкової поверхні у фазі наливу насіння становили 52,42 тис. м²/га за густоти рослин 600 тис. шт./га, рівень унесення азотного добрива передбачає дозу N₃₀.

Кращі показники фотосинтетичного потенціалу за весь період вегетації — 3,45–3,19 млн м² днів/га сформувалися

на ділянках, де густина рослин становила 600 тис. шт./га на фоні N_{30} і N_{60} відповідно.

Vozhegova R.¹, Borovik V.², Marchenko T.³, Rubtsov D.⁴

Institute of Irrigated Farming of NAAS, Nad-dniproyske, Kherson, 73483, Ukraine, e-mail: ¹izz.ua@ukr.net, ²veraborovik@meta.ua, ³tarmchenko74@ukr.net, ⁴daniilrublev3@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-3865-5633, ²0000-0002-6507-4006, ³0000-0001-6994-3443, ⁴0000-0002-9776-0844

The influence of plant density and doses of fertilizers on photosynthetic activity and yield of soybean of middle-ripening variety Sviatohor in conditions of irrigation

Goal. To establish the optimal parameters of photosynthetic activity of crops of mid-season soybean variety Sviatohor in conditions of irrigation in the South of Ukraine depending on plant density and doses of nitrogen fertilizers. **Methods.** The field — for determination of yield; calculation — for optimization of doses of mineral fertilizers, plant density; measurement-weigh— for fixation of plant height, leaf area, and photosynthetic indices. **Results.** The density of sowing significantly influenced the leaf area of soybean plants, its indices varied in the range of 23.5–47.38 thousand m²/ha at the density of 300 thousand plants/ha; 26.19–52.42 thousand m²/ha at the density of 600 thousand plants/ha; 50.56–49.92 thousand m²/ha at

the density of 900 thousand plants/ha. It was fixed that the leaf area of plants in the plots with the introduction of N_{30} and N_{60} was 50% and 49% more than in the variant without fertilizers. High yield was provided by the density of plants 600 t/ha on the background of fertilizers N_{30} and N_{60} . **Conclusions.** For the first time for the South of Ukraine, features are determined of the formation of the photosynthetic activity of soybean crops of mid-season variety Sviatohor depending on plant density and doses of nitrogen fertilizers, providing the yield at the level of 4.32–4.47 t/ha. The best performance of interfacial photosynthetic capacity (beginning of flowering — beginning of seed ripening) — 1.38–1.23 million m² of days/ha, and over the vegetation period — 3.45–3.19 million m² of days/ha were formed in areas where the plant density was 600 thousand plants/ha on the background of N_{30} and N_{60} respectively. Correlation is determined between the yield level and the studied factors. It is found that the maximum leaf area in the ripening phase of the seeds is 52.42 thousand m²/ha at a plant density of 600 thousand plants/ha, and the rate application of nitrogen fertilizer involves a dose of N_{30} .

Key words: nutrition background, photosynthetic apparatus, nitrogen fertilizer, leaf area.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09>

Бібліографія

1. Мотрук В.Н. Рослинництво. Київ: Урожай, 1999. 591 с.
2. Зінченко О.І., Салатенко Н.В., Білоножко М.А. Рослинництво. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
3. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля: монографія. Київ: Аграрна наука, 1998. 272 с.
4. Вожегова Р.А., Мельник М.А. Особливості накопичення сирової маси та сухої речовини, фотосинтетична діяльність сої при вирощуванні в умовах Півдня України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2014. Вип. 4. С. 114–121.
5. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
6. Wells R. Soyabean growth response to plant density: Relationships among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. *Crop Science*. 1991. V. 31. P. 755–761. doi: 10.2135/cropsci1991.0011183X003100030044x
7. Caulfield F., Bunce J. Comparative responses of photosynthesis to growth temperature in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars. *Canad. J. Plant Sc.* 1988. T. 68, № 2. P. 419–425. doi: 10.4141/cjps88-053
8. Bone S. Reduces tillage systems for soybean production. *Soybean news*. 1978. V. 28. № 2. P. 1–2.
9. Кругова О. Д., Мандровська Н.М., Бублик Л.І. та ін. Віталіст стимулює посіви сої. Вплив мікродобрив на симбіотичну систему культури. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 7. С. 19–20.
10. Вожегова Р.А., Боровик В.О., Марченко Т.Ю., Рубцов Д.К. Насіннева продуктивність середньостиглого сорту сої Святогор залежно від норми висіву та доз азотних добрив в умовах зрошення півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2018. № 70. С. 55–59.
11. Белінський Ю.В. Продуктивність сої залежно від способів сівби в умовах східної частини Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2013. Вип. 14. С. 21–29.

12. Волинець І.Г. Поживний режим чорнозему опідзоленого при вирощуванні сої за різних умов мінерального живлення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2008. Вип. 3. Т. 2. С. 38–44.

13. Клубук В.В. Зв'язок структурних елементів інтродукованих зразків сої (*Glycine Max.* (L.) Merr.) з продуктивністю насіння в умовах зрошення півдня України. *Генетичні ресурси рослин*. 2018. Вип. 22. С. 11–18.

14. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: монографія. Кам'янець-Подільський: Видавець Зволейко Д.Г., 2012. 436 с.

15. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при

возделывании сельскохозяйственных культур. Минск: Беларус. навука, 2011. 293 с.

16. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Суздаль О.С., Казанок О.О. Планування режиму зрошення сої за показниками середньодобового випаровування. *Зрошуване землеробство*. 2008. Вип. 49. С. 6–10.

17. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях; за ред. Р.А. Вожегової. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 286 с.

18. Заболотний Г.М., Сполітак Н.М. Динаміка висоти рослин сої залежно від моделей технології вирощування: зб. наук. праць Вінницького держ. аграр. ун-ту. Вінниця, 2009. Вип. 38. С. 32–38.