

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.463-470>
УДК 633.853.52:632.954:631.52



Влияние гербицида Пульсар на урожайность и качество семян сои в условиях Приамурья

© 2022. М. П. Михайлова✉

ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Российская Федерация

В статье приведены данные (2017-2019 гг.) о влиянии гербицида Пульсар (д.в. имазамокс) на урожайность и качество семян сои среднеспелого сорта Китросса в условиях Амурской области. Опрыскивание вегетирующих растений сои гербицидом Пульсар в дозе 0,8 л/га проводили в фазу третьего тройчатосложного листа. В результате проведенных исследований установлено, что в среднем за три года применение гербицида Пульсар привело к снижению сохранности растений перед уборкой на 6 % по сравнению с контролем. В результате изучения структуры урожая выявлено, что в среднем за годы исследований обработка вегетирующих растений сои сорта Китросса гербицидом привела к уменьшению количества бобов на растении на 2 шт. ($НСР_{05} = 1,1$ шт/раст.), массы семян с растения – на 0,7 г ($НСР_{05} = 0,5$ г). Биологическая урожайность в зависимости от применения изучаемого гербицида и сложившихся погодных условий в годы исследований уменьшилась в среднем на 0,3 т/га. Энергия прорастания семян, полученных в варианте с применением гербицида Пульсар, снизилась на 5 %, содержание общего белка – на 0,6 % и масла – на 0,39 % относительно контрольного варианта без обработки гербицидом. Отмечена тенденция к увеличению количества ненормально развитых проростков при применении изучаемого гербицида.

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) Merrill, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, урожайность, биохимический состав семян, сохранность растений к уборке

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (тема № 0820-2019-0006).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Михайлова М. П. Влияние гербицида Пульсар на урожайность и качество семян сои в условиях Приамурья. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(4):463-470.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.463-470>

Поступила: 26.05.2022

Принята к публикации: 25.07.2022

Опубликована онлайн: 25.08.2022

The effect of Pulsar herbicide on yield and quality of soybean seeds under the conditions of the Amur River Region

© 2022. Maria P. Mikhailova✉

Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean",
Blagoveshchensk, Russian Federation

This article provides data of 2017-2019 on the effect of the Pulsar herbicide (a.i. is imazamox) on the yield and quality of seeds of the Kitrossa mid-season soybean variety under the conditions of the Amur River Region. Vegetative plants were sprayed with the Pulsar herbicide in a dose of 0.8 l/ha at the stage of the third ternate leaf. As the result of the studies performed it was found that over three years the use of the Pulsar herbicide on the average led to a decrease in plant survivability before harvesting by 6 % compared to the control. As the result of studying the structure of the crop it was revealed that, on average, over the years of research, the treatment of vegetative soybean plants of the Kitrossa variety with herbicide led to a decrease in the number of pods by 2 pcs/per 1 plant ($LSD_{05} = 1.1$ pcs/per 1 plant), the weight of seeds from 1 plant – by 0.7 g ($LSD_{05} = 0.5$ g). Depending on the use of the herbicide under study and prevailing weather conditions, biological yield decreased by an average of 0.3 t/ha during the years of research. The germinating energy in the obtained seeds in the variant with the Pulsar herbicide use decreased by 5 %, the crude protein content – by 0.6 % and oil by 0.39 % compared to the control variant without the herbicide use. There was noted a tendency to increasing the number of abnormally developed germinants by using the studied herbicide.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, germinative power, laboratory germination, yield, seed biochemistry, plant survivability before harvesting

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean» (theme No. 0820-2019-0006).

The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

For citation: Mikhailova M. P. The effect of Pulsar herbicide on yield and quality of soybean seeds under the conditions of the Amur River Region. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(4):463-470. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.4.463-470>

Received: 26.05.2022

Accepted for publication: 25.07.2022

Published online: 25.08.2022

В современном растениеводстве актуальными проблемами являются обеспечение максимальной реализации сельскохозяйственными растениями потенциала продуктивности и вместе с тем получение высококачественной продукции, не содержащей токсичных для человека и животных веществ, в том числе гербицидов. При этом в сельскохозяйственной практике невозможно обойтись без их применения [1]. Необходимость использования гербицидов диктуется потребностями товарного производства, однако при этом повышается уровень загрязнения окружающей среды как самими гербицидами, так и продуктами их метаболизма [2].

На российском рынке имеется широкий ассортимент гербицидов для борьбы с различными видами сорной растительности в посевах сои. В последние годы в большинстве регионов России возросла доля гербицидов на основе имазамокса, который впервые был зарегистрирован в США в 1997 г. [3].

Имазамокс относится к группе имидазолиновых гербицидов, контролирующих широкий спектр сорной растительности путем ингибирования фермента синтетазы ацетогидроксицикла (AHAS) (рис. 1).

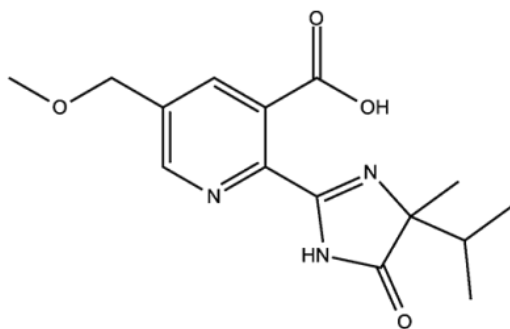


Рис. 1. Структурная формула имазамокса [(RS)-2-(4-изопропил-4-метил-5-оксо-2-имидазолин-2-ил)-5-метоксиметилникотиновая кислота]¹ /

Fig. 1. Structural formula of Imazamox [(RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazoline-2-yl)-5-methoxymethyl-nicotinic acid]¹

Данное вещество приводит к блокированию синтеза незаменимых аминокислот, вследствие чего у растения нарушается метаболизм, что приводит к их угнетению [4].

На территории Российской Федерации в настоящее время зарегистрированы и рекомендованы к применению имазамокс, имазапир

и имазапир². Существенным преимуществом гербицида является селективность по отношению к защищаемым культурам и системное действие. Препараты на основе имазамокса приобрели широкое использование в защите от сорняков зернобобовых культур и устойчивых к имидазолинонам гибридов рапса и подсолнечника [5].

Тем не менее у химической прополки имеется существенный недостаток – фитотоксичность используемых препаратов по отношению к культурным растениям. Некоторые гербициды в растениях блокируются компонентами клеток и разлагаются до нетоксичных соединений или до токсичных с последующей инактивацией. Применение почвенных гербицидов изменяет ферментативную активность почвы, что снижает усвоение растениями питательных веществ и значительно сказывается на ее плодородии и урожайности последующих культур [6, 7, 8].

Таким образом, для разработки приемов по улучшению экологической ситуации требуется тщательное изучение не только положительных свойств препаратов целевого назначения, но и прогнозируемого негативного воздействия гербицидов на агроценозы.

Цель исследований – изучить влияние гербицида Пульсар на урожайность и качество семян среднеспелого сорта сои Китросса в условиях Приамурья.

Новизна исследований – впервые в различных погодных условиях Амурской области изучено влияние обработки вегетирующих растений гербицидом Пульсар на посевные качества, биохимический состав и урожайность среднеспелого сорта сои Китросса.

Материал и методы. Полевые опыты проводили на луговых черноземовидных почвах ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (с. Садовое Тамбовского района Амурской области) в 2017-2019 гг. Почва тяжёлая по гранулометрическому составу, относится к средневодопроницаемым: плотность колеблется от 1,02...1,10 г/см³, пористость – 43,8 %. Содержание гумуса – 2,3...2,7 %, pH – 5,4. Содержание аммиачного азота – 20...40 мг/кг, нитратного – 30...70 мг/кг, подвижного фосфора (метод определения по Кирсанову) – 50...80 мг/кг, обменного калия (по Кирсанову) – 170...200 мг/кг.

¹Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды: сборник методических указаний. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2007. Вып. 4. С. 165. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f46/4293752418.pdf>

²Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации: приложение к журналу "Защита и карантин растений". М.: ГУП Чехов. полигр. комб., 2005. 370 с.

Объект исследований – среднеспелый сорт сои Китросса с периодом вегетации в среднем 110-114 дней и максимальной урожайностью 4,2 т/га. Сорт является результатом совместной работы селекционеров России и КНР, включён в Госреестр селекционных достижений в 2016 г., посевные площади в 2020 г. на Дальнем Востоке составили более 25 тыс. га.

Общая площадь делянки опыта – 11,25 м², учетной – 2,25 м², повторность 4-кратная. Расположение делянок – блочно-рандомизированное. Предшественник – чистый пар. Опрыскивание вегетирующих растений гербицидом Пульсар (д.в. имазамокс) в дозе 0,8 л/га проводили в фазу третьего тройчатосложного листа (контроль – вариант без обработки).

Посевные качества семян определяли по ГОСТу 12038-84. Количественное содержание и качественный состав белка и жира в семенах сои определяли на ИК-анализаторе Foss Nir-

system 5000 (Дания) в соответствии с ГОСТ Р 32749-2014. Данный метод основан на регистрации спектров отражения анализируемых проб в ближней инфракрасной области и определении в них массовых долей сырого протеина и некоторых аминокислот. Расчет значений показателей проводили по предварительно созданным градуировочным моделям, статистическую обработку экспериментальных данных – методом дисперсионного анализа в программе STATISTICA 10. Сведения по температуре воздуха представлены по данным метеостанции г. Благовещенска, количеству осадков – по данным метеопоста, расположенного вблизи опытного поля института в с. Садовое Тамбовского района Амурской области.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводили в период с 2017 по 2019 год, который характеризовался различными погодными условиями (рис. 2).

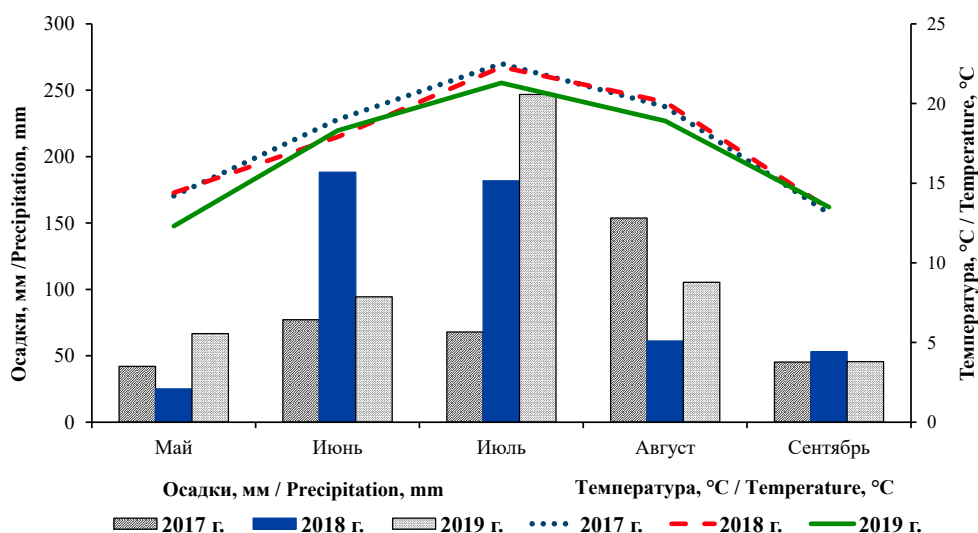


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха и количество осадков за вегетационные периоды 2017-2019 гг. /

Fig. 2. Average monthly air temperature and precipitation for the 2017-2019 vegetational seasons

Вегетационный период 2017 года характеризовался неустойчивым температурным режимом, недостатком влаги в отдельные фазы развития растений сои. В начале июня отмечены резкие перепады температур – от 9,5 до 21,5 °C. Среднемесячная температура воздуха составила 19,0 °C, что несколько выше климатической нормы. Осадков выпало 77,2 мм, что на 9 % ниже многолетней нормы. Резкие перепады температур и недостаток влаги тормозили рост и развитие растений сои. В июле наблюдалась высокая температура воздуха и недостаток

влаги. Осадков выпало 64 % от нормы. Показатели температуры всех трех декад находились в пределах многолетних значений или выше на 1 °C. Несколько повышенный температурный режим в июле ускорил накопление тепла. Дожди прошли в основном во второй декаде месяца. Август характеризовался неустойчивым температурным режимом: температура воздуха изменялась от 7,4 до 26,0 °C, выпадение осадков превысило норму на 49 %.

Погодные условия 2018 года были затруднительными для возделывания сои.

Отмечено избыточное или недостаточное увлажнение почвы и неравномерный температурный фон – повышенный в начале и конце вегетации. Превышение температуры в мае, июле, августе, сентябре и октябре составило от 0,8 до 2,7 °С от среднегодовой. По влагообеспеченности данный вегетационный период не соответствовал норме, требуемой для культуры сои. Недостаток влаги в период прорастания сои негативно отразился на всходах, которые были недружные. В июле выпало 181,8 мм, что превысило норму на 73,8 мм. В эти периоды наблюдалось сильное переувлажнение почвы, гибель растений на отдельных участках.

Наиболее благоприятным для роста и развития сои был температурный режим вегетационного периода 2019 года. Первые две декады мая характеризовались температурой воздуха на 0,7-1,0 °С выше климатической нормы, что привело к устойчивому переходу среднесуточной температуры воздуха через +10 °С на 7 дней раньше среднегодовой даты. Выпавшие во второй и третьей декадах осадки сопровождались накоплением почвенной влаги в слое 0-20 см и способствовали созданию благоприятных условий для посева и появления всходов сои. Первые декады июня сопровождались ливнями, количество которых составило 64 % от месячной нормы, что привело к частичному переувлажнению почвы. Достаточная влагообеспеченность почвы и теплая погода способствовали продуктивному развитию растений сои в фазу цветения. Гидротермический режим августа и сентября находился в пределах среднегодовых показателей, что положительно сказалось на развитии сои в период образования бобов – налива семян. Уборка культуры прошла в оптимальные сроки.

Одним из важнейших элементов, определяющих урожайность зерна, считается количество продуктивных стеблей, сохранившихся к уборке. В среднем за три года исследований

обработка вегетирующих растений сои сорта Китросса гербицидом Пульсар в дозе 0,8 л/га снизила сохранность растений к уборке на 6 % по сравнению с контролем (рис. 3).

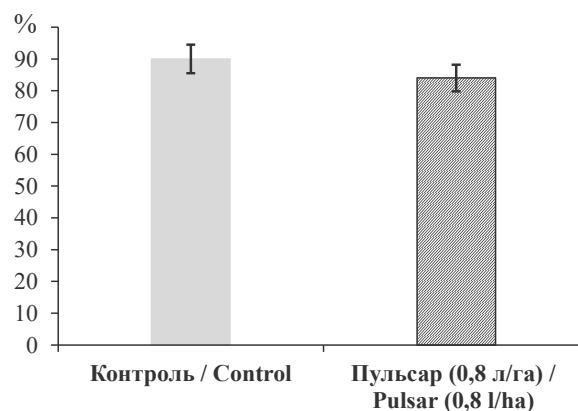


Рис. 3. Сохранность растений сои сорта Китросса перед уборкой (среднее за 2017-2019 гг.) /

Fig. 3. Survivability of the Kitrossa soybean variety plants before harvesting (average for 2017-2019)

Наибольшее снижение сохранности растений было отмечено в условиях частичного переувлажнения почвы 2019 г., где данный показатель уменьшился на 13 % относительно контроля и составил 72 %.

Известно, что гербициды оказывают отрицательное воздействие на физиологическое состояние и биохимические показатели растений сои, что неизбежно приводит к снижению их биологической продуктивности, ухудшению технологических свойств полученного урожая и качества семян [9, 10, 11]. В результате изучения структуры урожая выявлено, что в среднем за годы исследований обработка вегетирующих растений сои сорта Китросса гербицидом Пульсар привела к уменьшению количества бобов на растении на 2 шт. ($HC_{P05} = 1,1$ шт/раст.), массы семян с растения – на 0,7 г ($HC_{P05} = 0,5$ г) (табл. 1).

Таблица 1 – Биометрические показатели растений сои сорта Китросса (среднее за 2017-2019 гг.) /
Table 1 – Biometric indicators of the Kitrossa soybean variety plants (average for 2017-2019)

Вариант опыта / Experiment variant	Количество, шт/раст. / Quantity, pcs/plant		Масса семян с растения, г / Weight of seeds from plant, g
	бобов / pods	семян / seeds	
Контроль (без обработки) / Control (no treatment)	27,1	53,7	8,7
Пульсар – 0,8 л/га (опрыскивание вегетирующих растений) / Pulsar – 0.8 l/ha (vegetative plant spraying)	25,1	52,1	8,0
HC_{P05} / LSD_{05}	1,1	2,4	0,5

В зависимости от применения гербицида и сложившихся метеоусловий 2017-2019 гг. биологическая урожайность семян в среднем составила от 2,36 до 3,30 т/га.

В 2017 году несколько повышенный температурный режим в период вегетации способствовал накоплению тепла, в результате чего отмечено интенсивное развитие растений

сои. Биологическая урожайность в контроле получена больше на 0,68 т/га по сравнению с 2018 г., на 0,47 т/га – в сравнении с 2019 г. и составила 3,30 т/га. Однако гербицидная обработка оказала негативное воздействие на растения сои, снизив на 0,2 т/га биологическую урожайность по сравнению с контрольным вариантом ($HCP_{05} = 0,17$ т/га) (табл. 2).

Таблица 2 – Биологическая урожайность сои сорта Китросса, т/га /
Table 2 – Biological yield of the Kitrossa soybean variety, t/ha

Вариант опыта / Experiment variant	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее / Average	Прибавка / Increase
Контроль (без обработки) / Control (no treatment)	3,30	2,62	2,83	2,92	-
Пульсар – 0,8 л/га (опрыскивание вегетирующих растений) / Pulsar – 0.8 l/ha (vegetative plant spraying)	3,10	2,40	2,36	2,62	-0,3
HCP_{05} / LSD_{05}	0,17	0,20	0,36	0,30	-

Обработка вегетирующих растений сои сорта Китросса гербицидом Пульсар в условиях переувлажнения почвы в течение вегетационного периода 2018 г. привела к уменьшению урожайности изучаемого сорта на 0,22 т/га по сравнению с контролем.

В условиях 2019 г. при достаточном обеспечении растений влагой – с фазы третьего тройчатосложного листа до фазы образования бобов, обработка вегетирующих растений сои изучаемым гербицидом снизила урожайность семян на 0,47 т/га относительно контроля ($HCP_{05} = 0,36$ т/га). Таким образом, в среднем за три года исследований использование гербицида Пульсар для обработки вегетирующих растений сои уменьшило биологическую урожайность на 0,3 т/га.

Использование гербицидной обработки является одним из немаловажных факторов, оказывающих влияние на биохимический состав семян. В среднем за два года исследований обработка посевов сои сорта Китросса гербицидом Пульсар в дозе 0,8 л/га в фазу третьего тройчатосложного листа привела к снижению содержания общего белка на 0,6 % относительно контроля (в 2018 г. на 0,84 %, в 2019 г. – на 0,36 %) и на 0,39 % – масла в полученных семенах. Также отмечены определенные изменения по содержанию количества отдельных жирных кислот. Применение изучаемого гербицида способствовало увеличению в среднем на 0,73 % линоленовой кислоты, что является нежелательным, так как наилучшими считаются сорта сои с пониженным ее содержанием, содержание олеиновой кислоты

в среднем увеличилось на 0,8 % по сравнению с контролем (табл. 3).

Так как гербициды действуют на растения сои непосредственно и косвенно (в связи с подавлением сорной растительности), то необходимым условием является выявление их влияния на посевные качества семян. Энергия прорастания является одним из важнейших показателей посевных качеств семян, характеризующая скорость и дружность их прорастания. В среднем за годы исследований снижение энергии прорастания на 5 %, по сравнению с контролем, отмечено в варианте с применением гербицида Пульсар (рис. 4).

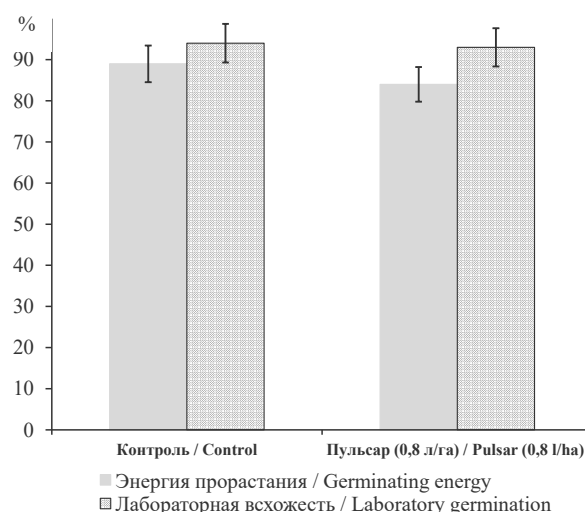


Рис. 4. Последствие обработки растений гербицидом Пульсар на посевные качества семян сои сорта Китросса (среднее за 2017-2019 гг.) /

Fig. 4. Aftereffect of plant treatment with the Pulsar herbicide on sowing qualities of the Kitrossa variety soybean seeds (average for 2017-2019)

Таблица 3 – Влияние последействия гербицида Пульсар на содержание белка, количественный и качественный состав жира в семенах сои сорта Китросса, % (2018-2019 гг.) /
Table 3 – Influence of the Pulsar herbicide aftereffect on the protein content, quantitative and qualitative composition of fat in the Kitrossa variety soybean seeds, % (2018-2019)

Вариант опыта / Experiment variant	Содержание / Content		Жирные кислоты / Fatty acids		
	белка / protein	масла / oil	линоленовая / linolenic	олеиновая / oleinic	стеариновая / stearic
2018 г.					
Контроль (без обработки) / Control (no treatment)	39,65	18,18	8,60	16,19	3,83
Пульсар – 0,8 л/га (опрыскивание вегетирующих растений) / Pulsar – 0.8 l/ha (vegetative plant spraying)	38,81	17,11	9,36	16,48	3,83
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,54	0,60			
F _{факт.} / F _f	2,06	3,12			
F _{теор.} / F _t	0,23	1,01			
2019 г.					
Контроль (без обработки) / Control (no treatment)	40,61	16,88	7,83	16,84	3,78
Пульсар – 0,8 л/га (опрыскивание вегетирующих растений) / Pulsar – 0.8 l/ha (vegetative plant spraying)	40,25	17,16	8,24	18,16	3,71
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,21	0,15			
F _{факт.} / F _f	4,35	3,37			
F _{теор.} / F _t	1,47	1,11			

Под влиянием гербицида происходит снижение массовой доли запасных элементов питания в семядолях, которая определяет скорость роста проростка при прорастании, что, возможно, негативно скажется при посеве на следующий год. Лабораторная всхожесть в варианте с использованием гербицида Пульсар была на уровне контроля.

На начальном этапе онтогенеза растений сои сорта Китросса гербицид Пульсар не оказал существенного воздействия на силу роста семян. Отмечено, что количество ненормально развитых проростков увеличилось при применении гербицида на 3 % (табл. 4).

Таблица 4 – Первоначальный рост семян сои сорта Китросса после обработки растений гербицидом Пульсар (среднее за 2017-2019 гг.) /
Table 4 – Initial growth of the Kitrossa variety soybean seeds after treatment of plants with the Pulsar herbicide (average for 2017-2019)

Вариант опыта / Experiment variant	Ненормально развитые проростки, % / Abnormal seedlings, %	Длина проростка / Seedling length		
		среднее значение, см / average, cm	размах вариации, % / variability range, %	коэффициент вариации, % / variation coefficient, %
Контроль (без обработки) / Control (no treatment)	5,0	33,3	15,8	9,5
Пульсар – 0,8 л/га (опрыскивание вегетирующих растений) / Pulsar – 0.8 l/ha (vegetative plant spraying)	8,0	33,0	21,1	11,6
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		1,8		
F _{факт.} / F _f		8,06		
F _{теор.} / F _t		1,72		

Размах вариации в варианте с применением гербицида составил 21,1 %, в контроле – 15,8 %. Следовательно, в контрольном варианте было наиболее полное и дружное прорастание семян.

Заключение. Таким образом, применение гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям в фазу третьего тройчатосложного листа, а также влияние сложившихся погодных условий в годы иссле-

дований, оказали негативное воздействие на растения сои, что подтверждается уменьшением урожайности и снижением качества семян сои сорта Китросса. Биологическая урожайность семян в среднем уменьшилась на 0,3 т/га, содержание белка в семенах – на 0,6 %, энергия прорастания семян – на 5 %. Отмечена тенденция к увеличению количества ненормально развитых проростков при применении изучаемого гербицида.

Список литературы

1. Лукаткин А. С., Семенова А. С., Лукаткин А. А. Влияние регуляторов роста на проявления токсического действия гербицидов на растения. *Агрохимия*. 2016;(1):73-95.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25797163>
2. Эмирова Д. Э. Оценка фитотоксического и цитотоксического действия гербицида Раундап. Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия: Биологические науки. 2021;(1):27-34.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45700450>
3. The pesticide manual, 13th ed. Ed: C. D. S. Tomlin. Alton, UK: British Crop Protection Council Publications. 2003. pp. 552-553.
URL: https://www.researchgate.net/publication/257085125_The_Pesticide_Manual_CDS_Tomlin_BCPC_Publications_Berkshire_UK_2000_1276_pp_165_ISBN_1-901396-12-6
4. Михайлова М. П., Каманина Л. А., Синеговская В. Т. Изменение ферментативной активности и биохимического состава семян сои под влиянием гербицида. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019;(49):76-80. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-49-76-80>
5. Большов А. В., Нестерова Л. М., Долженко В. И. Биологическая эффективность гербицида Парадокс. Защита и карантин растений. 2016;(10):44-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26738485>
6. Куликова Н. Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 152 с.
7. Girdhari L., Hiremathand S. M., Chandra K. Imazethapyr effects on soil enzyme activity and nutrient uptake by weeds and greengram (*Vigna radiata* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017;6(3):247-253. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.027>
8. Pérez G. L., Vera M. S., Miranda L. A. Effects of herbicide glyphosate and glyphosate-based formulations on aquatic ecosystems. *Herbicides and Environment*. 2011. pp. 343-368. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/12877>
9. Синеговская В. Т., Душко О. С., Журавлева Е. В. Влияние гербицидов на фотосинтетическую деятельность и ферментативную активность листового аппарата сои. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019;(132):149-156. DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.21>
10. Sinegovskaya V., Dushko O. Role of enzyme activity in increasing soybean plants' resistance to herbicides. E3S Web of Conferences. Serp. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021;254:02007. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402007>
11. Carla Alves Effect of herbicides in the oxidative stress in crop winter species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2018;90(2):1533-1542 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences). DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170482>

References

1. Lukatkin A. S., Semenova A. S., Lukatkin A. A. The influence of growth regulators on the existence of toxic effects of herbicides on plants. *Agrokhimiya*. 2016;(1):73-95. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25797163>
2. Emirova D. E. Evaluation of the fitotoxic and cytotoxic effects of roundup herbicide. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya: Biologicheskie nauki*. 2021;(1):27-34. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45700450>
3. The pesticide manual, 13th ed. Ed: C. D. S. Tomlin. Alton, UK: British Crop Protection Council Publications. 2003. pp. 552-553.
URL: https://www.researchgate.net/publication/257085125_The_Pesticide_Manual_CDS_Tomlin_BCPC_Publications_Berkshire_UK_2000_1276_pp_165_ISBN_1-901396-12-6

4. Mikhailova M. P., Kamanina L. A., Sinegovskaya V. T. Change in the enzymatic activity and biochemical composition of soybean seeds under the influence of herbicide. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2019;(49):76-80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-49-76-80>
5. Bolshov A. V., Nesterova L. M., Dolzhenko V. I. Biological effectiveness of the herbicide paradoks. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2016;(10):44-46. (IN Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26738485>
6. Kulikova N. F. Herbicides and ecological aspects of their application. Moscow: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2010. 152 p.
7. Girdhari L., Hiremathand S. M., Chandra K. Imazethapyr effects on soil enzyme activity and nutrient uptake by weeds and greengram (*Vigna radiata* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017;6(3):247-253. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.027>
8. Pérez G. L., Vera M. S., Miranda L. A. Effects of herbicide glyphosate and glyphosate-based formulations on aquatic ecosystems. *Herbicides and Environment*. 2011. pp. 343-368. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/12877>
9. Sinegovskaya V. T., Dushko O. S., Zhuravleva E. V. Influence of herbicides on photosynthetic and fermentation activity of soybean leaf apparatus. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019;(132):149-156. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.21>
10. Sinegovskaya V., Dushko O. Role of enzyme activity in increasing soybean plants' resistance to herbicides. E3S Web of Conferences. Ser. "International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021". 2021;254:02007. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402007>
11. Carla Alves Effect of herbicides in the oxidative stress in crop winter species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2018;90(2):1533-1542 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences). DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170482>

Сведения об авторе

✉ **Михайлова Мария Павловна**, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и биохимии растений, ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» ул. Игнатьевское ш., 19, г. Благовещенск, Амурская область, Российская Федерация, 675025, e-mail: info@vniisoi.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-8348>, e-mail: mihaylovamariya@mail.ru

Information about the authors

✉ **Mariya P. Mikhailova**, senior researcher, the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Ignatevsky highway, 19, Blagoveshchensk, Amur region, Russian Federation, 675025, e-mail: info@vniisoi.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-8348>, e-mail: mihaylovamariya@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author