

Научная статья
УДК 633.853.52:632.4
DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_3

Влияние патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование урожайности и биохимических показателей сои в условиях Приморского края

Л.М. Лукьянчук, Е.С. Бутовец , Е.А. Васина

Людмила Михайловна Лукьянчук
младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Екатерина Сергеевна Бутовец
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

Евгения Александровна Васина
младший научный сотрудник
Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки,
Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3385-995X>

Аннотация. Дана оценка влияния патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование хозяйственно ценных признаков и биохимических показателей районированных сортов сои в условиях Приморского края. Установлены закономерности влияния погодных условий на интенсивность развития септориоза на сое. Корреляционный анализ выявил сильную прямую связь степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$) и обратную – с накоплением масла ($r = -0,84$). Максимальному развитию *S. glycines* на листовой пластинке сои и формированию белка в семени способствовали благоприятные внешние условия. Коэффициент корреляции ($r = 0,19$) между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая. Установлено негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои, подавляющее генетический потенциал сортов. Увеличение степени поражения листьев сои привело к незначительному повышению показателя массы 1000 семян сои.

Ключевые слова: Приморский край, соя, сорт, септориоз, урожайность, содержание белка и масла, корреляция

Для цитирования: Лукьянчук Л.М., Бутовец Е.С., Васина Е.А. Влияние патогена *Septoria glycines* Hemmi на формирование урожайности и биохимических показателей сои в условиях Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2022. № 3. С. 33–41. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_3.

Original article

The effect of *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent on yield and biochemical parameters in soybean under the conditions of Primorye Territory

L.M. Lukyanchuk, E.S. Butovets, E.A. Vasina

Ljudmila M. Lukyanchuk

Junior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Ekaterina S. Butovets

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Research Scientist

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

Evgeniya A. Vasina

Junior researcher

Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Timiryazevsky village, Russia

otdelsoy@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3385-995X>

Abstract. This paper examines how *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent affects economically valuable traits and biochemical parameters in released soybean varieties under the conditions of Primorsky Krai. The correlation between weather conditions and the development of Septoria brown spot was revealed for soybean by monitoring the fungal infection process. The correlation analysis showed that there was a strong relationship between the disease severity and the protein content in seeds ($r = 0.83$). As for the oil content, an inverse relationship was revealed ($r = -0.84$). Both the development of *S. glycines* on leaves and the synthesis of proteins in seeds were maximal under favorable growth conditions. A low coefficient of the correlation ($r = 0.19$) between yield and resistance to Septoria brown spot proves that *S. glycines* does not have a significant effect on the yield formation. It was observed that Septoria brown spot negatively affected the development of the reproductive organs in soybean plants suppressing the genetic potential of the studied varieties. Worsening disease severity of soybean leaves led to a slight increase in the 1000 kernel weight.

Keywords: Primorsky Krai, soybean, variety, Septoria brown spot, protein and oil content, correlation

For the citation: Lukyanchuk L.M., Butovets E.S., Vasina E.A. The effect of *Septoria glycines* Hemmi pathogenic agent on yield and biochemical parameters in soybean under the conditions of Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):33-41. http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2022_223_03_3.

Введение

В настоящее время на Дальнем Востоке стабильно увеличиваются посевные площади и валовые сборы зерна сои, обусловленные использованием новых урожайных сортов с высокой адаптационной способностью к условиям возделывания [1, 2]. Особую значимость для стабилизации высокой продуктивности и качественного состава зерна сои представляют защитные мероприятия от болезней в агрофитоценозе [3]. Для снижения пестицидного прессинга на агроценозы необходимо использование сортов, устойчивых к вредоносным патогенам (грибным, бактериальным и вирусным), так как уровень урожайности некоторых генотипов сои напрямую зависит от их способности противостоять заболеванию, а фитоиммунитет, как известно, во многом определяет ростовые процессы, развитие и реализацию потенциала растения [4].

В большей степени негативное влияние на сортовые, посевные и качественные показатели культуры сои оказывают различные болезни [5]. Среди них в условиях Приморского края наиболее распространенным из группы наземно-воздушных или листостеблевых фитопатогенов считается септориоз – ржавая пятнистость, вызываемая грибом *Septoria glycines* Hemmi [6, 7]. Патоген характеризуется широкой органотропностью, т.е. легко переходит с одних органов на другие, поражая практически все надземные части сои. Симптомы поражения вначале появляются на семядолях, затем на парных (примордиальных) листьях, далее на тройчатых листьях в виде мелких красновато-бурых пятен. При эпифитотийном развитии заболевания происходит преждевременное массовое опадение листьев [8].

Цель исследований – оценить влияние *S. glycines* на формирование хозяйственно ценных признаков и биохимические показатели семян районированных сортов сои в условиях Приморского края.

Материал и методы

Изучение сортов сои проводилось в 2019–2021 гг. на полях лаборатории селекции сои ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», расположенных вблизи г. Уссурийск. Район характеризуется как наиболее теплый в крае, влажный, с суровой зимой. Сумма активных температур (выше 10 °С) колеблется в пределах 2400–2600 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) – 1,6–2,0. В годы проведения опытов метеорологические условия были контрастными.

По данным агрометеостанции «Тимирязевский», в мае 2019 г. сумма осадков составила 77,0 мм, августе – 226,5 мм. Низкий температурный фон в июне и июле не способствовал активному развитию сои, что привело к формированию низкорослых растений и невысокой продуктивности. Недостаток солнечной энергии, обусловленный преобладанием пасмурных дней, также отразился на урожайности.

Погодные условия 2020 г. отличались от среднегодовой нормы повышенным температурным режимом и периодами избыточного увлажнения. Сумма осадков в июне составила 193,5 мм (среднегодовое значение 81,0), третьей декаде августа – 75,6 мм (45,0), сентябре – 129,2 мм (104,0). Благоприятное сочетание влаги и тепла способствовало активному росту и развитию сои, растения смогли сформировать полноценные продуктивные завязи бобов, что позитивно отразилось на урожайности культуры. Погодные условия 2021 г. резко отличались от среднегодовой нормы несколько повышенным температурным режимом и продолжительными периодами отсутствия осадков. Сочетание повышенной температуры воздуха и отсутствия осадков с третьей декады июня по вторую декаду августа негативно отразилось на процессе развития сои (формирование низкорослых растений, низкий процент завязываемости бобов), отрицательно повлияв на уровень урожайности культуры.

Почва опытного участка – лугово-буряя отбеленная с тяжелым механическим составом. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: рН солевой вытяжки 5,1 (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность 3,63 мг экв/кг почвы, N (легкогидролизующий) – 60,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58596-2019), P₂O₅ – 78,0 мг/кг почвы и K₂O – 109,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), органическое вещество – 2,45 % (ГОСТ 2623-91). Мощность корнеобитаемого слоя 20–25 см, пахотный горизонт подстилается тяжелыми водонепроницаемыми суглинками [9].

Объектами исследований являлись районированные и допущенные к использованию по дальневосточной зоне возделывания сорта сои российской (Батя, Иван Караманов, Приморская 4, Приморская 96, Сфера, Муссон) и канадской (Киото, Опус) селекции. Тестируемые сорта занимают наибольшую площадь посевов сои в Приморском крае и относятся по спелости к средней группе.

Закладку опыта осуществляли согласно методике полевого опыта по Б.А. Доспехову [10]. Сою выращивали в соответствии с принятой для Приморского края агротехникой [11]. Норма высева семян – 500 тыс. шт./га. Площадь делянки 22,0 м², повторность – двукратная, посев и уборка – механизированные. Визуальная оценка и учет пораженности листовой пластинки септориозом проводили на стадии развития растений V5 и R5 на основе методических указаний [12]. Оценку продуктивности и учеты по основным хозяйственно ценным признакам осуществляли согласно методическим указаниям по селекции и семеноводству сои [13]. Содержание белка и масла в семенах сои определяли на приборе Inframatic 9200 в лаборатории агрохимических анализов ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки. Экспериментальные данные обрабатывали методом парного корреляционного анализа по Б.А. Доспехову [10].

Результаты и обсуждение

Для установления закономерности влияния погодных условий на степень развития грибной листостеблевой инфекции, вызываемой *S. glycines*, был проведен мониторинг с 2016 по 2021 г. За данный период проявление вредоносности септориоза в посевах сои экологического питомника было относительно умеренным и существенно не отличалось по годам, эпифитотийное развитие отсутствовало.

Проявление грибных болезней на растениях сои зависит не только от иммунного статуса генотипа, но и, в большей степени, от влияния целого ряда внешних факторов, основным из которых являются гидротермические условия в период вегетации культуры [14]. Для оценки влияния климатического фактора на развитие *S. glycines* на листовой пластинке сои использовали гидротермический коэффициент (ГТК), характеризующий усредненное состояние термовлагообеспеченности территории в период формирования репродуктивных органов культуры (III декада июля, I и II – августа) (рис. 1).

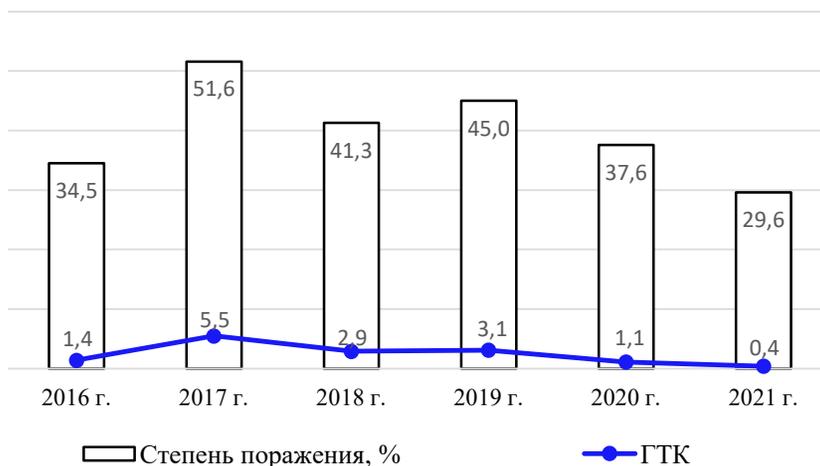


Рис. 1. Влияние гидротермического коэффициента на степень поражения сои патогеном *Septoria glycines*, 2016–2021 гг.

В фазу формирования репродуктивных органов сои имели место периоды избыточного увлажнения (ГТК от 2,9 до 5,5), что оказало благоприятное влияние на степень развития септориоза: поражение было выше 40,0 %. Слабое проявление патогена наблюдалось в 2021 г., который характеризовался выраженным недостатком увлажнения, повышенным температурным фоном и низким значением ГТК (0,4).

При оценке биохимических показателей семян сои в экологическом испытании отмечено наибольшее накопление белка у сортов Опус, Киото и Муссон (рис. 2). Высокие показатели одновременно по белку и поражению септориозом выявлены только у канадского сорта Опус. По результатам корреляционного анализа выявлены прямые сильные достоверные связи степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$). При этом патоген абсолютно противоположно коррелировал с накоплением в них масла ($r = -0,84$). Более высокой масличностью характеризовались сорта российской селекции Сфера, Приморская 4 и Приморская 96.

Учитывая, что периоды максимального развития *S. glycines* на листовой пластинке сои и формирования белка в семени совпадают, можно предположить влияние одних и тех же благоприятных внешних условий на увеличение обоих показателей и поставить под сомнение выводы о том, что септориоз способствует большему накоплению белка в зерне сои.

По иммунологической характеристике, согласно шкале определения болезнеустойчивости, тестируемые сорта сои были отнесены к группе среднеустойчивых,

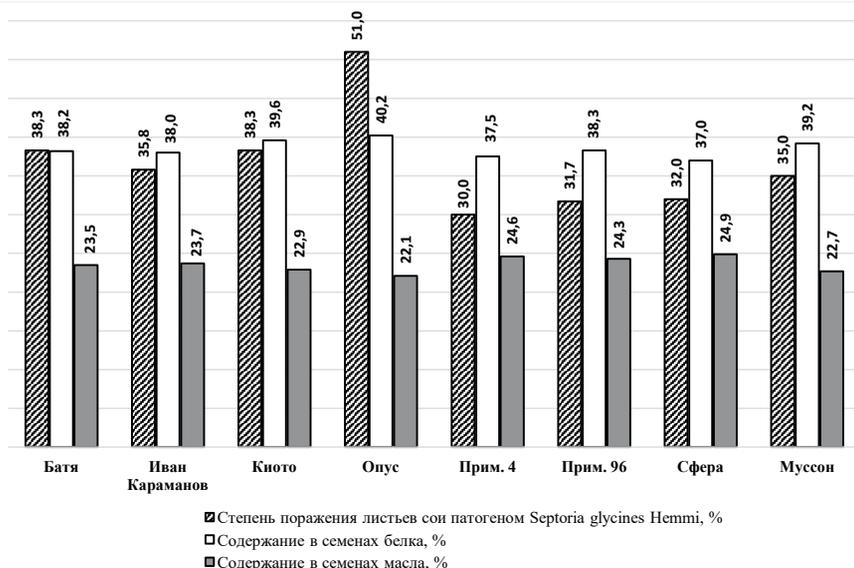


Рис. 2. Влияние *Septoria glycines* на содержание белка и масла в семенах сортов сои, средние значения за 2019–2021 гг.

за исключением образца Опус, проявившего восприимчивость к инфекции (рис. 3). Отмечено варьирование величины урожайности в зависимости от уровня генетической устойчивости сортов сои к *S. glycines*. За три года испытания наибольшая урожайность зафиксирована у сортов Сфера и Муссон (20,7 и 20,5 ц/га соответственно), более высокий уровень устойчивости к болезни – у российских сортов приморской селекции (Приморская 4, Приморская 96, Сфера и Муссон).

Выявлена слабая прямая связь ($r = 0,19$) между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию, что свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая.

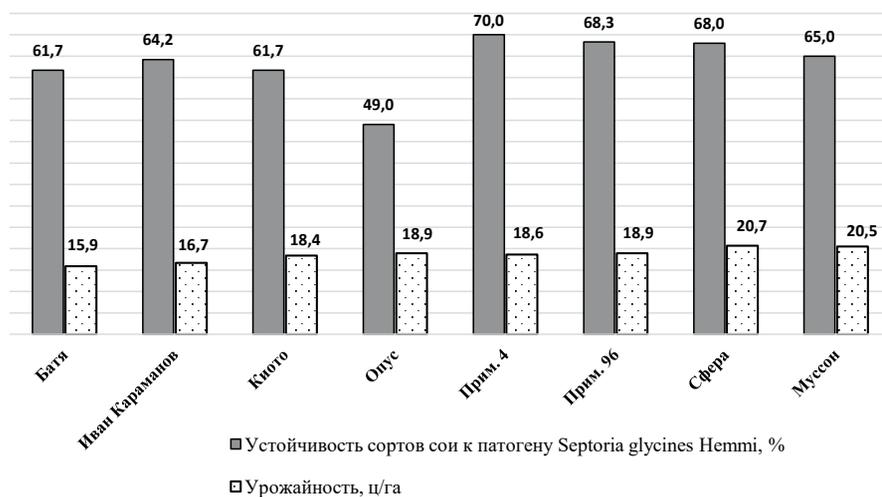


Рис. 3. Урожайность сортов сои в зависимости от устойчивости к септориозу, средние показатели за 2019–2021 гг.

Далее был проведен детальный анализ влияния *S. glycines* на элементы структуры урожая сортов сои, опираясь на корреляционные связи (см. таблицу). Обнаружены обратные средние достоверные связи некоторых элементов структуры урожая со степенью поражения растений сои, показатель r составлял от $-0,54$ до $-0,65$. Обнаруженная связь доказывает негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои и подавление генетического потенциала сортов.

Коэффициенты корреляции (r) между хозяйственно ценными признаками сои и степенью воздействия патогена *Septoria glycines* Hemmi, 2019–2021 гг.

Показатель	Число, шт./раст.		Продуктивность, г	Масса 1000 семян, г
	бобов	семян		
Степень поражения, %	$-0,54$	$-0,65^*$	$-0,62^*$	0,32
Число бобов, шт./раст.	–	$0,97^{**}$	$0,84^{**}$	$-0,86^{**}$
Число семян, шт./раст.	–	–	$0,92^{**}$	$-0,80^{**}$
Продуктивность, г	–	–	–	$-0,59^*$

* Коэффициент корреляции достоверен на уровне значимости $p \leq 0,05$.

** Коэффициент корреляции достоверен на двух уровнях значимости ($p \leq 0,05$ и $p \leq 0,001$).

Установлено, что при увеличении степени поражения листьев сои происходит незначительное повышение показателя массы 1000 семян за счет образования меньшего числа бобов и семян на растении ($r = -0,86$ и $-0,80$ соответственно), что способствовало формированию более крупного зерна.

Заключение

В результате мониторинга грибной инфекции септориоз на сое установлены закономерности влияния погодных условий на интенсивность развития болезни. Периоды избыточного увлажнения в фазу формирования репродуктивных органов сои (ГТК от 2,9 до 5,5) усиливали развитие септориоза. Одновременно высокие показатели по белку и поражению септориозом в условиях Приморского края выявлены у канадского сорта Опус. По результатам корреляционного анализа обнаружены прямая сильная достоверная связь степени поражения септориозом с содержанием белка в семенах ($r = 0,83$) и обратная связь – с накоплением масла ($r = -0,84$). Более высокой масличностью характеризовались сорта российской селекции Сфера, Приморская 4 и Приморская 96. По иммунологической характеристике тестируемые сорта сои были отнесены к группе среднеустойчивых. Наибольшая урожайность зафиксирована у сортов Сфера и Муссон. Коэффициент корреляции между урожайностью и устойчивостью сортов к заболеванию представляет слабую прямую связь ($r = 0,19$), что свидетельствует о незначительном воздействии патогена на формирование урожая. Установлено негативное воздействие грибного заболевания на развитие и образование репродуктивных органов растений сои, подавляющее генетический потенциал сортов. Увеличение степени поражения листьев сои приводило к незначительному повышению показателя массы 1000 семян.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Титов С.А. Новые сорта сои для Дальневосточного региона // Дальневост. аграр. вестн. 2020. № 3. С. 68–75. DOI:10.24411/1999-6837-2020-13035.
2. Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Устарханова Э.Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения // Масличные культуры. 2020. Вып. 2. С. 62–69. DOI: 10.25230/2412–608X–2020–2–182–62–69.
3. Савченко И.В. Генетические ресурсы – основа продовольственной безопасности России // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 9. С. 5–8. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607.
4. Butovets E., Lukyanchuk L., Vasina E. Comparative assessment of promising soybean varieties at the final selection stage // Lecture notes in networks and systems. Vol. 353. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Cham: Springer, 2022. P. 219–229. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_26.
5. Лаврентьева С.И., Тарасова О.Н., Кузнецова В.А. и др. Биохимический состав семян и проростков сои, зараженных *Septoria glycines* Hemmi // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 6. С. 38–42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607.
6. Chalfoun N.R., Durman S.B., González-Montaner J. et al. Elicitor-Based Biostimulant PSP1 Protects Soybean Against Late Season Diseases in Field Trials // Front Plant Sci. 2018. Vol. 9. Article 763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00763>
7. Заостровных В.И., Кадуров А.А., Дубовицкая Л.К., Рязанова О.А. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеяния // Дальневост. аграр. вестн. 2018. № 4. С. 51–67. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081.
8. Веремейчик Г.Н., Бродовская Е.В., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Устойчивость культурной и дикой сои при искусственном заражении патогеном *Septoria glycines* Hemmi // Дальневост. аграр. вестн. 2020. № 4. С. 5–11. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041.
9. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
11. Адаптивные и прогрессивные технологии возделывания сои и кукурузы на Дальнем Востоке: метод. рекомендации / А.К. Чайка, В.А. Тильба, А.А. Моисеенко и др. Владивосток: Дальнаука, 2009. 139 с.
12. Методические указания по изучению устойчивости сои к грибным болезням / сост. Н.И. Корсаков, А.М. Овчинникова, В.М. Мизева; ВАСХНИЛ, ВИР. Л., 1979. 46 с.
13. Соя. Методические указания по селекции и семеноводству / сост. Н.И. Корсаков, Ю.П. Мякушко. Л.: ВИР, 1975. 159 с.
14. Шепель О.Л., Асеева Т.А., Зволимбовская М.П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 16–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802.

REFERENCES

1. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Titov S.A. Novye sorta soi dlya Dal'nevostochnogo regiona. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2020;(3):68-75. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13035. (In Russ.).
2. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Ustarkhanova E.G. Vliyanie pogodnykh faktorov na produktivnost' perspektivnykh linii soi v zone neustoichivogo uvlazhneniya. *Maslichnye kul'tury*. 2020;(2):62-69. DOI: 10.25230/2412–608KH–2020–2–182–62–69. (In Russ.).
3. Savchenko I.V. Geneticheskie resursy – osnova prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2016;30(9):5-8. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607. (In Russ.).
4. Butovets E., Lukyanchuk L., Vasina E. Comparative assessment of promising soybean varieties at the final selection stage. *Lecture notes in networks and systems*. 2022. Vol. 353. P. 219-229. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_26.
5. Lavrent'eva S.I., Tarasova O.N., Kuznetsova V.A. et al. Biokhimicheskii sostav semyan i prorstkov soi, zarazhennykh *Septoria glycines* Hemmi. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(6):38-42. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10607. (In Russ.).

6. Chalfoun N.R., Durman S.B., González-Montaner J. et al. Elicitor-Based Biostimulant PSP1 Protects Soybean Against Late Season Diseases in Field Trials. *Front Plant Sci.* 2018;9:763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00763>.

7. Zaostrovnykh V.I., Kadurov A.A., Dubovitskaya L.K., Ryazanova O.A. Monitoring vidovogo sostava boleznei soi v razlichnykh zonakh sooseyaniya. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik.* 2018;(4):51-67. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14081. (In Russ.).

8. Veremeichik G.N., Brodovskaya E.V., Butovets E.S., Luk'yanchuk L.M. Ustoichivost' kul'turnoi dikoi soi pri iskusstvennom zarazhenii patogenom *Septoria glycines* Hemmi. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik.* 2020;(4):5-11. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14041. (In Russ.).

9. Ivanov G.I. Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka. Moscow: Nauka; 1976. 200 p. (In Russ.).

10. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po trebovaniyu; 2012. 352 p. (In Russ.).

11. Chaika A.K., Til'ba V.A., Moiseenko A.A. et al. (comp.). Adaptivnye i progressivnye tekhnologii vzdelyvaniya soi i kukuruzy na Dal'nem Vostoke: metodicheskie rekomendatsii. Vladivostok: Dal'nauka; 2009. 139 p. (In Russ.).

12. Korsakov N.I., Ovchinnikova A.M., Mizeva V.M. (comp.). Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu ustoichivosti soi k gribnym boleznyam. Leningrad: VASHNIL, VIR; 1979. 46 p. (In Russ.).

13. Korsakov N.I., Myakushko Yu.P. (comp.). Soya. Metodicheskie ukazaniya po selektsii i semenovodstvu. Leningrad: VIR; 1975. 159 p. (In Russ.).

14. Shepel' O.L., Aseeva T.A., Zvolimbovskaya M.P. Zavisimost' khozyaistvenno-biologicheskikh priznakov soi ot gidrotermicheskikh uslovii Srednego Priamur'ya. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2020;34(8):16-22. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802. (In Russ.).