

Научная статья

УДК 635.652.2:631.816.1:581.144.4

DOI: 10.31857/S0869769824040082

EDN: IQJTQO

Фотосинтетическая деятельность и урожайность сортов фасоли зерновой в зависимости от уровня минерального питания

А.Ю. Кондратьева✉, Т.А. Асеева

Александра Юрьевна Кондратьева

младший научный сотрудник

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,
Россия

kondrateva.aleksa@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6633-3081>

Татьяна Александровна Асеева

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Хабаровск,
Россия

aseeva59@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Аннотация. Приведены результаты изучения влияния минерального питания на фотосинтетическую деятельность и биологическую урожайность фасоли зерновой. Максимальная площадь листовой поверхности у сорта Хабаровская была сформирована в варианте с дозой удобрений $N_{48}P_{48}K_{48}$, у сортов Гелиада и Шоколадница лучший результат достигнут с применением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Значения показателя фотосинтетического потенциала изменялись пропорционально площади листьев. Наибольший показатель чистой продуктивности фотосинтеза у сортов Хабаровская и Гелиада был сформирован в контрольном варианте – 13,1 г/м² в сутки и 14,6 г/м² в сутки соответственно. Сорт Шоколадница показал наилучший результат при применении $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 9,7 г/м² в сутки. Применение минеральных удобрений достоверно повысило урожайность сортов фасоли в сравнении с контрольным вариантом. У всех изучаемых сортов максимальная урожайность семян была сформирована с внесением максимальной дозы удобрений – $N_{60}P_{60}K_{60}$ и составила: у сорта Хабаровская – 34,7 ц/га, Гелиада – 33,9 ц/га и Шоколадница – 32,2 ц/га. Установлена сильная положительная связь между урожайностью, площадью листовой поверхности и фотосинтетическим потенциалом у всех сортов.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, минеральное питание, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, биологическая урожайность

Для цитирования: Кондратьева А.Ю., Асеева Т.А. Фотосинтетическая деятельность и урожайность сортов фасоли зерновой в зависимости от уровня минерального питания // Вестн. ДВО РАН. 2024. № 4. С. 108–118. <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824040082>

Photosynthetic activity and productivity of grain bean varieties depending on the level of mineral nutrition

A. Yu. Kondrat'eva, T.A. Aseeva

Aleksandra Yu. Kondrat'eva

Junior Researcher

Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk, Russia

kondrateva.aleksa@list.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6633-3081>

Tatiana A. Aseeva

Corresponding Member of RAS, Doctor of Sciences in Agriculture, Director

Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk, Russia

aseeva59@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Abstract. The results of studying the effect of mineral nutrition on photosynthetic activity and biological yield of grain beans are presented. The maximum leaf surface area of the Khabarovskaya variety was formed in the variant with a dose of fertilizers $N_{48}P_{48}K_{48}$ in the varieties Geliada and Shokoladnica, the best result was achieved using $N_{60}P_{60}K_{60}$. The values of the photosynthetic potential index varied proportionally to the leaf area. The highest index of net photosynthesis productivity in the Khabarovskaya and Geliada varieties was formed in the control variant – 13.1 g/m² per day and 14.6 g/m² per day, respectively. The Shokoladnica variety showed the best result when using $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 9.7 g/m² per day. The use of mineral fertilizers significantly increased the yield of bean varieties in comparison with the control variant. In all the studied varieties, the maximum seed yield was formed with the introduction of the maximum dose of fertilizers – $N_{60}P_{60}K_{60}$ and amounted to: the Khabarovskaya variety has 34.7 c/ha, Geliada – 33.9 c/ha and Chokoladnica – 32.2 c/ha. A strong positive relationship was found between yield, leaf surface area and photosynthetic potential in all varieties.

Keywords: common bean, mineral nutrition, leaf area, photosynthetic potential, biological yield

For citation: Kondrat'eva A. Yu., Aseeva T.A. Photosynthetic activity and productivity of grain bean varieties depending on the level of mineral nutrition. *Vestnik of the FEB RAS*. 2024;(4):108–118. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.31857/S0869769824040082>

Введение

Фасоль обыкновенная имеет широкое распространение в мировом земледелии как одна из самых ценных продовольственных культур. Семена обладают высокими вкусовыми качествами и широко используются в кулинарии и консервной промышленности [1]. Эта культура весьма значима при ликвидации дефицита полноценного белка в питании человека, в зрелых семенах фасоли содержится 20–29% белка [2, 3].

Фотосинтез является основным процессом, определяющим величину урожая в посевах сельскохозяйственных культур [4, 5]. Уровень фотосинтетических показателей, достигаемых в полевых условиях, зависит от почвенно-климатических, биологических и агротехнических факторов. При этом важную роль в формировании продуктивности фотосинтеза играет обеспеченность посевов элементами минерального питания [6, 7].

Главной задачей для условий получения высоких урожаев является создание такого посева, в котором бы максимально раскрывались потенциальные возможности фотосинтетической деятельности растений в агроценозе. Этого можно добиться при создании благоприятных условий для роста и развития растений.

Степень обеспечения растений минеральным питанием является одним из основных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также важным звеном технологий выращивания [8]. Исследования в полевой обстановке позволяют установить действия удобрений на рост, развитие и урожайность культур, качество получаемой продукции и показатели плодородия почвы [9].

Цель исследований – выявить зависимость работы фотосинтетического аппарата и величины урожайности фасоли от уровня обеспеченности растений минеральным питанием.

Материал и методы

Исследования проведены в 2022–2023 гг. на опытных полях Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край, Хабаровский район, с. Восточное, 135° в. д., 48° с. ш.) согласно методике полевого опыта [10].

Почва опытного участка лугово-бурая оподзоленно-глеевая, из-за тяжелого механического состава и низкой водопроницаемости во время обильного выпадения атмосферных осадков быстро переувлажняется. Содержание гумуса по Тюрину составляет 1,5–2,2%; рН солевой вытяжки – 4,1 ед.; гидролитическая кислотность – 2,8–4,1 мг-экв./100 г почвы; Р₂О₅ – 3,9–6,4 мг и К₂О – 9,2–16,7 мг на 100 г абсолютно сухой почвы по Кирсанову. Предшественник – яровые зерновые.

Метеорологические условия в годы исследований несколько отличались от среднелетних, однако в целом были достаточно благоприятны для роста и развития растений фасоли, а также формирования урожая. В отдельные периоды роста и развития фасоли наблюдалась повышенная температура воздуха, недостаток или избыток атмосферных осадков. Повышение дневных температур в июле 2022 г. до 30 °С и выше отмечено в течение 8 дней при норме 6, что неблагоприятно отразилось на завязывании бобов (рис.1).

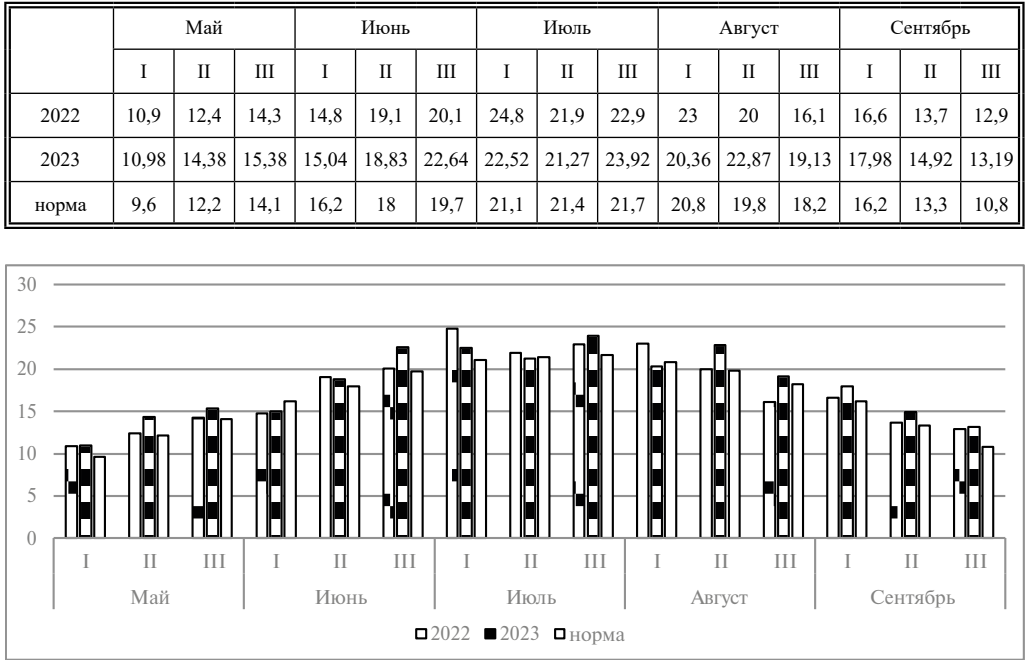


Рис. 1. Температурный режим вегетационного периода, °С.

	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2022	22,2	9	35,6	35,4	13,8	25,6	2	32,4	15,6	152,2	120,4	93,4	59,4	14,6	35,4
2023	25,4	13,4	15	27,6	12	19,8	52,4	20	68,4	12,8	57	74	3	33,4	15,6
норма	18	20	22	24	26	28	34	44	54	53	51	47	35	29	94

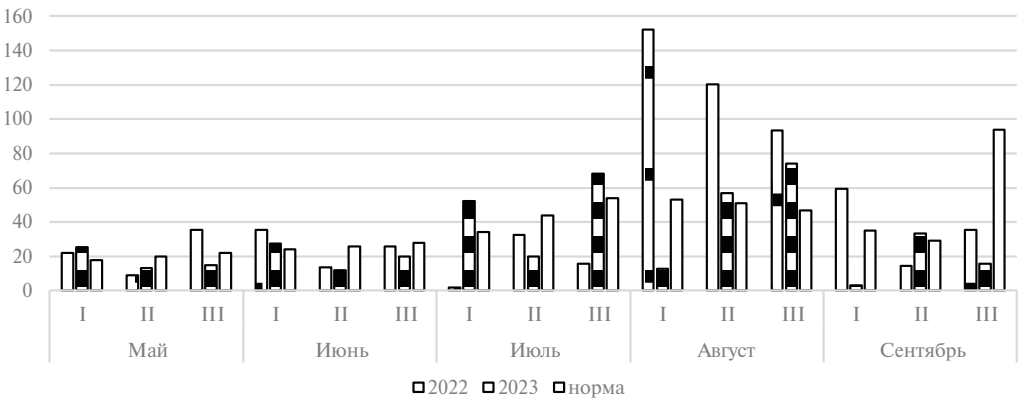


Рис. 2. Распределение суммы осадков по месяцам в период вегетации, мм.

В августе неблагоприятные условия для фасоли обусловили выпавшие осадки в количестве 242% от среднемесячной нормы (366 мм), что вызвало переувлажнение пахотного горизонта почвы (рис.2).

Объектами исследования являлись 3 сорта зерновой фасоли: Хабаровская (селекция ДВНИИСХ), Гелиада (РФ), Шоколадница (РФ).

В целях разработки агротехнологических приемов возделывания фасоли зерновой был заложен опыт по определению нормы удобрений для зерновой фасоли в условиях Среднего Приамурья.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: 1 – контроль (без удобрений), 2 – $N_{32}P_{32}K_{32}$, 3 – $N_{48}P_{48}K_{48}$, 4 – $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Посев фасоли проводили вручную на предварительно сформированных гребнях 70 см в 4-кратной повторности, размещение вариантов рендомизированное. Площадь одной делянки в каждом опыте составила 5,6 м².

Фотосинтетическую деятельность посевов фасоли изучали в динамике по формированию площади листовой поверхности и продолжительности ее работы, которая выражается фотосинтетическим потенциалом (ФП) и чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧФП) [11, 12].

Площадь листовой поверхности определяли методом «высечки» на 10 растениях с делянки на двух несмежных повторностях по фазам роста и развития растений по формуле

$$S = \frac{M \times S_1 \times N}{m \times n}, \quad (1)$$

где S – площадь листьев, м²/га; M – масса листьев всей пробы, г; S₁ – площадь 50 высечек; N – густота стояния растений, шт./га; m – масса 50 высечек г; n – количество растений в пробе, шт.

Фотосинтетический потенциал (ФП) рассчитывали:

$$\Phi П = \frac{S_1 + S_2}{2} \times T, \quad (2)$$

где S₁ и S₂ – площадь листьев, м²/га; T – период времени, дни.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) вычислялась по формуле Кидда, Веста и Бриггса

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{\frac{1}{2}(S_1 + S_2) \times n}, \quad (3)$$

где B_1 и B_2 – сухая масса растений с 1 м² или 1 га посева в конце и начале учетного периода, г или кг; $\frac{1}{2}(S_1 + S_2)$ – средняя площадь листьев за данный промежуток времени, м²/га или м²/м²; n – количество дней между определениями.

Результаты и обсуждение

Одним из главных факторов, влияющих на высокую продуктивность растений, является размер ассимиляционной поверхности. Он зависит от темпов нарастания и длительности активного функционирования листьев. Отмечено, что очень часто величина урожая тесно связана с размерами максимальной площади листьев [13].

Наращение площади листовой поверхности у всех сортов фасоли происходило медленно до фазы полного цветения, так как большая часть ассимилятов в этот период шла на развитие корневой системы растений. Согласно исследованиям А.А. Ничипоровича, оптимальная величина листового аппарата 35–50 тыс. м²/га у зернобобовых культур должна быть достигнута к окончанию вегетативного роста и началу массового образования бобов [11]. Если же фотосинтетическая поверхность достигает максимального размера раньше этого времени, то в результате взаимного затенения значительная часть листьев в нижнем ярусе опадает, а ассимиляционный аппарат резко сокращается, что может привести к значительному снижению урожая.

По данным наших исследований (табл. 1), максимальная величина листового аппарата у всех сортов была сформирована в фазу формирования бобов почти во всех вариантах опыта. У сортов Гелиада и Шоколадница наблюдалось увеличение листовой поверхности к фазе налива семян 75%. Также было установлено, что увеличение дозы минеральных удобрений способствовало и увеличению листовой поверхности растений у всех изучаемых сортов в сравнении с контрольным вариантом. Так, у сорта Хабаровская прирост площади листовой поверхности относительно контрольного варианта при применении $N_{32}P_{32}K_{32}$ составил 21,6%, в варианте $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 46,8%, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 30,5%. У сорта Гелиада при применении $N_{32}P_{32}K_{32}$ прирост составил 46,6%, $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 76,4%, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 112,4%.

Сорт Шоколадница сформировал наибольшую площадь листовой поверхности из всех изучаемых сортов. С увеличением дозы удобрений наблюдался прирост листовой поверхности: в варианте $N_{32}P_{32}K_{32}$ он составил 83,3%, при увеличении дозы до $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 119,5%, а с внесением $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 125,1%.

Различия в величине листовой поверхности по сортам обусловлены прежде всего генотипом растений. Так, сорта Хабаровская и Гелиада имеют детерминантный тип роста и компактный куст. Высота растения у сорта Хабаровская увеличивалась с повышением дозы удобрений в диапазоне от 29,2 до 37,8 см, у сорта Гелиада от 36 до 47,6 см. Сорт Шоколадница имеет индетерминантный тип роста и достаточно большую высоту – от 49,5 до 64,1 см. Таким образом, существует прямая связь между высотой растения и площадью листьев изучаемых сортов ($r = 0,7...0,9$, $\alpha < 0,05$).

Фотосинтетический потенциал (ФП) представляет собой число «рабочих дней» листового аппарата листовой поверхности посева [12].

У всех сортов по изучаемым вегетационным периодам наблюдалась тенденция к увеличению показателя фотосинтетического потенциала растений фасоли в зависимости от дозы минеральных удобрений. Значение ФП было максимальным в период формирования бобов – налива семян 75% во всех вариантах опыта (табл. 2).

Показатель фотосинтетического потенциала сорта Хабаровская при внесении минимальной дозы удобрений $N_{32}P_{32}K_{32}$ превысил контроль на 44,5%, $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 82,5%, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 53,3%. Сорт Гелиада в варианте с внесением $N_{32}P_{32}K_{32}$ превысил контроль на 76,98%, при увеличении дозы до $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 64,3%, а при $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 112,7%. Сорт Шоколадница вследствие

Таблица 1

Динамика формирования площади листьев в зависимости от уровня минерального питания растений сортов фасоли (среднее за 2022–2023 гг.), тыс. м²/га

Вариант	Фаза роста и развития растений			
	3-й тройчатый лист	Цветение	Формирование бобов	Налив семян 75%
Хабаровская				
Контроль	6	12	19	13
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	6	13	23	20
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	6	16	28	26
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7	17	25	24
Гелиада				
Контроль	6	14	18	18
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	7	18	26	29
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	7	19	31	22
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8	22	38	32
Шоколадница				
Контроль	6	21,5	25	31
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	7	34,8	46	40
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	7	33,3	55	38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7	43,4	56	50

Таблица 2

Фотосинтетический потенциал по вегетационным периодам фасоли (среднее за 2022–2023 гг.), тыс. м² × дн. /га

Вариант	Всходы – 3-й тройчатый лист	3-й тройчатый лист – цветение	Цветение – формирование бобов	Формирование бобов – налив семян 75%	Налив семян 75% – физиологическая спелость
Хабаровская					
Контроль	47	106	187	254	175
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	52	118	219	367	270
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	52	131	267	463	351
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	58	139	250	389	327
Гелиада					
Контроль	47	127	194	295	229
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	54	148	264	522	415
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	57	153	300	485	307
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	67	179	358	628	462
Шоколадница					
Контроль	52	285	269	374	404
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	57	425	461	604	523
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	58	412	503	668	498
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	58	514	570	704	643

сортных особенностей сформировал максимальный показатель ФП по всем вариантам опыта. Так, с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{32}P_{32}K_{32}$ превышение над контрольным вариантом составило 61,4%, $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 78,4%, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 78,4%.

Интенсивность накопления абсолютно сухого вещества растениями выражается чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ), которая показывает количество накопленной сухой биомассы на единице площади за сутки.

В наших исследованиях было установлено, что в зависимости от сорта и уровня минерального питания в фазу 3-го тройчатого листа ЧПФ варьировала в диапазоне от 7,4 до 9,6 г/м² в сутки. В фазу цветения показатель ЧПФ сократился и составил от 3,1 до 5,5 г/м² в сутки. В фазу формирования бобов произошло увеличение показателя ЧПФ у сортов Хабаровская и Гелиада, показатель варьировал от 5,6 до 8,6 г/м² в сутки, сорт

Вариант	Контроль	$N_{32}P_{32}K_{32}$	$N_{48}P_{48}K_{48}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
Хабаровская				
3-й тройчатый лист	8,2	7,4	8,1	8,3
Цветение	5,5	5,2	5,1	3,8
Формирование бобов	7,4	7,7	6,3	8,6
Налив семян 75%	13,1	8,5	7,9	10,4
Гелиада				
3-й тройчатый лист	9,6	8,5	8,2	7,8
Цветение	4,9	4,2	4,6	3,1
Формирование бобов	7,2	6,4	5,6	6,0
Налив семян 75%	14,6	9,7	12,2	9,2
Шоколадница				
3-й тройчатый лист	8,5	8,8	9,3	9,1
Цветение	5,2	3,9	5,1	4,3
Формирование бобов	2,1	4,1	1,0	2,6
Налив семян 75%	8,6	7,2	9,7	5,8

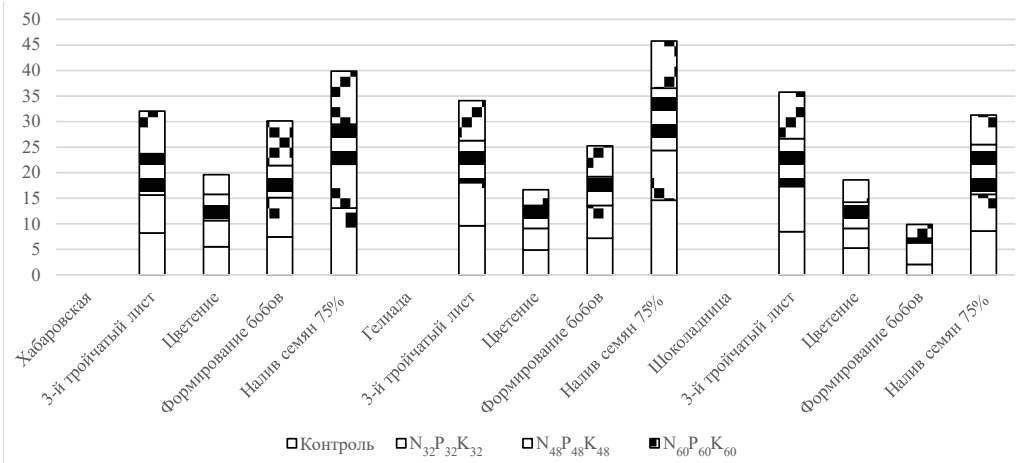


Рис. 3. Чистая продуктивность фотосинтеза в зависимости от уровня минерального питания (среднее за 2022–2023 гг.), г/м² в сутки.

Таблица 3

**Показатели фотосинтетической деятельности посевов и урожайность фасоли
в зависимости от уровня минерального питания (среднее за 2022–2023 гг.)**

Показатель	Вариант				Коэффициент корреляции
	Контроль	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
Хабаровская					
Максимальная площадь листьев, тыс. м²/га	19	23	28	25	0,8
ФП за вегетацию, тыс. м² х дн. /га	753	980	1207	1143	0,9
ЧПФ за вегетацию, г/м² в сутки	2,5	1,8	1,8	2,3	−0,2
Урожайность, ц/га	23,4	27,1	32,2	34,7	HCP _{0,5} = 2,9
Гелиада					
Максимальная площадь листьев, тыс. м²/га	18	26	31	38	1,0
ФП за вегетацию, тыс. м² х дн. /га	908	1364	1289	1692	0,9
ЧПФ за вегетацию, г/м² в сутки	2,9	2,3	2,7	2,1	−0,7
Урожайность, ц/га	22,4	27,4	31,5	33,9	HCP _{0,5} = 3,1
Шоколадница					
Максимальная площадь листьев, тыс. м²/га	31	46	55	56	0,9
ФП за вегетацию, тыс. м² х дн. /га	1349	1994	2040	2431	1,0
ЧПФ за вегетацию, г/м² в сутки	1,9	1,6	2,2	1,3	−0,6
Урожайность, ц/га	18,9	23,9	25,6	32,2	HCP _{0,5} = 6,7

Шоколадница сформировал минимальное количество ЧПФ – от 1 до 4,1 г/м² в сутки, что напрямую связано с максимальной площадью листовой поверхности в данную фазу развития растений (рис. 3).

Максимальное количество ЧПФ было сформировано всеми сортами в фазы формирования бобов и налива семян 75%. Наибольший показатель ЧПФ у сортов Хабаровская и Гелиада отмечался в контрольном варианте, в вариантах с применением различных доз удобрений отток питательных веществ проходил менее интенсивно. Сорт Шоколадница показал наилучший результат при применении минеральных удобрений в дозе N₄₈P₄₈K₄₈. Прямой зависимости между ЧПФ и биологической урожайностью фасоли в зависимости от уровня минерального питания в наших исследованиях обнаружено не было [14]. Этот комплексный параметр зависит не только от физиологического состояния растений, но и от воздействия факторов окружающей среды, которые изменяются в течение не только в фазы роста и развития растений, но и суток [12, 15].

Применение удобрений в дозе N₄₈P₄₈K₄₈ у сорта Хабаровская и N₆₀P₆₀K₆₀ у сортов Гелиада и Шоколадница обеспечило наиболее интенсивный рост максимальной площади листовой поверхности, а также и увеличение фотосинтетического потенциала за вегетационный период. Установлена сильная положительная связь между урожайностью и продолжительностью работы листового аппарата у сортов фасоли (табл. 3).

Урожайность сортов – результат взаимодействия генотипа с условиями среды, в которой она формируется [15]. Обеспеченность почвы основными элементами минерального питания – один из факторов, оказывающих непосредственное влияние на урожайность зерновой фасоли в условиях Среднего Приамурья [16]. Увеличение дозы минерального

питания обеспечило повышение показателей работы фотосинтетического аппарата растений фасоли, что привело к увеличению урожайности семян по сравнению с контрольным вариантом. У всех изучаемых сортов максимальная урожайность семян сформировалась в варианте с применением максимальной дозы минеральных удобрений – $N_{60}P_{60}K_{60}$. Прибавка урожая зерна у сорта Хабаровская составила 48,3%, Гелиада – 51,3%, Шоколадница – 70,4%. Наибольшую отзывчивость на внесение минеральных удобрений показал сорт Шоколадница ввиду сортовых особенностей.

Заключение

Внесение минеральных удобрений оказало положительное влияние на формирование листовой поверхности и продолжительности ее работы у сортов фасоли. У сорта Хабаровская наибольшая площадь листьев была в варианте с внесением $N_{48}P_{48}K_{48}$, у сортов Гелиада и Шоколадница – при максимальной дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Значения показателя фотосинтетического потенциала изменялись пропорционально площади листьев. Наибольший показатель чистой продуктивности фотосинтеза у сортов Хабаровская и Гелиада был сформирован в контрольном варианте – 13,1 г/м² в сутки и 14,6 г/м² в сутки соответственно. Сорт Шоколадница показал наилучший результат при применении минеральных удобрений в дозе $N_{48}P_{48}K_{48}$ – 9,7 г/м² в сутки. Применение минеральных удобрений достоверно повысило урожайность сортов фасоли по сравнению с контрольным вариантом. У всех изучаемых сортов максимальная урожайность семян сформировалась при внесении максимальной дозы удобрений – $N_{60}P_{60}K_{60}$ и составила: у сорта Хабаровская – 34,7 ц/га, Гелиада – 33,9 ц/га и Шоколадница – 32,2 ц/га. Установлена тесная корреляционная зависимость урожайности семян от площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала у всех сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Козлова И.В. Влияние фона минерального питания и применения полива на продуктивность и урожайность зерновой фасоли // Рисоводство. 2020. № 1. С. 54–58.
<https://doi.org/10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58>.
2. Козлова И.В., Пищулин Г.В. Влияние различных схем посева зерновой фасоли сорта Южанка на урожайность и ее структуру // Рисоводство. 2021. № 4. С. 74–80.
DOI: 10.33775/1684-2464-2021-53-4-74-80.
3. Босак В.Н., Сачивко Т.В., Минюк О.Н. Применение минеральных удобрений при возделывании бобовых овощных культур // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. 2019. Т. 45. С. 9–15.
4. Гармаш Ю.А. Фотосинтетическая деятельность перспективных сортов фасоли в условиях лесостепной зоны РСО Алания // Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». 2021. № 58. С. 89–91.
5. Хохоева Н.Т., Тедеева А.А., Мамиев Д.М., Тедеева В.В. Продуктивность и структура урожая фасоли в зависимости от минеральных удобрений // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58–4. С. 46–50. DOI: 10.18411/lj-02-2020-69.
6. Никитин С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов // Успехи современного естествознания. 2017. № 1. С. 33–38.
7. Радикорская В.А. Оптимизация минерального питания зерновых культур и сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2009. № 3. С. 87–89.
8. Пищулин Г.В. Разработка технологических элементов семеноводства лушительной фасоли сорта Снежана селекции ФГБНУ «ФНЦ риса» // Рисоводство. 2021. № 2. С. 83–89.
DOI: 10.33775/1684-2464-2021-51-2-83-89.
9. Склярова М.А., Гаврилюк А.Е. Диагностика потребности зерновой фасоли в удобрениях на основе полевого опыта // Энтузиасты аграрной науки: сборник статей по материалам Международной конференции. 2018. Т. 19. С. 15–20.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая). М., 1961. 135 с.
12. Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., Кобозева Т.П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск : ООО ИПК ОДЕОН, 2016. 115 с.
13. Синеговская В.Т., Урюпина А.А., Ануфриева И.В. Фотосинтетическая деятельность и формирование урожая нового скороспелого сорта сои Сентябринка в зависимости от уровня минерального питания // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 48–52.
DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/48-52.
14. Толмачев М.В., Синеговская В.Т. Влияние технологических приемов возделывания на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сортов сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 12 (62). С. 5–8.
15. Тихончук П.В. Муратов А.А. Фотосинтетическая деятельность и урожай фасоли обыкновенной в зависимости от предпосевной обработки семян // Аграрный вестник Урала. 2008. № 6. С. 42–44.
16. Кондратьева А.Ю. Приемы возделывания фасоли, направленные на реализацию продуктивных качеств в условиях Среднего Приамурья // Молодые ученые – Хабаровскому краю: материалы XXV краевого конкурса молодых ученых. 2023. С. 49–54.

REFERENCES

1. Kozlova I. V. Vliyanie fona mineral'nogo pitaniya i primeneniya poliva na produktivnost' i urozhajnost' zernovoj fasoli = [Effect of mineral nutrition level and application of irrigation on productivity and yield of grain bean]. *Rice Growing*. 2020;(1):54–58. (In Russ.).
DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58.
2. Kozlova I. V., Pishchulin G. V. Vliyanie razlichnykh skhem poseva zernovoj fasoli sorta Yuzhanka na urozhajnost' i ee strukturu = [The influence of various schemes of sowing grain beans of the Yuzhanka variety on the yield and its structure]. *Rice Growing*. 2021;(4):74–80. (In Russ.). DOI: 10.33775/1684-2464-2021-53-4-74-80.
3. Bosak V.M., Sachyuka T.U., Minyuk V.M. Primenenie mineral'nykh udobrenij pri vzdelyvanii bobovykh ovoshchnykh kul'tur = [Application of mineral fertilizers in the cultivation of leguminous vegetable crops]. *Sel'skoe Khozyajstvo – Problemy i Perspektivy*. 2019;(45):9–15. (In Russ.).
4. Garmash Yu. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' perspektivnykh sortov fasoli v usloviyakh leso-stepnoj zony RSO Alaniya = [Photosynthetic activity of promising bean varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of Alania]. *Vestnik Nauchnykh Trudov Molodykh Uchyonykh, Aspirantov i Magistrantov FGBOU VO "Gorskij Gosudarstvennyj Agrarnyj Universitet"*. 2021;(58):89–91. (In Russ.).
5. Hokhueva N. T., Tedeeva A. A., Mamiev D. M., Tedeeva V. V. Produktivnost' i struktura urozhaya fasoli v zavisimosti ot mineral'nykh udobrenij = [Productivity and structure of the bean crop depending on mineral fertilizers]. *Tendencii Razvitiya Nauki i Obrazovaniya*. 2020;(58-4):46–50. (In Russ.).
DOI: 10.18411/lj-02-2020-69.
6. Nikitin S. N. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij v posevakh i dinamika rostovykh processov pri primenении biologicheskikh preparatov = [Photosynthetic activity of plants in crops and dynamics of growth processes in the application of biological products]. *Advances in Current Natural Sciences*. 2017;(1):33–38. (In Russ.).
7. Radikorskaya V. A. Optimizaciya mineral'nogo pitaniya zernovykh kul'tur i soi = [Optimization of mineral nutrition of cereals and soybeans]. *Dal'nevostochnyj Agrarnyj Vestnik*. 2009;(3):87–89. (In Russ.).
8. Pishchulin G. V. Razrabotka tekhnologicheskikh ehlementov semenovodstva lushchil'noj fasoli sorta Snezhana selekcii FGBNU «FNC risa» = [Development of technological elements of seed production of shelled beans of the Snezhana variete of the selection fsbsi «Federal Scientific Rice Center»]. *Rice Growing*. 2021;(2):83–89. (In Russ.). DOI: 10.33775/1684-2464-2021-51-2-83-89.
9. Sklyarova M. A., Gavriluk A. E. Diagnostika potrebnosti zernovoj fasoli v udobreniyakh na osnove polevogo opyta = [Diagnosis of the need for grain beans in fertilizers based on field experience]. *Ehntuziasty Agrarnoj Nauki. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj konferencii*. 2018;(19):15–20. (In Russ.).
10. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta = [Field experience methodology]. M: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).

11. Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij v posevah (metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniem urozhayev) = [Photosynthetic activity of plants in crops (Methods and tasks of accounting in connection with the formation of harvests)]. M.; 1961. 135 p. (In Russ.).
12. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., Kobozeva T.P. Metody issledovaniy v polevykh opytakh s soej = [Research methods in field experiments with soy]. Blagoveshchensk: OOO IPK ODEON; 2016. 115 p. (In Russ.).
13. Sinegovskaya V.T., Uryupina A.A., Anuphrieva I.V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i formirovanie urozhaya novogo skorospelogo sorta soi Sentyabrinka v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya = [Photosynthetic activity and yield formation of a new early maturing Sentyabrinka soybean variety depending on fertilization level]. *Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*. 2021;(4):48–52. (In Russ.). DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/48-52.
14. Tolmachev M.V., Sinegovskaya V.T. Vliyanie tekhnologicheskikh priemov vozdeystviya na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i produktivnost' sortov soi = [The influence of technological methods of cultivation on photosynthetic activity and productivity of soybean varieties]. *Vestnik Altajskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2009;(12):5–8. (In Russ.).
15. Tihonchuk P.V., Muratov A.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i urozhaj fasoli obyknovЕННОj v zavisimosti ot predposevnoj obrabotki semyan = [Photosynthetic activity and the harvest of ordinary kidney beans depending on preseedling processing of seeds]. *Agrarnyi Vestnik Urala*. 2008;(6):42–44. (In Russ.).
16. Kondrat'eva A. Yu. Priemy vozdeystviya na fasoli, napravlennye na realizatsiyu produktivnykh kachestv v usloviyakh Srednego Priamur'ya = [Bean cultivation techniques aimed at realizing productive qualities in the conditions of the Middle Amur region]. *Molodye Uchenye – Khabarovskomu Krayu*. Materialy XXV kraevogo konkursa molodykh uchenykh. 2023. P. 49–54. (In Russ.).