

УДК 636.652/654:631.531.048

## Фотосинтетична продуктивність сортів квасолі звичайної (зернової) залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень

О. С. Чинчик<sup>1\*</sup> , С. Й. Оліфірович<sup>1</sup> , В. О. Оліфірович<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>ЗВО «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32300, Україна, \*e-mail: chinchik1978@gmail.com

<sup>2</sup>Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України, м. Чернівці, 58025, Україна

**Мета.** Встановити вплив сортових особливостей, інокуляції насіння та позакореневих підживлень на фотосинтетичну продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). **Методи.** Польовий, лабораторний, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** Площа листкової поверхні квасолі звичайної зростає від фази третього трійчастого листка до цвітіння. Максимум виявлений нами у кінці цвітіння і становив 33,7–40,3 тис. м<sup>2</sup>/га залежно від сортових особливостей, позакореневих підживлень та використання біопрепаратів. Найкращим варіантом удобрення для максимального накопичення сухої речовини було дворазове внесення гумату калію у поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння біопрепаратами. Найінтенсивніше суху речовину на цьому варіанті удобрення накопичували сорти 'Отрада' та 'Ната', досягнувши максимуму на початку дозрівання, – 5,82 та 5,86 т/га відповідно. Ці показники перевищували контрольний варіант на 0,64 т/га, або 12,4 %, та 0,74 т/га, або 14,5 %. Фотосинтетичний потенціал досягав максимуму у міжфазний період «початок цвітіння – кінець цвітіння» і становив 0,70–0,99 млн м<sup>2</sup>·діб/га. Максимум чистої продуктивності фотосинтезу в усіх досліджуваних сортах квасолі, за виключенням сорту 'Галактика', припадав на період «третьій справжній листок – початок цвітіння» і становив 3,54–4,26 г/м<sup>2</sup> за добу. **Висновки.** Максимальні показники площі асиміляційної поверхні (39,8–40,5 тис. м<sup>2</sup>/га) забезпечило використання сортів 'Буковинка', 'Отрада' і 'Ната' та дворазове внесення гумату калію у поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння біопрепаратами. Максимальні показники фотосинтетичного потенціалу в умовах проведення досліджень забезпечили сорти 'Ната' (2,0 млн м<sup>2</sup>·діб/га), 'Рось' (2,07 млн м<sup>2</sup>·діб/га) та 'Отрада' (2,08 млн м<sup>2</sup>·діб/га) на варіанті удобрення з поєднанням передпосівної інокуляції насіння та двох позакореневих підживлень гуматом калію. Найінтенсивніше суху речовину на цьому варіанті удобрення накопичували сорти 'Отрада' та 'Ната', досягнувши максимуму на початку дозрівання, – 5,82 та 5,86 т/га відповідно. Максимум чистої продуктивності фотосинтезу посівів квасолі був у сорту 'Отрада' – 4,06–4,26 г/м<sup>2</sup> за добу.

**Ключові слова:** площа листкової поверхні; фотосинтетичний потенціал; суха речовина; чиста продуктивність фотосинтезу.

### Вступ

Сьогодні проблему дефіциту продовольчого білка значною мірою обумовлено недостатнім виробництвом високобілкових продуктів тваринного походження. У зв'язку з цим особлива увага має приділятися проблемі збільшення валових зборів зернобобових культур, у тому числі квасолі [1]. Білки бобових повноцінні за амінокислотним складом, екологічно чисті, їх розчинність і засвоєння до 3 разів вища порівняно із зерновими злаками [2, с. 79]. У найближчі роки прогнозується зростання попиту на квасолію з відповідним розширенням площ під цією культурою [3, с. 7]. Однак урожайність квасолі звичайної залишається низькою. Як відомо, фотосинтез є першоджерелом утворення органічних речовин урожаю рослин. Що стосується кількісної сторони, то органічні речовини, створені у процесі фотосинтезу, складають 90–95 %

Чинчик О. С., Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О. Фотосинтетична продуктивність сортів квасолі звичайної (зернової) залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.253639>.

сухої маси урожаю. Таким чином, фотосинтез – це головний фактор у створенні більше  $9/10$  маси урожаю [4]. Внесення азоту збільшує площу листової поверхні, подовжує час роботи листового апарату і швидкість фотосинтезу на одиницю площі листя, збільшуючи таким чином загальну біомасу урожаю [5]. Також встановлено позитивний вплив мікробних препаратів на формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин на дослідних ділянках [6, 7] та підвищення продуктивності квасолі звичайної [8, 9]. Однак кількість і суха маса бульбочок на рослинах квасолі звичайної зменшувалася при внесенні азотних добрив у підвищених дозах [10]. Внесення невеликої кількості мінерального азоту (15–30 кг/га) може підсилити формування бульбочок на кореневій системі рослин квасолі звичайної [11]. Окрім азотних добрив на продуктивність квасолі звичайної впливають інші елементи системи удобрення [12–15], сортові особливості та фактори зовнішнього середовища [16–19].

*Мета досліджень* – встановити вплив сортових особливостей, інокуляції насіння та позакореневих підживлень на фотосинтетичну продуктивність квасолі звичайної.

### Матеріали та методика досліджень

Дослід закладали у селекційній сівозміні Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції ІСГКР НААН. Ґрунт дослідного поля – чорнозем лучний опідзолений важкосуглинковий. Дослідна ділянка має такі агрохімічні показники (в шарі ґрунту 0–30 см): вміст гумусу – 3,91 %; рН – 6,1; рухомого фосфору – 110 мг/кг ґрунту; обмінного калію – 195 мг/кг ґрунту. Визначення динаміки нагромадження сухої речовини проводили шляхом відбору з кожного варіанта досліді по 25 рослин у дворазовому повторенні з двох несуміжних повторень. Проби рослин зважували, подрібнювали та висушували за температури 105 °С до постійної ваги і перераховували на суху речовину.

Площу листової поверхні визначали методом «висічок». Динаміку фотосинтетичного потенціалу розраховували за формулою:

$$\Phi\Pi = \frac{[(L_1 + L_2) \times T]}{2}, \text{ де}$$

$L_1 + L_2$  – сума площі листків по періодах в тис. м<sup>2</sup>/га;  $T_1, T_2$  – тривалість роботи листків, днів.

Чисту продуктивність фотосинтезу розраховували за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{X}{\Phi\Pi}, \text{ де}$$

$X$  – вихід абсолютно сухої речовини, т;  $\Phi\Pi$  – фотосинтетичний потенціал, млн м<sup>2</sup>діб/га [20].

Технологія підготовки ґрунту, сіви та догляду за посівами, окрім чинників, поставлених на вивчення, була загальноприйнятною для зони Лісостепу.

### Результати досліджень

При вирощуванні квасолі важливо сформувати ефективний листовий покрив, а потім підтримувати його фотосинтетично активним максимально довго. Фотосинтетична діяльність рослин квасолі залежить від величини площі листового апарату і тривалості міжфазних періодів [21]. Відомо, що площа листової поверхні квасолі звичайної зростає від фази третього трійчастого листка до цвітіння (максимум виявлений на кінець цвітіння) [22–24]. Дослідження, проведені нами впродовж 2018–2021 рр., також показали, що площа листової поверхні квасолі звичайної зростає від фази третього трійчастого листка до цвітіння. Максимум виявлений нами у кінці цвітіння і становив 33,7–40,3 тис. м<sup>2</sup>/га залежно від сортових особливостей, позакореневих підживлень та використання біопрепаратів. У фазу наливу зерна площа асиміляційної поверхні рослин квасолі знижувалася за рахунок пожовтіння і опадання частини нижніх листків в середньому до 28,6–34,5 тис. м<sup>2</sup>/га. Відповідно, ми звернули увагу на порівняння впливу сортових особливостей, позакореневих підживлень та використання біопрепаратів в досліді на формування максимальних показників величини асиміляційного апарату, які були визначені у кінці цвітіння рослин квасолі звичайної. Також сортові особливості мали вирішальний вплив на площу листової поверхні квасолі звичайної в кінці цвітіння. Так, максимальна площа листової поверхні квасолі звичайної на контролі (сорт ‘Буковинка’ без використання біопрепаратів та проведення позакореневих підживлень) складала 37,9 тис. м<sup>2</sup>/га (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка площі листкової поверхні рослин квасолі залежно від сорту, інокуляції насіння та удобрення, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2018–2021 рр.)

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази			
		третій справжній листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	налив зерна
Обробка насіння водою					
‘Буковинка’	N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> (фон)	7,6	23,1	37,9	30,8
‘Галактика’		7,1	20,4	33,7	28,6
‘Славія’		7,7	23,5	35,9	29,1
‘Рось’		7,5	22,8	36,2	31,5
‘Отрада’		7,9	23,5	37,5	31,3
‘Ната’		7,8	23,8	38,6	32,4
‘Буковинка’	Фон + гумат калію двічі позакоренево	7,5	23,4	38,5	31,5
‘Галактика’		7,2	20,2	34,2	28,9
‘Славія’		7,8	23,6	36,7	30,4
‘Рось’		7,5	22,9	36,8	32,6
‘Отрада’		7,8	23,2	38,9	33,1
‘Ната’		7,9	23,9	39,2	33,0
Ризоактив + Rootella					
‘Буковинка’	Фон	7,5	25,6	39,3	32,4
‘Галактика’		7,3	21,3	34,1	28,9
‘Славія’		7,8	24,2	36,7	30,8
‘Рось’		7,5	24,9	38,0	33,2
‘Отрада’		8,1	25,3	39,4	33,0
‘Ната’		7,9	26,1	40,3	33,6
‘Буковинка’	Фон + гумат калію двічі позакоренево	7,6	26,2	39,8	32,8
‘Галактика’		7,3	21,8	34,2	29,2
‘Славія’		7,8	24,9	37,0	31,1
‘Рось’		7,5	25,7	38,9	34,3
‘Отрада’		8,1	26,1	39,8	33,9
‘Ната’		7,9	26,8	40,5	34,5

У сортів ‘Галактика’, ‘Славія’ та ‘Рось’ на варіанті без інокуляції насіння та внесення гумату калію площа листкової поверхні наприкінці цвітіння складала 33,7; 35,9 та 36,2 тис. м<sup>2</sup>/га, або була на 4,2; 2,0 та 1,7 тис. м<sup>2</sup>/га меншою порівняно з контролем. Майже на рівні контролю (37,5 тис. м<sup>2</sup>/га) була площа листя у сорту ‘Отрада’.

При внесенні гумату калію незначно зросла площа асиміляційної поверхні усіх досліджуваних сортів квасолі звичайної – на 0,5–1,4 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно з ділянками без проведення позакореневих підживлень. Інокуляція насіння в більшій мірі сприяла зростанню площі листкової поверхні порівняно з внесенням гумату калію. Слід відмітити, що вплив інокулянтів на досліджувані сорти квасолі звичайної суттєво відрізнявся. Так, сильніше відреагували збільшенням площі листкової поверхні на передпосівну обробку насіння посіви сортів квасолі звичайної ‘Отрада’ і ‘Рось’, асиміляційна поверхня яких зросла на 1,9 та 1,8 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно з варіантами без інокуляції насіння. Найменше відреагував на інокуляцію насіння сорт ‘Славія’, площа листкової поверхні якого зросла лише на 0,8 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно з варіантом без передпосівної обробки насіння. Максимальні показники площі асиміляційної поверхні забезпечило дворазове внесення гумату калію у поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння біопрепаратами. Так, площа листкової поверхні на цьому варіанті удобрення становила 34,2 тис. м<sup>2</sup>/га у сорту ‘Галактика’, 37,0 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту ‘Славія’, 38,9 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту ‘Рось’, 39,8 тис. м<sup>2</sup>/га – у сортів ‘Буковинка’ та ‘Отрада’ і 40,5 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту ‘Ната’. Отже, в умовах проведення досліджень сорт виявився вирішальним фактором у формуванні площі листкової поверхні рослин квасолі звичайної. В меншій мірі на зміну величини листкової поверхні впливала інокуляція насіння, і ще менше – позакореневе підживлення гуматом калію.

Першочерговим завданням при вирощуванні квасолі являється перетворення фотосинтетично активної радіації у суху речовину. Відомо, що маса рослин квасолі звичайної зростає від початку фази інтенсивного росту до формування плодів [25]. Результати наших досліджень щодо накопичення сухої речовини вказують на залежність цього показника в першу чергу від сортових особливостей. Так, на варіанті без інокуляції насіння та позакореневих підживлень на початку дозрівання найменше сухої речовини накопичив сорт ‘Галактика’ – 1,80 т/га (табл. 2).

**Динаміка накопичення сухої речовини сортами квасолі  
залежно від систем живлення, т/га (середнє за 2018–2021 рр.)**

Сорт	Позакореневі підживлення	Фенологічні фази				
		повні сходи – третій справжній листок	третій справжній листок – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець налив зерна	повні сходи – початок дозрівання
<b>Обробка насіння водою</b>						
'Буковинка'	N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> (фон)	0,46	2,11	3,39	4,07	4,26
'Галактика'		0,31	0,65	1,49	1,78	1,80
'Славія'		0,42	2,16	3,01	3,87	3,92
'Рось'		0,42	2,05	3,24	4,65	4,83
'Отрада'		0,54	2,47	4,18	4,92	5,18
'Ната'		0,45	2,18	4,02	4,88	5,12
'Буковинка'	Фон + гумат калію двічі позакоренево	0,46	2,14	3,47	4,25	4,45
'Галактика'		0,31	0,63	1,55	1,83	1,86
'Славія'		0,42	2,22	3,08	3,95	4,01
'Рось'		0,42	2,11	3,31	4,78	5,11
'Отрада'		0,54	2,54	4,25	5,03	5,39
'Ната'		0,45	2,23	4,13	4,96	5,30
<b>Ризоактив + Rootella</b>						
'Буковинка'	N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> (фон)	0,44	2,16	3,51	4,19	4,39
'Галактика'		0,30	0,68	1,56	1,87	1,91
'Славія'		0,43	2,20	3,07	3,95	4,03
'Рось'		0,39	2,08	3,35	4,78	5,02
'Отрада'		0,55	2,50	4,26	5,03	5,48
'Ната'		0,44	2,23	4,13	4,95	5,36
'Буковинка'	Фон + гумат калію двічі позакоренево	0,43	2,18	3,50	4,28	4,61
'Галактика'		0,30	0,69	1,58	1,90	1,95
'Славія'		0,40	2,27	3,16	4,05	4,08
'Рось'		0,43	2,13	3,38	4,93	5,39
'Отрада'		0,52	2,56	4,31	5,27	5,82
'Ната'		0,46	2,28	4,20	5,31	5,86

Інші досліджувані сорти значно активніше накопичували суху речовину. Інтенсивне накопичення та найвищий вихід сухої речовини нами відмічено у сорту 'Отрада' – 5,18 т/га на початку дозрівання. Майже такий самий рівень продуктивності був і у сорту 'Ната' – 5,12 т/га. Дещо нижчий вихід сухої речовини на початку дозрівання забезпечили сорти 'Рось' та 'Славія' – 4,83 та 3,92 т/га відповідно.

Інокуляція насіння біопрепаратами та позакореневе підживлення гуматом калію забезпечили зростання інтенсивності накопичення сухої речовини. Так, на варіанті з інокуляцією насіння сорту 'Буковинка' вихід сухої речовини зріс на 0,13 т/га, або 3,1 %. Сильніше приростом сухої речовини на інокуляцію насіння відгукнулися сорти 'Рось', 'Отрада' та 'Ната'. Зокрема, у сорту 'Рось' інокуляція насіння забезпечила зростання виходу сухої речовини на 0,19 т/га, або 3,9 %, у сорту 'Ната' – на 0,24 т/га, або 4,7 %, у сорту 'Отрада' – на 0,30 т/га, або 5,8 %. Дещо по іншому досліджувані сорти реагували на внесення гумату калію. Так, позакореневе підживлення сорту 'Буковинка' забезпечило приріст сухої речовини 0,19 т/га. У сорту 'Рось' підживлення гуматом калію забезпечило зростання виходу сухої речовини на 0,28 т/га, у сорту 'Ната' – на 0,18 т/га, у сорту 'Отрада' – на 0,21 т/га.

Найкращим варіантом удобрення для максимального накопичення сухої речовини було дворазове внесення гумату калію у поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння біопрепаратами. Найінтенсивніше суху речовину на цьому варіанті удобрення накопичували сорти 'Отрада' та 'Ната', досягнувши максимуму на початку дозрівання, – 5,82 та 5,86 т/га відповідно. Ці показники перевищували контрольний варіант на 0,64 т/га, або 12,4 %, та 0,74 т/га, або 14,5 %.

Нашими дослідженнями встановлено, що інтенсивність формування фотосинтетичного потенціалу посівів суттєво відрізнялася за фазами росту і розвитку рослин квасолі звичайної. На початковому етапі росту і розвитку (від періоду третього справжнього листка до початку цвітіння)

цей процес проходив відносно повільно: рослини формували показники фотосинтетичного потенціалу на рівні 0,34–0,50 млн м<sup>2</sup>·діб/га. Проте вже у міжфазний період «початок цвітіння – кінець цвітіння» фотосинтетичний потенціал досягнув максимуму і становив 0,70–0,99 млн м<sup>2</sup>·діб/га залежно від сорту, інокуляції насіння та позакореневих підживлень. У період від кінця цвітіння до наливу зерна процес формування фотосинтетичного потенціалу значно уповільнився і становив 0,34–0,62 млн м<sup>2</sup>·діб/га. Встановлено, що генетичні особливості досліджуваних сортів та передпосівна інокуляція насіння впливали на зміну показників фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі у всі фази росту і розвитку культури. А позакореневі підживлення гуматом калію змінювали показники фотосинтетичного потенціалу, починаючи з фази «початок цвітіння» (табл. 3).

Таблиця 3

**Фотосинтетичний потенціал посівів квасолі залежно від сорту, інокуляції насіння та удобрення, млн м<sup>2</sup>·діб/га (середнє за 2018–2021 рр.)**

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази			
		третій справжній листок – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – налив зерна	третій справжній листок – налив зерна
Обробка насіння водою					
‘Буковинка’	N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> (фон)	0,45	0,82	0,48	1,75
‘Галактика’		0,34	0,70	0,34	1,38
‘Славія’		0,44	0,74	0,42	1,60
‘Рось’		0,45	0,86	0,54	1,85
‘Отрада’		0,47	0,88	0,51	1,86
‘Ната’		0,46	0,81	0,53	1,80
Ризоактив + Rootella					
‘Буковинка’	Фон + гумат калію двічі позакоренево	0,45	0,84	0,49	1,78
‘Галактика’		0,34	0,71	0,35	1,40
‘Славія’		0,44	0,75	0,47	1,66
‘Рось’		0,46	0,87	0,59	1,92
‘Отрада’		0,47	0,90	0,58	1,95
‘Ната’		0,46	0,82	0,54	1,82
Ризоактив + Rootella					
‘Буковинка’	Фон	0,46	0,91	0,54	1,91
‘Галактика’		0,36	0,72	0,38	1,46
‘Славія’		0,43	0,76	0,44	1,63
‘Рось’		0,47	0,94	0,61	2,02
‘Отрада’		0,48	0,97	0,58	2,03
‘Ната’		0,48	0,90	0,59	1,97
Ризоактив + Rootella					
‘Буковинка’	Фон + гумат калію двічі позакоренево	0,47	0,92	0,54	1,93
‘Галактика’		0,36	0,73	0,38	1,47
‘Славія’		0,44	0,77	0,44	1,65
‘Рось’		0,48	0,97	0,62	2,07
‘Отрада’		0,50	0,99	0,59	2,08
‘Ната’		0,49	0,91	0,60	2,0

Найвищим фотосинтетичний потенціал був на варіанті удобрення з поєднанням передпосівної інокуляції насіння та двох позакореневих підживлень гуматом калію і становив у сорту ‘Галактика’ 1,47, у сорту ‘Славія’ – 1,65, у сорту ‘Буковинка’ – 1,93 млн м<sup>2</sup>·діб/га. Максимальні показники фотосинтетичного потенціалу в умовах проведення досліджень забезпечили сорти ‘Ната’ (2,0 млн м<sup>2</sup>·діб/га), ‘Рось’ (2,07 млн м<sup>2</sup>·діб/га) та ‘Отрада’ (2,08 млн м<sup>2</sup>·діб/га).

Одним з найважливіших показників проходження фотосинтезу є кількість пластичних речовин на одиницю листової поверхні – чиста продуктивність фотосинтезу (табл. 4).

Цей показник сильніше, ніж площа листової поверхні, показує можливості посіву щодо синтезу органічної речовини. Вона є одним із головних показників, з яким корелює рівень урожайності [20]. Нами було встановлено, що її максимум в усіх досліджуваних сортів, за виключенням сорту ‘Галактика’, припадав на період «третій справжній листок – початок цвітіння» і становив 3,54–4,26 г/м<sup>2</sup> за добу залежно від передпосівної інокуляції насіння та позакореневих підживлень. Так, найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу (4,06–4,26 г/м<sup>2</sup> за добу) у міжфазний період «третій справжній листок – початок цвітіння» формували сорти ‘Отрада’.

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів квасолі залежно від сорту, обробки насіння та позакорневих підживлень, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2018–2021 рр.)**

Сорт	Удобрення	Фенологічні фази		
		третій справжній листок – початок цвітіння	початок цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – налив зерна
Обробка насіння водою				
'Буковинка'	N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> (фон)	3,67	1,56	1,42
'Галактика'		1,0	1,20	0,85
'Славія'		3,95	1,15	2,05
'Рось'		3,62	1,38	2,61
'Отрада'		4,11	1,94	1,45
'Ната'		3,76	2,27	1,62
Ризоактив + Rootella				
'Буковинка'	Фон + гумат калію двічі позакоренево	3,73	1,58	1,59
'Галактика'		0,94	1,30	0,80
'Славія'		4,09	1,15	1,85
'Рось'		3,67	1,40	2,49
'Отрада'		4,26	1,90	1,34
'Ната'		3,87	2,32	1,54
Ризоактив + Rootella				
'Буковинка'	Фон	3,74	1,48	1,26
'Галактика'		1,06	1,22	0,82
'Славія'		4,12	1,14	2,0
'Рось'		3,60	1,35	2,34
'Отрада'		4,06	1,81	1,33
'Ната'		3,73	2,11	1,39
'Буковинка'	Фон + гумат калію двічі позакоренево	3,72	1,43	1,44
'Галактика'		1,08	1,22	0,84
'Славія'		4,25	1,16	2,02
'Рось'		3,54	1,29	2,50
'Отрада'		4,08	1,77	1,63
'Ната'		3,71	2,11	1,85

Найнижчий показник зафіксовано у сорту 'Галактика', який в цілому характеризується низькими показниками фотосинтетичної продуктивності посівів. У міжфазний період «початок цвітіння – кінець цвітіння» кращим виявився сорт 'Ната', показник чистої продуктивності якого становив 2,11–2,32 г/м<sup>2</sup> за добу. У міжфазний період «кінець цвітіння – налив зерна» найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу (2,34–2,63 г/м<sup>2</sup> за добу) формував сорт 'Рось'. Загалом саме сорт був чинником, що найбільше впливав на кількісні показники чистої продуктивності посівів квасолі звичайної.

### Висновки

З проходженням фаз росту і розвитку рослин квасолі площа листової поверхні зростала і досягала найбільших показників у фазу «кінець цвітіння». Максимальні показники площі асиміляційної поверхні (39,8–40,5 тис. м<sup>2</sup>/га) забезпечило використання сортів 'Буковинка', 'Отрада' і 'Ната' та дворазове внесення гумату калію у поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння біопрепаратами. Найбільші значення фотосинтетичного потенціалу (0,70–0,99 млн м<sup>2</sup>·діб/га) встановлено у міжфазний період «початок цвітіння – кінець цвітіння». Максимальні показники фотосинтетичного потенціалу в умовах проведення досліджень забезпечили сорти 'Ната' (2,0 млн м<sup>2</sup>·діб/га), 'Рось' (2,07 млн м<sup>2</sup>·діб/га) та 'Отрада' (2,08 млн м<sup>2</sup>·діб/га) на варіанті удобрення з поєднанням передпосівної інокуляції насіння та двох позакорневих підживлень гуматом калію. Найінтенсивніше суху речовину на цьому варіанті удобрення накопичували сорти 'Отрада' та 'Ната', досягнувши максимуму на початку дозрівання – 5,82 та 5,86 т/га відповідно. Ці показники перевищували контрольний варіант на 0,64 т/га, або 12,4 %, та 0,74 т/га, або 14,5 %. Максимум продуктивності фотосинтезу посівів квасолі припадає на період від третього трійчастого листка до початку цвітіння. Особливо слід відмітити сорт 'Отрада', який формував показники чистої продуктивності фотосинтезу 4,06–4,26 г/м<sup>2</sup> за добу.

## Використана література

1. Рожков А. О., Труш О. К. Урожайність квасолі залежно від норми висіву насіння в Східному Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 17, Ч. 1. С. 165–174. doi: 10.31395/2415-8240-2019-94-1-165-174.9
2. Мазур В. А., Гончарук І. В., Дідур І. М. та ін. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2021. 180 с.
3. Мазур В. А., Дідур І. М., Мазур О. В., Мазур О. В. Особливості прояву господарсько-біологічних ознак квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) в умовах Лісостепу Правобережного. Вінниця : Друк, 2021. 256 с.
4. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1966. № 2. С. 21–23.
5. Fageria N. K., Baligar V. C., Clark R. B. *Physiology of crop production.*, New York, NY : Haworth Press, 2006. 334 p.
6. Краєвська Л. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. 6, Т. 1. С. 166–174.
7. Гайдай Л. Особливості фотосинтетичного потенціалу квасолі звичайної залежно від інокуляції різними штамми *Rhizobium phaseoli* та біопрепаратом. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації: матеріали XXXI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Переяслав-Хмельницький, 19 грудня 2017 р.)*. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 31. С. 28–31.
8. Колісник О. М. Урожайність насіння квасолі залежно від удобрення та застосування інокуляції насіння в умовах правобережного Лісостепу України. *Sciences of Europe*. 2020. Vol. 1, No 50. P. 3–13.
9. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Мойсієнко В. В., Фоміна О. П. Продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*) залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 118. С. 145–151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.18
10. Argaw A., Akuma A. *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* sp. inoculation improves the agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental Systems Research*. 2015. Vol. 4, No 1. P. 3–13. doi: 10.1186/s40068-015-0036-z
11. Hungria M., Campo R., Mendes I. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biology and Fertility of Soils*. 2003. Vol. 39. P. 88–93. doi: 10.1007/s00374-003-0682-6
12. Пархуць Б. І. Урожайність та якість зерна квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія : Агронімія*. 2004. № 8. С. 222–227.
13. Пархуць Б. І. Вплив удобрення та способів сівби на урожайність та якість зерна квасолі звичайної. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Серія : Агронімія*. 2005. № 9. С. 427–431.
14. Лавренко С. О., Максимов Д. О., Лиховид П. В. Продуктивність чорної квасолі залежно від агротехніки при зрошенні. *Овочі та фрукти*. 2020. № 5. С. 14–18.
15. Didur I., Chynchuk O., Panytyreva N. et. al. Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, Iss. 1. P. 419–424. doi: 10.15421/2021\_61
16. Овчарук О. В. Вплив сорту та строків сівби на фотосинтетичну продуктивність квасолі в умовах Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць Вінницького НАУ*. 2012. Вип. 6. С. 113–119.
17. Beebe S., Rao I., Cajiao C., Grajales M. Selection for Drought Resistance in Common Bean Also Improves Yield in Phosphorus Limited and Favorable Environments. *Crop Science*. 2008. Vol. 48, Iss. 2. P. 582–592. doi: 10.2135/cropsci2007.07.0404
18. Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1). С. 162–175. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-12
19. Мазур О. В. Сорти квасолі звичайної як чинник екологізації сільськогосподарського виробництва. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 169–172.
20. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва : Изд-во АН СССР. 1961. 135 с.
21. Шкатула Ю. М. Фотосинтетична продуктивність рослин квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 10. С. 57–65.
22. Чинчик О. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної під впливом екограну і мінеральних добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 88–92.
23. Доктор Н. М., Мартинов О. М., Новицька Н. В. Функціонування фотосинтетичного апарату рослин квасолі звичайної в умовах Закарпаття. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агронімія*. 2017. Вип. 269. С. 67–73.
24. Овчарук О. В. Фотосинтетична продуктивність рослин сортів квасолі звичайної залежно від способів сівби в умовах Західного Лісостепу. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2014. Вип. 22. С. 16–21.
25. Шувар А. М., Свідерко М. С., Беген Л. Л. Продуктивність квасолі залежно від елементів захисту рослин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2013. Вип. 55 (2). С. 119–124.

## References

1. Rozhkov, A. O., & Trush, O. K. (2019). Bean yield depending on the sowing rate in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture*, 17(1), 165–174. doi: 10.31395/2415-8240-2019-94-1-165-174.9 [in Ukrainian]
2. Mazur, V. A., Honcharuk, I. V., Didur, I. M., Pantsyрева, H. V., Telekalo, N. V., & Kupchuk, I. M. (2021). *Innovative aspects of technologies for growing, storing and processing legumes*. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
3. Mazur, V. A., Didur, I. M., Mazur, O. V., & Mazur O. V. (2021). *Peculiarities of manifestation of economic and biological features of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in the conditions of the Forest-Steppe of the Right Bank*. Vinnytsia: Druk. [in Ukrainian]
4. Nichyporovich, A. A. (1966). Photosynthesis and yield issues plants. *Bulletin of Agricultural Science*, 2, 21–23. [in russian]
5. Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R. B. (2006). *Physiology of crop production*. New York, NY: Haworth Press.
6. Kraievska, L. S. (2017). Features of the formation of indicators photosynthetic productivity of common beans depending on pre-sowing seed treatment. *Agriculture and Forestry*, 6(1), 166–174. [in Ukrainian]
7. Haidai, L. (2017). Features of photosynthetic potential of beans common depending on inoculation with different strains of Phizobium Phaseoli and biological product. In *Trends and prospects for the development of science and education in the context of globalization: materials of the XXXI International Scientific and Practical Internet Conference* (Vol., 31, pp. 28–31). December 19, 2017, Pereiaslav-Khmelnytskyi, Ukraine. [in Ukrainian]
8. Kolisnyk, O. M. (2020). Yield of bean seeds depending on fertilizer and application of seed inoculation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Sciences of Europe*, 1(50), 3–13.
9. Panchyshyn, V. Z., Stotska, S. V., Moisiienko, V. V., & Fomina, O. P. (2021). Productivity of common beans (*Phaseolus vulgaris*) depending on the elements of cultivation technology. *Tavria Scientific Bulletin*, 118, 145–151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.18 [in Ukrainian]
10. Argaw, A., & Akuma, A. (2015) *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* sp. inoculation improves the agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental Systems Research*, 4(1), 3–13. doi: 10.1186/s40068-015-0036-z
11. Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, I. C. (2003). Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biology and Fertility of Soils*, 39, 88–93. doi: 10.1007/s00374-003-0682-6
12. Parkhuts, B. I. (2004). Yield and grain quality of common beans depending on pre-sowing seed treatment. *Journal of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 8, 222–227. [in Ukrainian]
13. Parkhuts, B. I. (2005). Influence of fertilizers and sowing methods on yield and grain quality of common beans. *Journal of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 9, 427–431. [in Ukrainian]
14. Lavrenko, S. O., Maksymov, D. O., & Lykhovyd, P. V. (2020). Productivity of black beans depending on agricultural techniques under irrigation. *Vegetables and fruits*, 5, 14–18. [in Ukrainian]
15. Didur, I., Chynchyk, O., Pantsyрева, H., Olifirovych, S., Olifirovych, V., & Tkachuk, O. (2021). Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 419–424. doi: 10.15421/2021\_61
16. Ovcharuk, O. V. (2012). Influence of variety and timing of sowing on photosynthetic productivity of beans in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Proceedings of VNAU. Series of Agricultural Science*, 6, 113–119. [in Ukrainian]
17. Beebe, S. E., Rao, I. M., Cajiao, C., & Grajales, M. (2008). Selection for Drought Resistance in Common Bean Also Improves Yield in Phosphorus Limited and Favorable Environments. *Crop Science*, 48, 582–592. doi: 10.2135/cropsci2007.07.0404
18. Olifirovych, S. Y., Olifirovych, V. O. (2020). Yields of domestic varieties of common beans (grain) in the southern part of the Western Forest-Steppe. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 68(1), 162–175. doi: 10.32636/01308521.2020-(68)-1-12 [in Ukrainian]
19. Mazur, O. V. (2018). Varieties of common beans as a factor in the greening of agricultural production. *Balanced Nature Using*, 1, 169–172. [in Ukrainian]
20. Nichyporovich, A. A., Strohanova, L. E., Chmora, S. N., & Vlasova, M. P. (1961). *Photosynthetic activity of plants in crops*. Mordor: AN SSSR. [in russian]
21. Shkatula, Yu. M. (2018). Photosynthetic productivity of common bean plants in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe. *Agriculture and Forestry*, 10, 57–65. [in Ukrainian]
22. Chynchyk, O. S. (2014). Features of formation of indicators of photosynthetic productivity of common beans under the influence of ecograin and mineral fertilizers. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 22, 88–92. [in Ukrainian]
23. Doktor, N. M., Martynov, O. M., & Novytska, N. V. (2017). Functioning photosynthetic apparatus of common beans in Transcarpathia. *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy*, 269, 67–73. [in Ukrainian]
24. Ovcharuk, O. V. (2014). Photosynthetic productivity of plant varieties common beans depending on the methods of sowing in the Western Forest-Steppe. *Podilian State Agrarian and Engineering University Collection*, 22, 16–21. [in Ukrainian]
25. Shuvar, A. M., Sviderko, M. S., & Behen, L. L. (2013). Bean productivity depending on the plant protection elements. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 55(2), 119–124. [in Ukrainian]



UDC 636.652/654:631.531.048

**Chynchyk, O. S.<sup>1\*</sup>, Olifirovych, S. Y.<sup>1</sup>, & Olifirovych, V. O.<sup>2</sup>** (2021). Photosynthetic productivity of grain kidney bean varieties as affected by pre-sowing seed treatment and foliar fertilization. *Advanced Agritechnologies*, 9. <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.253639> [in Ukrainian]

<sup>1</sup>HEI "Podillia State University", 13 Shevchenka St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi region, 32300, Ukraine, \*e-mail: chinchik1978@gmail.com

<sup>2</sup>Bukovyna State Agricultural Experimental Station of Institute of Agriculture of Carpathian Region of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Chernivtsi, 58025, Ukraine

**Purpose.** Reveal the influence of varietal characteristics, seed inoculation and foliar fertilization on the photosynthetic productivity of kidney bean. **Methods.** Field, laboratory, comparative, and calculation method. **Results.** The leaf area of kidney bean is increasing from the phase of the third trifoliate leaf to the flowering phase. The maximum leaf area was found at the end of flowering phase and amounted to 33.7–40.3 thousand m<sup>2</sup>/ha, varying over varieties, foliar fertilization and the use of biological products. The best fertilizer option for maximum dry matter accumulation was the double application of potassium humate in combination with pre-sowing inoculation of seeds with biological products. The highest dry matter accumulation in this fertilization treatment was demonstrated by 'Otrada' (5.82 t/ha) and 'Nata' (5.86 t/ha) varieties, reaching a maximum at the beginning of ripening. These indicators exceeded the control treatment by 0.64 t/ha or 12.4% and 0.74 t/ha or 14.5%. Photosynthetic potential reached a maximum in the interphase period "the beginning of flowering – the end of flowering" and reached a point of 0.70–0.99 million m<sup>2</sup>·day/ha. The maximum net productivity of photosynthesis in all studied kidney bean varieties, except for 'Halaktyka', was in the period "the third true leaf – the beginning of flowering" and amounted to 3.54–4.26 g/m<sup>2</sup> per day. **Conclusions.** The maximum amounts of the assimilation surface area (39.8–40.5 thousand m<sup>2</sup>/ha) were ensured by 'Bukovynka', 'Otrada' and 'Nata' varieties under the double application of potassium humate in combination with pre-sowing inoculation of seeds with biological products. The maximum values of photosynthetic potential in the conditions of research were provided by varieties 'Nata' (2.0 million m<sup>2</sup>·days/ha), 'Ros' (2.07 million m<sup>2</sup>·days/ha) and 'Otrada' (2.08 million m<sup>2</sup>·days/ha) under fertilization combined pre-sowing inoculation of seeds and two foliar fertilizations with potassium humate. The highest dry matter content in this fertilization treatment was accumulated by 'Otrada' (5.82 t/ha) and 'Nata' (5.86 t/ha) varieties, reaching a maximum at the beginning of ripening phase. The maximum net productivity of photosynthesis of kidney bean was achieved by 'Otrada' variety amounting to 4.06–4.26 g/m<sup>2</sup> per day.

**Keywords:** leaf area; photosynthetic potential; dry matter; net productivity of photosynthesis.

Надійшла / Received 22.11.2021  
Погоджено до друку / Accepted 07.12.2021