

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11>

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Научная статья

Тойгильдин А.Л.^{1,*}, Подсевалов М.И.², Мустафина Р.А.³, Тойгильдина И.А.⁴, Аюпов Д.Э.⁵

¹ORCID : 0000-0002-7713-5283;

⁴ORCID : 0000-0001-8620-2671;

^{1, 2, 3, 4, 5} Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (atoigildin[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье приводятся результаты исследований, направленных на совершенствование технологии возделывания зерновых бобовых культур – гороха и сои в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Исследования показали, что для повышения площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) изучаемых культур более эффективна технология обработки почвы по схеме: дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см и защита растений с протравливанием семян Дэлит Про, КС (пираклостробин, 200 г/л) 0,5 л/т совместно с биопрепаратом БиосолбиСан, Ж (*Bacillus subtilis*, штамм Ч-13) 1 л/т; обработка гербицидом Пивот, ВРК (имазетапир, 100 г/л) 0,5 л/га + биофунгицид БиосолбиСан, Ж (*Bacillus subtilis*, штамм Ч-13) 1 л/га.

Ключевые слова: соя, горох, обработка почвы, защита растений, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность.

THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL AND PRODUCTIVITY OF GRAIN LEGUME CROPS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Research article

Toigildin A.L.^{1,*}, Podsevalov M.I.², Mustafina R.A.³, Toigildina I.A.⁴, Ayupov D.E.⁵

¹ORCID : 0000-0002-7713-5283;

⁴ORCID : 0000-0001-8620-2671;

^{1, 2, 3, 4, 5} Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russian Federation

* Corresponding author (atoigildin[at]yandex.ru)

Abstract

The article presents the results of research aimed at improving the technology of cultivation of grain legume crops – peas and soybeans in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. The research showed that to increase leaf surface area, photosynthetic potential (PP) and net photosynthetic productivity (NSPP) of the studied crops, the tillage technology according to the scheme is more effective: discing at 10-12 cm + plowing at 25-27 cm and plant protection with seed dressing Delit Pro, KS (pyraclostrobin, 200 g/l) 0.5 l/t together with biopreparation BiosolbiSan, J (*Bacillus subtilis*, strain Ch-13) 1 l/t; treatment with Pivot herbicide, VPK (imazetapyr, 100 g/l) 0.5 l/ha + Biofungicide BisolbiSan, J (*Bacillus subtilis*, strain Ch-13) 1 l/ha.

Keywords: soybean, peas, tillage, plant protection, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, yield.

Введение

Зерновые бобовые культуры являются обязательным элементом адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В настоящее время увеличение площади зерновых бобовых культур и их набора, в сочетании с увеличением их продуктивности за счет интенсивных технологий, является одной из актуальных задач [1].

Важной зерновой бобовой культурой для Среднего Поволжья является горох, но в условиях богарного земледелия его продуктивность бывает низкой, накладывая при этом проблемы с уборкой, поэтому необходимо вести поиск альтернативных культур. Перспективной культурой в плане предшественника в севообороте, а также с экономической точки зрения является соя – высокобелковая культура, которая в семенах содержит в полтора раза больше белка, чем в семенах гороха, а цена реализации, как правило, в 2 раза выше [2].

Для повышения эффективности отрасли растениеводства необходимо оптимизировать основные элементы агротехнологий. Остается высокой роль основной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных культур, что зачастую занимает первое место среди других агротехнологических приемов, влияющих на создание благоприятных условий от которых зависит процессы фотосинтеза, рост и развития растений [3]. Актуальным является вопрос о влиянии защиты посевов от вредных организмов на продуктивность зернобобовых культур [4], [5].

От эффективности процесса фотосинтеза зависит масса сформированного органического вещества и урожай основной продукции. Следовательно, для получения максимальной урожайности необходима оптимизация фотосинтетической деятельности растений в агроценозе. В полевых условиях совокупность растений на единице площади представляет собой сложную фотосинтезирующую систему, изменяющуюся в процессе вегетации в результате взаимодействия с окружающей средой. Многие ее факторы – температурный режим, напряженность света, длина дня, количество осадков и другие – практически невозможно контролировать. Однако, на основании анализа природно-климатических факторов, можно разработать адаптивные технологии, максимально нивелирующие неблагоприятные условия среды, и подобрать сорта приспособленные к возделыванию в определенных условиях.

Другие факторы, такие как почвенное плодородие, минеральное питание, засоренность посевов, заселение вредителями и развитие болезней, поддаются регулированию [6], [7], [8].

Следовательно, создание посева с оптимальными значениями показателей фотосинтетической деятельности, обеспечивающего максимальные урожаи в конкретных почвенно-климатических условиях, возможно только за счет систематического контроля роста и развития растений и направления хода посевов в соответствии с заранее заданными параметрами [9], [10], [11].

В результате многочисленных исследований установлено, что фотосинтетический аппарат и его продуктивность полностью зависят от условий внешней среды. В связи с этим возникает необходимость в разработке технологических приемов на основе изучения роста и развития растений сои и гороха с учетом создания оптимальных условий их возделывания.

Цель исследований – оценить продуктивность фотосинтеза и урожайность гороха и сои в зависимости от обработки почвы и защиты растений в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Методы и принципы исследования

Экспериментальной базой проведения исследований являлось опытное поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ, где был заложен 3-факторный стационарный полевой опыт кафедры.

Фактор А – бобовые культуры: соя (УСХИ-6) и горох (Ульяновец).

Нами изучались системы основной обработки почвы (фактор В):

1 вариант – комбинированная в севообороте, заключающаяся в проведении вспашки на 25-27 см 2 раза за ротацию 6-польных севооборотов, плоскорезная обработка, безотвальное рыхление и дискование на 10-12 см;

2 вариант – минимальная: 1 раз за ротацию севооборота вспашка (на 20-22 см), культивация на 12-14 см и дискование на 10-12 см.

Обработка почвы под зерновые бобовые культуры проводилась по следующим схемам:

V₁ – дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см (глубокая обработка);

V₂ – дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см (мелкая обработка).

При возделывании изучаемых культур были предусмотрены 2 уровня защиты растений (фактор С):

1) уровень нормальных агротехнологий (минимальная защита растений), который заключается в применении гербицида Пивот, ВРК 0,5 л/га;

2) уровень интенсивных агротехнологий (адаптивно-интегрированная защита растений): протравливание семян препаратом Дэлит Про, КС 0,5 л/т совместно с биопрепаратом БиосолбиСан, Ж 1 л/т; внесение гербицида Пивот, ВРК 0,5 л/га + биофунгицид БисолбиСан, Ж 1 л/га.

Агротехника возделывания зерновых бобовых культур в опыте общепринятая для зоны. Севообороты развернуты в пространстве и во времени, поля расположены на 6 блоках (по количеству полей), размещены методом расщепленных делянок, повторность опыта 3-кратная, размер делянок – от 140 до 560 м² посевной площади. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемогучий среднесуглинистый по гранулометрическому составу.

Почвенно-климатические условия лесостепной зоны Поволжья обладают благоприятными условиями для возделывания зерновых бобовых культур. Среднегодовое количество осадков на территории опытного поля составляет 529 мм, а за период май-июль 166 мм (ГТК по Селянинову = 1,00). В годы проведения исследований количество осадков за май-июль колебалось от 64 мм, при ГТК = 0,39 (2018 год), до 145 мм, при ГТК = 0,88 (2020 году). В 2019 году за указанный период количество осадков составило 101 мм при ГТК = 0,60. Таким образом, согласно классификации Е. К. Зойдце [12] полевые опыты были проведены в условиях недостаточной влагообеспеченности – 2020 год (норма для условий лесостепной зоны Поволжья), слабой засухи – 2019 год и в условиях сильной засухи – 2018 год.

Основные результаты

Важным показателем, тесно коррелирующим с величиной урожая, и во многом отражающим его является площадь листовой поверхности растений.

Наши исследования показали, что изучаемые приемы обработки почвы и защита растений оказывали существенное влияние на динамику роста листовой поверхности сои и гороха. Наибольшее значение площади листовой поверхности было получено на варианте обработки почвы – дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см (комбинированная в севообороте обработка почвы) обеспечила в агрофитоценозах сои площадь в 44,3 тыс. м²/га, превысив показатели мелкой обработки почвы на 3,5 % (1,4 тыс. м²/га), горох – 56,9 тыс. м²/га и 2,6 % (1,5 тыс. м²/га).

Адаптивно-интегрированная защита растений обеспечила формирование площади листовой поверхности в ценозах гороха на уровне 56,5 тыс. м²/га, превысив показатели первого уровня защиты на 3,5 тыс. м²/га (6,1 %), в посевах сои соответственно – 43,7 тыс. м²/га и 2,3 тыс. м²/га (5,3 %).

Таблица 1 - Динамика площади листовой поверхности за 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11.1>

Культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Защита растений Фактор С	Фаза развития			
			стеблевани е - бутонизаци я, тыс. м ² /га.	цветение - образовани е бобов, тыс. м ² /га.	начало налива семян, тыс. м ² /га.	полный налив семян, тыс. м ² /га.
Соя А ₁	В ₁	С ₁	6,9	27,2	42,9	30,4
		С ₂	7,2	28,7	45,7	32,2
	В ₂	С ₁	5,9	24,6	39,8	28,3
		С ₂	6,3	26,0	41,7	29,6
Горох А ₂	В ₁	С ₁	3,9	37,3	54,5	38,8
		С ₂	4,5	39,8	59,3	40,6
	В ₂	С ₁	3,3	36,0	51,5	33,9
		С ₂	3,6	37,1	53,6	36,7

Примечание: В₁ – дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см; В₂ – дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см; С₁ – гербицид; С₂ – протравливание семян + гербициды + биофунгицид

Таким образом, наибольшая площадь листовой поверхности была отмечена в посевах сои 39,8-45,7 тыс. м²/га и гороха 51,5-59,3 тыс. м²/га в фазу начала налива семян (табл. 1). Максимальные значения были получены по комбинированной обработке почвы на адаптивно-интегрированной системе защиты растений: соя – 45,7 тыс. м²/га; горох – 59,3 тыс. м²/га.

Площадь листовой поверхности растений определяла их фотосинтетический потенциал. Установлено, что из изучаемых вариантов опыта наиболее эффективна была также технология с комбинированной обработкой почвы по адаптивно-интегрированной защите растений. В этом варианте опыта был получен самый высокий уровень ФСП: соя – 2203 тыс. м²*дней/га; горох – 2123 тыс. м²*дней/га (табл. 2). Низкий уровень ФСП был отмечен на сое с мелкой обработкой почвы по первому уровню защиты растений – 1843 тыс. м²*дней/га (табл. 2).

Значение чистой продуктивности фотосинтеза посевов бобовых возрастало от фазы всходов и достигало максимальных значений к периоду цветение-образование бобов, после чего происходило постепенное его снижение. С наступлением фазы образования бобов, растения гороха полегают, при этом нарушается световой режим листьев нижнего яруса. Нарастание площади листовой поверхности и увеличение биомассы растений приводит к увеличению чистой продуктивности фотосинтеза.

Таблица 2 - Показатели фотосинтетической деятельности посевов зерновых бобовых культур за 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11.2>

Культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Защита растений Фактор С	Показатели фотосинтетической деятельности							
			2018		2019		2020		Среднее	
			ФСП	ЧПФ	ФСП	ЧПФ	ФСП	ЧПФ	ФСП	ЧПФ
Соя А ₁	В ₁	С ₁	1596	2,82	2319	4,18	2320	3,26	2079	3,42
		С ₂	1708	2,95	2443	4,26	2458	3,33	2203	3,51
	В ₂	С ₁	1435	2,57	2140	4,09	2130	3,10	1902	3,25
		С ₂	1528	2,67	2253	4,17	2224	3,21	2002	3,35
Горох А ₂	В ₁	С ₁	1557	4,00	2532	5,28	1842	4,42	1977	4,57
		С ₂	1662	4,46	2745	5,62	1962	4,46	2123	4,85
	В ₂	С ₁	1455	3,70	2344	4,89	1729	4,10	1843	4,23
		С ₂	1512	3,86	2449	5,12	1824	4,35	1929	4,44

Примечание: В₁ – дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см; В₂ – дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см; С₁ – гербицид; С₂ – протравливание семян + гербициды + биофунгицид

Показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) исследуемых бобовых культур варьировали в зависимости от варианта опыта. В фазу бутанизация-цветение значение ЧПФ горох достигало 4,09, а сои – 3,70 г/м² в сутки (в среднем).

Обработка данных по влиянию вариантов основной обработки почвы позволяет сделать вывод, что первый вариант в наибольшей степени повлиял на увеличение показателя чистой продуктивности фотосинтеза в фазу бутонизация-цветение в сравнении со вторым. Адаптивно-интегрированная защита растений, как и комбинированная обработка почвы в севообороте, повышали чистую продуктивность фотосинтеза. Сочетание комбинированной в севообороте обработки почвы с адаптивно-интегрированной защитой растений от вредных организмов позволили получить максимальные показатели ЧПФ по культурам.

Урожайность сельскохозяйственных культур является одним из определяющих показателей агрономической эффективности ведения производства, это основной показатель, который характеризует тот или иной агротехнический прием, существенно зависящий от факторов внешней среды.

Урожайность зерновых бобовых культур в зависимости от изучаемых факторов в период 2018-2020 гг. представлена в таблице 3.

Анализ данных, полученных по системам основной обработки почвы, позволил выявить, что урожайность сои на глубокой вспашке на 0,31 т/га (13,8 %) выше, чем при мелкой обработке почвы – 1,94 т/га. Урожайность гороха также повышалась на отмеченном варианте – 2,65 т/га, что больше на 0,29 т/га (10,9 %) в сравнении с мелкой обработкой.

Таблица 3 - Урожайность зерновых бобовых культур в зависимости от обработки почвы и уровня защиты растений за 2018-2020 гг

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11.3>

Культура Фактор А	Обработка почвы Фактор В	Защита растений Фактор С	Урожайность, т/га			В среднем за 3 года	Среднее по факторам		
			2018	2019	2020		А	В	С
Соя А ₁	В ₁	С ₁	1,84	2,37	2,30	2,17	2,10	2,25	1,99
		С ₂	2,03	2,48	2,50	2,34			
	В ₂	С ₁	1,55	1,71	2,16	1,81		1,94	2,21
		С ₂	1,82	2,15	2,27	2,08			
Горох А ₂	В ₁	С ₁	2,17	2,35	3,11	2,54	2,51	2,65	2,40
		С ₂	2,32	2,64	3,35	2,77			
	В ₂	С ₁	1,85	2,15	2,75	2,25		2,36	2,62
		С ₂	2,05	2,37	2,98	2,47			
НСР ₀₅			0,24	0,19	0,16	-	-	-	-
НСР ₀₅ А			0,12	0,09	0,08	-	-	-	-
НСР ₀₅ В и С			0,09	0,07	0,06	-	-	-	-

Примечание: В₁ – дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см; В₂ – дискование на 10-12 см + культивация на 12-14 см; С₁ – гербицид; С₂ – протравливание семян + гербициды + биофунгицид

На адаптивно-интегрированной защите растений урожайность семян сои повысилась на 0,22 т/га или 10,0 %, гороха также на 0,22 т/га или на 8,4% в сравнении с минимальным уровнем защиты посевов (обработка гербицидом).

Погодные условия за годы исследований и изучаемые нами факторы отразились на урожайности зерновых бобовых культур. В засушливом 2018 году урожайность сои изменялась от 1,55 до 2,03 т/га и в среднем по опыту – 1,79 т/га. Урожайность гороха варьировала от 1,85 до 2,32 т/га, в среднем – 2,10 т/га, что на 0,29 т/га выше урожая сои (при НСР₀₅ = 0,24 т/га). Наибольшая урожайность была получена в 2020 году, который оказался наиболее обеспечен влагой. В среднем за 2020 год урожайность сои составила 2,31 т/га, что 0,13 т/га выше урожая 2019 года, и на 0,50 т/га выше данных полученных в первый год исследований. Урожайность гороха в 2020 году в среднем была на уровне 3,05 т/га, превышая урожайности первого и второго годов исследований на 0,95 и 0,67 т/га соответственно.

Нами выявлена сильная прямая связь урожайности зерновых бобовых культур ($Y_{1,2}$, т/га) с площадью листовой поверхности культур (x_1, x_2 , тыс. м²/га) в фазу начала налива семян:

$$\text{ - соя: } Y_1 = 0,0308x_1 + 0,6047 \quad (r = 0,983);$$

$$\text{ - горох: } Y_2 = 0,029x_2 + 0,8002 \quad (r = 0,971).$$

Заключение

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья на черноземных почвах для повышения площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) изучаемых культур более эффективна технология обработки почвы по схеме: дискование на 10-12 см + вспашка на 25-27 см и защита растений с протравливанием семян Дэлит Про, КС (пираклостробин, 200 г/л) 0,5 л/т совместно с биопрепаратом

БиосолбиСан, Ж (*Bacillus subtilis*, штамм Ч-13) 1 л/т; обработка гербицидом Пивот, ВРК (имазетапир, 100 г/л) 0,5 л/га + биофунгицид БисолбиСан, Ж (*Bacillus subtilis*, штамм Ч-13) 1 л/га.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.11.4>

Список литературы / References

1. Хайртдинова Н.А. Зерновые бобовые агрофитоценозы в севооборотах лесостепи Поволжья / Н.А. Хайртдинова, В.И. Морозов, А.Л. Тойгильдин. — Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. — 187 с.
2. Дозоров А.В. Возделывание сои в Ульяновской области / А.В. Дозоров, А.Ю. Наумов, Ю.В. Ермошкин и др. — Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2014. — 59 с.
3. Гармашов В.М. Основная обработка почвы под горох в условиях недостаточной влагообеспеченности / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная // Зернобобовые и крупяные культуры. — 2019. — 3(31). — с. 58-63. — DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11115.
4. Спиридонов Ю.Я. Адаптивно-интегрированная защита растений / Ю.Я. Спиридонов, М.С. Соколов, А.П. Глинушкин и др. / Москва, 2019. — 628 с.
5. Новиков М.Н. Биологические приемы борьбы с болезнями растений в агроценозах / М.Н. Новиков // Владимирский земледелец. — 2021. — 1(95). — с. 15-19. — DOI: 10.24412/2225-2584-2021-1-15-19.
6. McDonald G. High temperature effects on photosynthesis and water relations of grain legumes / G. McDonald, G. Paulsen // Plant and Soil. — 1997. — 196. — p. 47-58. — DOI: 10.1023/A:1004249200050
7. Посыпанов Г.С. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др. — Москва: Колос, 1997. — 447 с.
8. Кузнецов И.И. Роль фотосинтеза в реализации продуктивных возможностей растений гороха и сои / И.И. Кузнецов, В.И. Панарина // Образование, наука и производство. — 2016. — 4(17). — с. 63-66.
9. Irigoyena J.J. Growth, photosynthetic acclimation and yield quality in legumes under climate change simulations: An updated survey / J.J. Irigoyena, N. Goicoechea, M.C. Antolína et al. // Plant Science. — 2014. — Vol. 226(9). — p. 22-29. — DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.05.008
10. Моисеенко А.А. Изменение фотосинтетической деятельности у сортов сои разных групп спелости в Приморском крае / А.А. Моисеенко, Е.Ж. Кушаева // Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр. — Владивосток: Дальнаука. — 2005. — с. 172-176.
11. Хамоков Х.А. Активность фотосинтеза и симбиотическая деятельность посевов сои, гороха и вики в зависимости от применения микроэлементов / Х.А. Хамоков, Э.Х. Хамоков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2015. — 6(56). — с. 23-25.
12. Зоидзе Е.К. Сравнительная оценка сельскохозяйственного потенциала климата территории РФ и степени использования её агроклиматических ресурсов сельскохозяйственными культурами / Е.К. Зоидзе, Л.И. Овчаренко. — СПб: Гидрометеоздат. — 2000. — 75 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Hajrtdinova N.A. Zernovye bobovye agrofitocenozy v sevooborotah lesostepi Povolzh'ja [Grain Legumes Agrophytocenoses in Crop Rotations in the Forest Steppe of the Volga Region] / N.A. Hajrtdinova, V.I. Morozov, A.L. Tojgil'din. — Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2017. — 187 p. [in Russian]
2. Dozorov A.V. Vozdelyvanie soi v Ul'janovskoj oblasti [Soybean Cultivation in Ulyanovsk Oblast] / A.V. Dozorov, A.Ju. Naumov, Ju.V. Ermoshkin et al. — Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2014. — 59 p. [in Russian]
3. Garmashov V.M. Osnovnaja obrabotka pochvy pod goroh v uslovijah nedostatochnoj vlagoobespechennosti [Main Tillage for Peas in Conditions of Insufficient Moisture Supply] / V.M. Garmashov, I.M. Kornilov, N.A. Nuzhnaja // Zernobobovye i krupjanye kul'tury [Grain Legumes and Cereals]. — 2019. — 3(31). — p. 58-63. — DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11115. [in Russian]
4. Spiridonov Ju.Ja. Adaptivno-integrirovannaja zashhita rastenij [Adaptive-integrated Crop Protection] / Ju.Ja. Spiridonov, M.S. Sokolov, A.P. Glinushkin et al. / Moscow, 2019. — 628 p. [in Russian]
5. Novikov M.N. Biologicheskie priemur bor'by s boleznyami rastenij v agrocehozah [Biological Control of Plant Diseases in Agrocehoses] / M.N. Novikov // Vladimirskij zemledec [Vladimir Farmer]. — 2021. — 1(95). — p. 15-19. — DOI: 10.24412/2225-2584-2021-1-15-19. [in Russian]
6. McDonald G. High temperature effects on photosynthesis and water relations of grain legumes / G. McDonald, G. Paulsen // Plant and Soil. — 1997. — 196. — p. 47-58. — DOI: 10.1023/A:1004249200050
7. Posypanov G.S. Rastenievodstvo [Crop Production] / G.S. Posypanov, V.E. Dolgodvorov, G.V. Korenev et al. — Moscow: Kolos, 1997. — 447 p. [in Russian]

8. Kuznecov I.I. Rol' fotosinteza v realizacii produktivnyh vozmozhnostej rastenij goroha i soi [The Role of Photosynthesis in the Realization of Productive Capabilities of Pea and Soybean Plants] / I.I. Kuznecov, V.I. Panarina // *Образование, наука и производство* [Education, Science and Production]. — 2016. — 4(17). — p. 63-66. [in Russian]
9. Irigoyena J.J. Growth, photosynthetic acclimation and yield quality in legumes under climate change simulations: An updated survey / J.J. Irigoyena, N. Goicoechea, M.C. Antolína et al. // *Plant Science*. — 2014. — Vol. 226(9). — p. 22-29. — DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.05.008
10. Moiseenko A.A. Izmenenie fotosinteticheskoj dejatel'nosti u sortov soi raznyh grupp spelosti v Primorskom krae [Changes in Photosynthetic Activity in Soybean Varieties of Different Harvest Groups in Primorsky Krai] / A.A. Moiseenko, E.Zh. Kushaeva // *Аграрная наука — сельскохозяйственному производству Дальнего Востока* [Agricultural Science to Agricultural Production in the Far East]: collection of scientific works. — Vladivostok: Dal'nauka. — 2005. — p. 172-176. [in Russian]
11. Hamokov H.A. Aktivnost' fotosinteza i simbioticheskaja dejatel'nost' posevov soi, goroha i viki v zavisimosti ot primenenija mikrojelementov [Photosynthetic Activity and Symbiotic Activity of Soya, Pea and Vika Crops Depending on Micronutrient Application] / H.A. Hamokov, Je.H. Hamokov // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. — 2015. — 6(56). — p. 23-25. [in Russian]
12. Zoidze E.K. Sravnitel'naja ocenka sel'skohozjajstvennogo potenciala klimata territorii RF i stepeni ispol'zovaniya ejo agroklimaticheskikh resursov sel'skohozjajstvennymi kul'turami [Comparative Assessment of the Agricultural Potential of the Climate of the Territory of the Russian Federation and the Use of its Agroclimatic Resources by Crops] / E.K. Zoidze, L.I. Ovcharenko. — SPb: Gidrometeoizdat. — 2000. — 75 p. [in Russian]