

Оригинальная статья / Original article
УДК 633.161:632.51:632.954:631.95
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-170-178



Агроэкологическая оценка применения гербицидов на посевах сои в центральной зоне Краснодарского края

Анатолий П. Савва, Тамара Н. Тележенко, Валерия А. Суворова
Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

Контактное лицо

Анатолий П. Савва, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гербологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039 Россия, г. Краснодар, п/о 39.
Тел. +79184436636
Email savap53@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9457-2223>

Формат цитирования

Савва А.П., Тележенко Т.Н., Суворова В.А.
Агроэкологическая оценка применения гербицидов на посевах сои в центральной зоне Краснодарского края // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 3. С. 170-178. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-170-178

Получена 10 мая 2023 г.
Прошла рецензирование 23 июня 2023 г.
Принята 10 августа 2023 г.

Резюме

Цель. Агроэкологическая оценка применения гербицидов на посевах сои сорта Арлета в центральной зоне Краснодарского края.

Материал и методы. Эксперименты проводили на опытном поле Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в 2022 году согласно методическим рекомендациям по испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. В опыте использовали гербициды из разных химических классов. Эффективность оценивали по разнице сорняков и урожая зерна сои в сравнении с контролем. Сравнительную экотоксикологическую нагрузку препаратов проводили по экологической нагрузке и коэффициенту избирательности действия для почвы.

Результаты. Виды сорных растений в опыте высокоэффективно подавлялись гербицидами Пульсар, ВР, Пивот, ВК и смесью Базагран, ВР + Зеллек Супер, КЭ (88–98 %). При применении препаратов Дуал Голд, КЭ, Фронтьер Оптима, КЭ и Пропонит, КЭ до всходов сои биологическая эффективность была ниже. Препараты Пульсар, ВР и Пивот, ВК, в сравнении с другими гербицидами, обладали более низким уровнем экологической нагрузки и высоким коэффициентом избирательного действия и отвечают современным требованиям безопасности по отношению к природной среде.

Выводы. При выборе гербицидов для применения на посевах сои в центральной зоне Краснодарского края в целях охраны окружающей среды их следует комплексно подбирать с учетом экотоксикологической нагрузки препаратов.

Ключевые слова

Соя, урожайность, сорное растение, гербицид, эффективность, экологическая нагрузка, коэффициент избирательного действия.

Agroecological assessment of herbicides application on soybean crops in the central zone of Krasnodar Territory, Russia

Anatoly P. Savva, Tamara N. Telezhenko and Valeria A. Suvorova

Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Anatoly P. Savva, PhD in Biology, Leading Researcher & Head, Laboratory of Herbology, Federal Research Centre of Biological Plant Protection; p/o 39, Krasnodar, Russia 350039.

Tel. +79184436636

Email savap53@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9457-2223>

How to cite this article

Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A. Agroecological assessment of herbicides application on soybean crops in the central zone of Krasnodar Territory, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 3, pp. 170-178. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-170-178

Received 10 May 2023

Revised 23 June 2023

Accepted 10 August 2023

Abstract

Aim. Agroecological assessment of herbicides application on crops of soybean variety Arleta in the central zone of Krasnodar Territory.

Materials and Methods. The experiments were carried out on the experimental field of the Federal Research Centre of Biological Plant Protection in 2022 according to the methodological recommendations for testing herbicides in agriculture. Herbicides from different chemical classes were used in the experiment. Efficiency was assessed by the difference in weed and soybean grain yield in comparison with the control. The comparative ecotoxicological load of preparations was carried out according to the ecological load and the coefficient of selectivity of action for the soil.

Results. Weed species in the experiment were highly effectively suppressed by the herbicides Pulsar, BP, Pivot, VK and a mixture of Bazagran, BP + Zellek Super, and KE (88–98 %). When using Dual Gold, EC, Frontier Optima, EC and Proponit, and EC before the soybean shoots, the biological efficacy was lower. The preparations Pulsar, BP and Pivot, and VK, in comparison with other herbicides, had a lower level of environmental load and a high coefficient of selective action and meet modern safety requirements for the natural environment.

Conclusions. In order to protect the environment when choosing herbicides for application on soybean crops in the central zone of Krasnodar Territory, they should be comprehensively selected taking into account the ecotoxicological load of the preparations.

Key Words

Soybean, yield, weed, herbicide, efficiency, environmental load, selective action coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

Защита сельскохозяйственных культур от сорной растительности, как основная часть регулирования численности вредных организмов агрофитоценозов, должна занимать в современном земледелии страны особое положение.

Засоренность посевов культурных растений является постоянно присутствующим компонентом полевых севооборотов и становится со временем все более серьезной проблемой недобора урожая и ухудшения его качественных характеристик [1]. По степени отрицательного влияния на эти показатели сорняки занимают первое место среди других неблагоприятно воздействующих факторов [2]. Они лучше культурных растений адаптировались к условиям окружающей среды обитания и могут оказывать высокую конкуренцию за потребление из почвы питательных веществ, вносимых минеральных и органических удобрений, влаги и солнечной энергии [3]. Сорняки затрудняют уход за посевами и проведение уборочных работ, что требует дополнительных затрат труда, материально-технических средств и финансовых ресурсов, тем самым это приводит к удорожанию хозяйственно-ценной продукции растениеводства [4]. Сорная растительность представляет благоприятную базу для резервации возбудителей болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, содействует распространению и накоплению многих видов фитопатогенов и фитофагов, является местом для обитания вредных грызунов [5]. Ежегодные потери урожая основных сельскохозяйственных культур от сорной растительности могут составлять от 15 до 25 % и более [6].

Таким образом, борьба с сорной растительностью в нашей стране на настоящее время является одной из главных проблем в области защиты растений, которая направлена на сохранение потенциального урожая и его качества [7]. Без решения этой проблемы бессмысленно проводить мероприятия, направленные на повышение плодородия почвы и увеличения продуктивности растениеводства.

В связи с этим, эффективная борьба с сорной растительностью является обязательной ежегодной технологией и экономической необходимостью при возделывании практически всех сельскохозяйственных культур во многих регионах мира [8].

Устранение или уменьшение конкурентных взаимоотношений между растениями культур и сорняков возможно с использованием агротехнического, биологического и химического методов [9].

На настоящее время самым эффективным и востребованным способом защиты посевов сельскохозяйственных культур является химический, который основан на использовании гербицидов разных классов соединений [10]. При грамотном их применении с учетом видового состава сорной растительности, фазы их роста и развития, степени засоренности можно значительно снизить численность или полностью уничтожить сопутствующи

щие сельскохозяйственным культурам сорные растения [11].

Применение гербицидов позволяет обеспечить высокую биологическую и хозяйственную эффективность, а также быструю окупаемость денежных средств, для проводимых защитных мероприятий. Все это способствует широкому масштабному использованию этого метода, как важнейшего элемента технологии возделывания сельскохозяйственных культур [12].

Однако при применении гербицидов возникает ряд трудно решаемых проблем. Это, прежде всего, появление и накопление к ним устойчивых видов сорняков, длительная инактивация в почве, отрицательное последствие на последующие культуры севооборота. Далее, они создают серьезную угрозу экологической обстановке, загрязняя окружающую среду биологически активными веществами небезразличными для агроценозов и здоровья человека [13]. Поэтому неграмотное и неразумное их применение может негативно повлиять на экологию.

В этом направлении постоянно ведется активная работа по уменьшению гектарной нормы гербицидов за счет синтеза новых действующих веществ, обладающих высокой эффективностью в низких нормах внесения.

Цель работы – сравнительная агроэкологическая оценка гербицидов на посевах сои в центральной зоне Краснодарского края.

Задача исследования: определить биологическую и хозяйственную эффективность используемых гербицидов на посевах сои и провести расчеты их экотоксикологической опасности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по агроэкологической оценке применения гербицидов проводили на посевах сои сорта Арлетав полевых условиях Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в 2022 году.

Климат степной равнинной части Краснодарского края характеризуется отсутствием выраженных времен года. По температурному режиму – умеренно-континентальный [14]. Годовой ход температуры резко выражен. В январе этот показатель составлял -3...-5°C, в июле +22...+24°C. Общее количество выпавших атмосферных осадков за календарный год находится в пределах 400...600 мм.

Условия проведения опыта представлены на рисунке, из которого следует, что температура воздуха в мае была близка к среднегодовым данным. В июне и августе она была в среднем на 3°C, а в июне на 7,5°C выше нормы. Количество атмосферных осадков в мае и июне в 2,3 и 1,5 раза превышало среднегодовую норму, соответственно. Сумма осадков в июне была практически на уровне нормы, а в августе наблюдался сильный дефицит влаги [15].

Почва опытного участка была представлена черноземом, выщелоченным малогумусным сверхмощным по гранулометрическому составу легкоголистый. Количество гумуса в верхнем горизонте – 3,4 %. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной ($pH_{водн.} = 6,9$) [14].

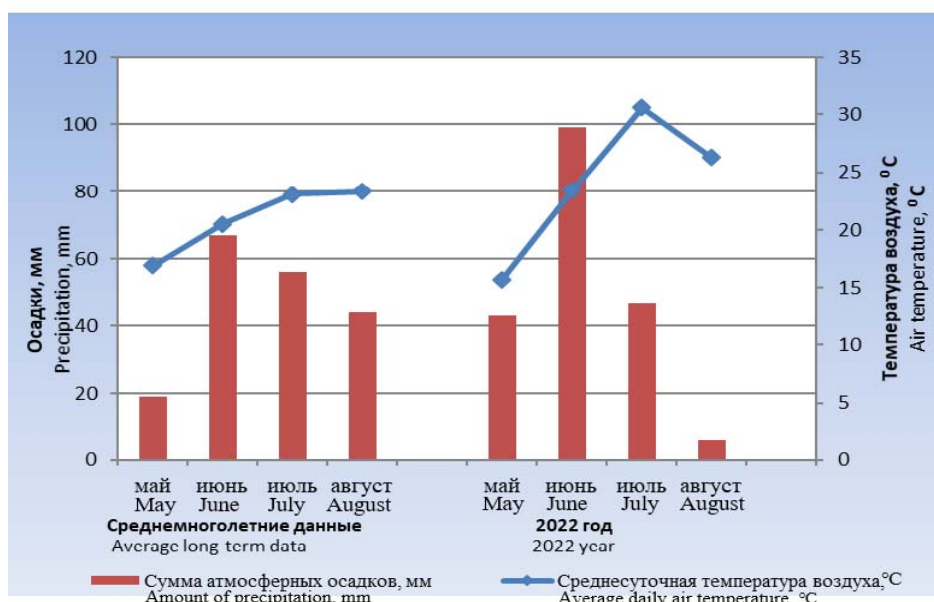


Рисунок. Метеорологические условия проведения полевого опыта, 2022 г.

Figure. Meteorological conditions for the field experiment, 2022

Выращивание сои проводили по принятой технологии для центральной зоны Краснодарского края, которая включала в себя лущение стерни предшественника (озимая пшеница) с последующей глубокой вспашкой. Весной – боронование и предпосевная культивация. Посев сои (сорт Арлета) был проведен 28 апреля 2022 года из расчета 360 тыс. шт./га [15].

Посевы сои на опытном участке были засорены однолетними двудольными сорными растениями – марью белой (*Chenopodium album* L.), дурнишником обыкновенным (*Xanthium strumarium* L.), амброзией полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.), щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.), и злаками – щетинником сизым (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. Et Schult), ежовником обыкновенным (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv) [14].

В эксперименте использовали гербициды, разрешенные к применению на территории Российской Федерации на посевах сои: Дуал Голд, КЭ (С-металахлор – 960 г/л); Фронтьер Оптима, КЭ (диметенамид-Р – 720 г/л); Пропонит, КЭ (пропизохлор – 720 г/л); Пульсар, ВР (имазамокс – 40 г/л); Пивот, ВК (имазетапир – 100 г/л); Базагран, ВР (бентазон – 480 г/л); Зеллек Супер, КЭ (галаксифоп-П-этил – 104 г/л к-ты).

Внесение рабочих растворов гербицидов в максимальной норме их применения проводили до всходов и в фазе 2-3 тройчатых листьев сои ручным опрыскивателем «PULVEREX», оборудованным штангой (2 метра) с плоскоструйными распылителями (ТЕЕJET 11002 VS) при расходе рабочей жидкости 200 л/га. Площадь делянок в опыте составляла 25 м² при четырехкратной повторности с рендомизированным их расположением [16].

Закладку и проведение полевого эксперимента проводили согласно методическим указаниям по испытанию гербицидов в сельскохозяйственном производстве [17]. Учеты засоренности проводили в четыре срока. Первый – с определением видов сорных растений, плотности засоренности, их фазы роста и развития осуществляли непосредственно перед внесением гербицидов (исходная засоренность). Через 30 и 45 дней после нанесения препаратов проводили второй и третий учеты, при которых учитывали количество сорных растений по видам и определяли их сырую надземную биомассу. При уборке урожая проводили четвертый учет сорняков по их количеству [16].

Уборку урожая сои на экспериментальных делянках опыта выполняли напрямую комбайном ХЕГЕ-125 с последующим взвешиванием и определением урожайности зерна (т/га).

Биологическую эффективность препаратов проводили по уменьшению количества и массы сорняков, хозяйственную – в разнице урожая культуры по отношению варианта без использования гербицидов (контроль).

Результаты, полученные в полевом опыте, были статистически обработаны способом дисперсионного анализа (Microsoft Office Excel). Экоотоксикологическую оценку гербицидов рассчитывали по двум показателям [18].

Первый – экологическая нагрузка для почвы:

$$ЭН = \frac{D \cdot T_{50}}{LD_{50}},$$

где D – суммарная за сезон доза действующего вещества, мг/га; T₅₀ – период полураспада пестицида в почве, недель; LD₅₀ – среднетоксическая норма пестицида, мг/кг.

Второй – коэффициент избирательного действия:

$$КИД = \frac{LD_{50}}{D},$$

где LD₅₀ – среднетоксическая норма пестицида, мг/кг; D – суммарная норма гербицида за вегетационный период, л/га.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные полевых опытов свидетельствуют о том, что применение 1,6 л/га препарата Дуал Голд, КЭ до всходов сои обеспечило 75,5...80,8 % снижение численности сорняков до уборки урожая культуры в сравнении с контролем (табл. 1).

Таблица 1. Действие гербицидов на общую засоренность посевов сои**Table 1.** Effect of herbicides on total weediness of soybean crops

| Варианты опыта Experimental variants | Номер учета Account number | Численность сорных растений Number of weeds | | Сырая масса сорных растений Raw mass of weeds | | | |
|---|-------------------------------|--|---|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | | экз. / м ² copies / m ² | снижение, % к контролю decline, % to control | г/м ² g/m ² | | снижение, % к контролю decline, % to control | |
| | | | | злако- вые cereals | двудо- льные bipartite | злако- вые cereals | двудо- льные bipartite |
| до всходов / before germination | | | | | | | |
| Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га Dual Gold, CE – 1,6 l/ha | 2 | 20,5 | 80,6 | 2 | 123 | 97,9 | 61,3 |
| | 3 | 21,9 | 78,1 | 8 | 218 | 94,9 | 58,4 |
| | 4 | 23,7 | 75,5 | - | - | - | - |
| Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha | 2 | 23,0 | 78,8 | 5 | 134 | 94,7 | 57,9 |
| | 3 | 24,4 | 75,6 | 11 | 235 | 92,9 | 55,2 |
| | 4 | 26,2 | 72,9 | - | - | - | - |
| Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha | 2 | 21,6 | 79,5 | 3 | 128 | 96,0 | 59,7 |
| | 3 | 23,1 | 76,9 | 9 | 225 | 94,2 | 57,1 |
| | 4 | 24,8 | 74,3 | - | - | - | - |
| Без гербицидов (контроль) Herbicide-free (control) | 2 | 105,4 | - | 95 | 318 | - | - |
| | 3 | 100,1 | - | 156 | 524 | - | - |
| | 4 | 96,6 | - | - | - | - | - |
| фаза 2-3 тройчатых листьев / phase 2-3 triple leaves | | | | | | | |
| Пульсар, ВР – 1,0 л/га Pulsar, AS – 1,0 l/ha | 2 | 7,0 | 93,2 | 12 | 46 | 97,1 | 94,7 |
| | 3 | 8,9 | 91,0 | 33 | 99 | 94,6 | 92,3 |
| | 4 | 10,7 | 88,8 | - | - | - | - |
| Пивот, ВК – 0,8 л/га Pivot, WC – 0,8 l/ha | 2 | 8,3 | 92,0 | 18 | 59 | 95,6 | 93,2 |
| | 3 | 10,4 | 89,5 | 37 | 122 | 94,0 | 90,5 |
| | 4 | 12,1 | 87,9 | - | - | - | - |
| Базагран, ВР + Зеллек-супер, КЭ – 3,0 + 0,5 л/га Bazagran, AS + Zellek-super, CE – 3,0 l/ha + 0,5 l/ha | 2 | 7,5 | 92,7 | 7 | 64 | 98,2 | 92,6 |
| | 3 | 9,3 | 90,6 | 22 | 118 | 96,4 | 90,8 |
| | 4 | 11,2 | 88,3 | - | - | - | - |
| Без гербицидов (контроль) Herbicide-free (control) | 2 | 103,4 | - | 405 | 863 | - | - |
| | 3 | 98,9 | - | 608 | 1288 | - | - |
| | 4 | 95,6 | - | - | - | - | - |

Подавление сырой надземной биомассы однолетних злаковых и двудольных сорных растений спустя 30 и 45 дней после внесения гербицида составляло 94,9...97,9 и 58,4...61,3 %, соответственно. Применение препарата Дуал Голд, КЭ способствовало высокоэффективному подавлению ежовника обыкновенного, щетинника сизого, щирицы запрокинутой, мари белой, в меньшей степени – амброзии полыннолистной (табл. 2). Дурнишник обыкновенный проявил устойчивость к препарату.

Примерно такая же биологическая эффективность наблюдалась и от использования других почвенных гербицидов: Фронтьер Оптима, КЭ и Пропонит, КЭ.

Применение послевсходовых гербицидов в период 2–3 тройчатых листьев культуры было более эффективно. Так, использование 1,0 л/га препарата Пульсар, ВР обеспечило 88,8...93,2 % снижение общего числа злаковых и двудольных сорных растений и 94,6...97,1 и 92,3...94,7 % подавление их

сырой вегетативной массы, соответственно. Близкий гербицидный эффект наблюдался и от использования гербицида Пивот, ВР и смеси препаратов 3,0 л/га Базагран, ВР + 0,5 л/га Зеллек Супер, КЭ.

Полученные данные по биологической эффективности гербицидов хорошо согласуются с результатами, полученными при уборке урожая сои, которые показывают, что при применении препаратов в период вегетации культуры наблюдалась более высокая величина сохраненного урожая (177...180 %), чем при использовании почвенных гербицидов (151...155 %) (табл. 3).

Сравнительная оценка экотоксикологической опасности показала, что среди изученных на посевах сои гербицидов, препарат Пульсар, ВР характеризуется более низким уровнем экологической нагрузки для почвы (19 кг/га) и высоким коэффициентом избирательности действия (5000 мг/га) (табл. 4).

Таблица 2. Действие гербицидов на виды сорных растений в посевах сои**Table 2.** Effect of herbicides on weed species in soybean crops

| Варианты опыта Experimental variants | Номер учета Account number | Снижение численности сорных растений, % к контролю Reduction of number of weeds, % to control | | | | | |
|---|-------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | | <i>Echinochloa crusgalli</i> | <i>Setaria pumila</i> | <i>Amaranthus retroflexus</i> | <i>Chenopodium album</i> | <i>Ambrosia artemisiifolia</i> | <i>Xanthium strumarium</i> |
| | | | | | | | |
| до всходов / before germination | | | | | | | |
| Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га Dual Gold, CE – 1,6 l/ha | 2 | 95,6 | 93,9 | 94,5 | 92,9 | 45,6 | 0 |
| | 3 | 93,4 | 91,8 | 92,0 | 90,9 | 42,9 | 0 |
| | 4 | 91,2 | 90,0 | 89,4 | 88,0 | 39,4 | 0 |
| Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha | 2 | 93,9 | 90,9 | 92,4 | 88,5 | 42,8 | 0 |
| | 3 | 91,6 | 88,6 | 89,8 | 86,4 | 40,0 | 0 |
| | 4 | 89,2 | 86,7 | 87,2 | 83,3 | 36,5 | 0 |
| Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha | 2 | 94,9 | 92,1 | 93,7 | 91,2 | 44,4 | 0 |
| | 3 | 92,7 | 90,5 | 91,1 | 88,2 | 41,1 | 0 |
| | 4 | 90,4 | 88,0 | 88,5 | 86,1 | 38,2 | 0 |
| Без гербицидов (контроль)* Herbicide-free (control)* | 2 | 29,5 | 16,5 | 23,8 | 11,3 | 18,0 | 6,3 |
| | 3 | 27,3 | 15,8 | 22,5 | 11,0 | 17,5 | 6,0 |
| | 4 | 26,0 | 15,0 | 21,8 | 10,8 | 17,0 | 6,0 |
| фаза 2-3 тройчатых листьев / phase 2-3 triple leaves | | | | | | | |
| Пульсар, ВР – 1,0 л/га Pulsar, AS – 1,0 l/ha | 2 | 95,4 | 93,8 | 94,2 | 92,0 | 89,9 | 90,9 |
| | 3 | 93,3 | 91,5 | 92,9 | 89,8 | 86,7 | 88,2 |
| | 4 | 91,1 | 89,7 | 91,1 | 86,3 | 85,3 | 84,7 |
| Пивот, ВК – 0,8 л/га Pivot, WC – 0,8 l/ha | 2 | 94,7 | 91,9 | 93,3 | 90,0 | 88,8 | 88,6 |
| | 3 | 92,6 | 90,2 | 91,4 | 86,7 | 85,5 | 84,7 |
| | 4 | 90,3 | 87,6 | 90,1 | 84,2 | 83,6 | 82,4 |
| Базагран, ВР + Зеллек-супер, КЭ – 3,0 + 0,5 л/га Bazagran, AS + Zellek-super, CE – 3,0 l/ha + 0,5 l/ha | 2 | 96,5 | 95,0 | 95,6 | 87,0 | 87,1 | 85,2 |
| | 3 | 94,4 | 93,5 | 93,8 | 84,6 | 85,5 | 82,4 |
| | 4 | 92,2 | 91,0 | 92,6 | 81,1 | 83,5 | 78,8 |
| Без гербицидов (контроль)* Herbicide-free (control)* | 2 | 28,3 | 16,0 | 22,5 | 10,0 | 17,8 | 8,8 |
| | 3 | 27,0 | 15,3 | 21,0 | 9,8 | 17,3 | 8,5 |
| | 4 | 25,8 | 14,5 | 20,3 | 9,5 | 17,0 | 8,5 |

Примечание: * – в контроле представлены данные о количестве сорняков, экз./м²Note: * – in the control, data on the number of weeds and plants/m² are presented**Таблица 3.** Урожайность сои сорта Арлета при применении гербицидов**Table 3.** Yield of soybean variety Arleta when using herbicides

| Варианты опыта Experimental variants | Средняя урожайность Average yield | |
|--|--------------------------------------|------------------------------|
| | т/га с/ha | % к контролю % to control |
| до всходов / before germination | | |
| Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га / Dual Gold, CE – 1,6 l/ha | 2,20 | 154,9 |
| Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га / Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha | 2,15 | 151,4 |
| Пропонит, КЭ – 3,0 л/га / Proponite, CE – 3,0 l/ha | 21,8 | 153,5 |
| Без гербицидов (контроль) / Herbicide-free (control) | 14,2 | 100 |
| НСР₀₅ / NSR₀₅ | | 1,21 |
| фаза 2-3 тройчатых листьев / phase 2-3 triple leaves | | |
| Пульсар, ВР – 1,0 л/га / Pulsar, AS – 1,0 l/ha | 2,59 | 179,9 |
| Пивот, ВК – 0,8 л/га / Pivot, WC – 0,8 l/ha | 2,55 | 177,1 |
| Базарган, ВР + Зеллек-супер, КЭ – 3,0 + 0,5 л/га / Bazagran, AS + Zellek-super, CE – 3,0 + 0,5 l/ha | 2,57 | 178,5 |
| Без гербицидов (контроль)* / Herbicide-free (control)* | 1,44 | 100 |
| НСР₀₅ / NSR₀₅ | | 1,42 |

Примечание: * – в контроле представлены данные о количестве сорняков, экз./м²Note: * – in the control, data on the number of weeds and plants/m² are presented

Таблица 4. Сравнительная оценка экотоксикологической опасности применения гербицидов на посевах сои
Table 4. Comparative assessment of ecotoxicological hazard of using herbicides on soybean crops

| Название препарата Name of drug | ЛД ₅₀ , мг/кг LD ₅₀ , mg/kg | Период полуразпада, недели Half-life, weeks | ЭН, мг/га EL mg/ha | КИД, мг/кг CSA, mg/kg |
|---|--|--|-----------------------|--------------------------|
| Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га Dual Gold, CE – 1,6 l/ha | 4300 | 3,0 | 1072 | 269 |
| Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha | 1570 | 1,0 | 550 | 1308 |
| Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha | 2761 | 1,7 | 1330 | 920 |
| Пульсар, ВР – 1,0 л/га Pulsar, AS – 1,0 l/ha | 5000 | 2,4 | 19 | 5000 |
| Пивот, ВК – 0,8 л/га Pivot, WC – 0,8 l/ha | 5000 | 7,3 | 117 | 6250 |
| Базарган, ВР – 3,0 л/га + Зеллек-супер, КЭ – 0,5 л/га Bazargan, AS – 3,0 l/ha + Zellek-super, CE – 0,5 l/ha | 800+516 | 2,0 | 3600+202 | 267+1032 |

Близок по этим показателям гербицид Пивот, ВК. Остальные препараты: ДуалГолд, КЭ; Фронтьер Оптима, КЭ; Пропонит, КЭ и смесь Базарган, ВР + Зеллек Супер, КЭ оказывали более высокую опасность для окружающей среды.

ВЫВОДЫ

Биологическая эффективность применения гербицидов Пульсар, ВР (1,0 л/га), Пивот, ВК (0,8 л/га) и смеси Базарган, ВР (3,0 л/га) + Зеллек Супер, КЭ (0,5 л/га) на посевах сои в фазе 2–3 тройчатых листьев была на уровне 88...98 %, при этом величина сохраненного урожая культуры составляла 177...180 % в сравнении с вариантом без применения гербицидов (контроль).

Использование гербицидов Дуал Голд, КЭ (1,6 л/га), Фронтьер Оптима, КЭ (1,2 л/га) и Пропонит, КЭ (3,0 л/га) до всходов сои было несколько менее эффективно за счет слабого подавления амброзии полиннолистной. Дурнишник обыкновенный проявил к ним устойчивость. Величина сохраненного урожая была в пределах 151...155 % к контролю.

Среди гербицидов, применяемых на посевах сои, препараты Пульсар, ВР и Пивот, ВК характеризуется более низким уровнем экологической нагрузки и высоким коэффициентом избирательного действия, чем Дуал Голд, КЭ Фронтьер Оптима, КЭ, Пропонит КЭ и смесь Базарган, ВР + Зеллек Супер, КЭ.

Таким образом, при выборе гербицидов для применения на посевах сои в центральной зоне Краснодарского края в целях охраны окружающей среды следует комплексно оценивать с учетом их экотоксикологической нагрузки.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0001.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out in accordance with the State Assignment of the Ministry of Science and Higher

Education of the Russian Federation within the framework of research on topic No FGRN-2022-0001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mayerová M., Madaras M., Soukup J. Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial // *Crop Protection*. 2018. V. 114. P. 215–222. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219418302059> (дата обращения: 01.03. 2023)
2. Butkevičienė L.M. et al. The influence of long-term different crop rotations and monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil // *Agronomy*. 2021. N 7. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/7/1367> (дата обращения: 01.03. 2023)
3. Tataridas A., Kanatas P., Chatzigeorgiou A., et al. Sustainable crop and weed management in the era of the EU Green Deal: A survival guide // *Agronomy*. 2022. N 3. P. 589. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/589> (дата обращения: 01.03.2023)
4. Colbach N., Gardarin A., Moreau D. The response of weed and crop species to shading: Which parameters explain weed impacts on crop production? // *Field Crops Research*. 2019. V. 238. P. 45–55. doi: 10.1016/j.fcr.2019.04.008.
5. Sharma A., Jha P., Reddy G.V.P. Multidimensional relationships of herbicides with insect-crop food webs // *Science of the total environment*. 2018. V. 643. P. 1522–1532. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971832388X> (дата обращения: 01.03. 2023)
6. Gharde Y. et al. Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India // *Crop Protection*. 2018. V. 107. P. 12–18. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219418300073> (дата обращения: 01.03. 2023)
7. Monteiro A., Santos S. Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management // *Agronomy*. 2022. N 1. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/118> (дата обращения: 01.03. 2023)
8. Scursoni J.A., Vera A.C.D., Oreja F.H., et al. Weed management practices in Argentina crops // *Weed Technology*. 2019. V. 33. N 3. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/weed-management-practices-in-argentina-crops/EAC2D5666889FF9E8DC84A7C4B099D0> (дата обращения: 01.03. 2023)
9. Kocira A., Staniak M. Weed ecology and new approaches for management // *Agriculture*. 2021. V. 11. N 3. P. 262. URL:

<https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/262/htm> (дата обращения: 01.03. 2023)

10. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г., Клейменова И.Ю. Современное состояние проблемы изучения применения гербицидов (Обзор публикаций за 2014–2017 гг.) // *Агрохимия*. 2019. N 6. С. 81–91. <https://doi.org/10.1134/S0002188119060103>

11. Meriem H., Rafika L. Effectiveness of herbicides on the weed flora of winter cereals in the region of sétifian high plains, algeria // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2021. N 2. P. 63–72. URL: <https://www.ikppress.org/index.php/PCBMB/article/view/6001> (дата обращения: 01.03. 2023)

12. Dayan F.E. Current status and future prospects in herbicide discovery // *Plants*. 2019. V. 8. N 9. P. 341. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/9/341> (дата обращения: 01.03. 2023)

13. Meena R.S., Kumar S., Datta R., et al. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review // *Land*. 2020. V. 9. N 2. P. 34. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/2/34> (дата обращения: 01.03. 2023)

14. Савва А.П., Тележенко Т.Н., Суворова В.А., Ковалев С.С. Противовдольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. N 3. С. 69–73. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_69

15. Савва А.П., Тележенко Т.Н., Суворова В.А. Новый отечественный препарат Нексус на посевах сои в условиях центральной зоны Краснодарского края // *Материалы международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем»*, Краснодар, 13–15 сентября, 2022. С. 321–332.

16. Савва А.П., Тележенко Т.Н., Суворова В.А. Отечественный препарат Когорта на посевах сои в Краснодарском крае // *Материалы Жученковских чтений VII «Биологические основы защиты растений»*, Краснодар, 15 сентября, 2022. С. 211–219.

17. Голубев А.С., Маханькова Т.А. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург, 2020. 80 с.

18. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикишова Э.А. Экологизация защиты растений. Пущино: Биопресс. 1994. 462 с.

REFERENCES

1. Mayerová M., Madaras M., Soukup J. [Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial]. *Crop Protection*, 2018, vol. 114, pp. 215–222. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219418302059> (accessed 01.03. 2023)

2. Butkevičienė L.M. et al. [The influence of long-term different crop rotations and monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil]. *Agronomy*, 2021, no. 7. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/7/1367> (accessed 01.03. 2023)

3. Tataridas A., Kanatas P., Chatzigeorgiou A., et al. [Sustainable crop and weed management in the era of the EU Green Deal: A survival guide]. *Agronomy*, 2022, no. 3, pp. 589. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/589> (accessed 01.03. 2023)

4. Colbach N., Gardarin A., Moreau D. The response of weed and crop species to shading: Which parameters explain weed impacts on crop production? *Field Crops Research*, 2019, vol. 238, pp. 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.008>

5. Sharma A., Jha P., Reddy G.V.P. [Multidimensional relationships of herbicides with insect-crop food webs]. *Science of the total environment*, 2018, vol. 643. pp. 1522–1532. Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971832388X> (accessed 01.03. 2023)

6. Gharde Y. et al. [Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India]. *Crop Protection*, 2018, vol. 107, pp. 12–18. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219418300073> (accessed 01.03. 2023)

7. Monteiro A., Santos S. [Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management]. *Agronomy*, 2022, no. 1. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/118> (accessed 01.03. 2023)

8. Scursoni J.A., Vera A.C.D., Oreja F.H., et al. [Weed management practices in Argentina crops]. *Weed Technology*, 2019, vol. 33, no. 3. Available at: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/weed-management-practices-in-argentina-crops/EAC2D5666889FF9E8DC84A7C4B099D0> (accessed 01.03. 2023)

9. Kocira A., Staniak M. [Weed ecology and new approaches for management]. *Agriculture*, 2021, vol. 11, no.3, pp. 262. Available at: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/262/htm> (accessed 01.03. 2023)

10. Spiridonov Yu.Ya., Zhemchuzhin S.G., Kleimenova I.Yu. The current state of the problem of studying the herbicides application. *Agrochemistry*, 2019, no. 6, pp. 81–91. (In Russian) <https://doi.org/10.1134/S0002188119060103>

11. Meriem H., Rafika L. [Effectiveness of herbicides on the weed flora of winter cereals in the region of sétifian high plains, algeria]. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 2021, no. 2, pp. 63–72. Available at: <https://www.ikppress.org/index.php/PCBMB/article/view/6001> (accessed 01.03. 2023)

12. Dayan F.E. [Current status and future prospects in herbicide discovery]. *Plants*, 2019, vol. 8, no. 9, pp. 341. Available at: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/9/341> (accessed 01.03. 2023)

13. Meena R.S., Kumar S., Datta R., et al. [Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review]. *Land*, 2020, vol. 9, no. 2, pp. 34. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/2/34> (accessed 01.03. 2023)

14. Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A., Kovalev S.S. Antifungal herbicide Flex, BP for the protection of soybean crops in the Krasnodar Territory. *Achievements of science and technology of agriculture*, 2022, vol. 36, no. 3, pp. 69–73. (In Russian) https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_69

15. Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A. Novyi otechestvennyi preparat Nexus na posevakh soi v usloviyakh tsentral'noi zony Krasnodarskogo kraya [A new domestic drug Nexus on soybean crops in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Biologicheskaya zashchita rastenii – osnova stabilizatsii agroekosistem»*, Krasnodar, 13–15 sentyabrya [Materials of the international scientific and practical conference "Biological protection of plants – the basis of stabilization of agroecosystems", Krasnodar, 13–15 September 2022]. Krasnodar, 2022, pp. 321–332. (In Russian)

16. Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A. Otechestvennyi preparat Kogorta na posevakh soi v Krasnodarskom krae [Domestic drug Cohort on soybean crops in the Krasnodar Territory]. *Materialy Zhuchenkovskikh chtenii VII «Biologicheskie osnovy zashchity rastenii»*, Krasnodar, 15 sentyabrya [Materials of the Zhuchenkov readings of the Research Institute "Biological foundations of plant protection", Krasnodar, 15 September 2022]. Krasnodar, 2022, pp. 211–219. (In Russian)

17. Golubev A.S., Makhankova T.A. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu registratsionnykh ispytaniy gerbitsidov*. FGBNU

VIZR [Guidelines for conducting registration tests of herbicides]. St. Petersburg, FSBI VIZR Publ., 2020, 80 p. (In Russian)

18. Sokolov M.S., Monastyrsky O.A., Pikushova E.A. *Ekologizatsiya zashchity rastenii* [Ecologization of plant protection]. Pushchino, Biopress Publ., 1994, 462 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Анатолий П. Савва, Тамара Н. Тележенко, Валерия А. Суворова осуществляли закладку полевого опыта, проводили учеты сорной растительности и уборку урожая. Тамара Н. Тележенко, Валерия А. Суворова обобщали полученные в опыте результаты. Анатолий П. Савва анализ и написание рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Anatoly P. Savva, Tamara N. Telezhenko and Valeria A. Suvorova carried out the laying of the field experiment, carried out weed counts and harvested. Tamara N. Telezhenko and Valeria A. Suvorova summarised the results obtained in the experiment. Anatoly P. Savva carried out analysis and wrote the manuscript. All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Анатолий П. Савва / Anatoly P. Savva <https://orcid.org/0000-0002-9457-2223>

Тамара Н. Тележенко / Tamara N. Telezhenko <https://orcid.org/0000-0002-1001-708X>

Валерия А. Суворова / Valeria A. Suvorova <https://orcid.org/0000-0003-1082-3652>