

Оригинальная статья / Original article
УДК 633.854.78:632.51:632.954:631.95
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-16



Агроэкологическая оценка довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника Краснодарского края

Валерия А. Суворова, Анатолий П. Савва

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

Контактное лицо

Анатолий П. Савва, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гербологии, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «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

Суворова В.А., Савва А.П. Агроэкологическая оценка довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника Краснодарского края // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N1. С. 187-194. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-16

Получена 26 февраля 2024 г.

Прошла рецензирование 14 июня 2024 г.

Принята 15 января 2025 г.

Резюме

Цель: агроэкологическая оценка довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника гибрида Арис в Краснодарском крае.

Опыт проводили в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологической защиты растений» в 2023 году на посевах подсолнечника (гибрид Арис), согласно методическим указаниям по испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. В эксперименте использовали довсходовые широко применяемые гербициды. Биологическую и хозяйственную эффективность гербицидов оценивали по количеству, массе и урожаю семян подсолнечника в сравнении с контролем. Сравнительную экотоксикологическую оценку препаратов проводили по показателю экологической нагрузки.

Применение препаратов: Фронтьер Оптима, КЭ (0,8 л/га); Дуал Голд КЭ (1,3 л/га); Пропонит, КЭ (2,0 л/га), Гезадар, КЭ (2,0 л/га), Бегин Турбо, КС (1,5 л/га); Акрис, СЭ (2,0 л/га); Версия, МД (3,0 л/га) и Камелот, СЭ (3,0 л/га) до всходов подсолнечника обеспечило 75...96 % гербицидный эффект. Отрицательного действия на культуру не наблюдалось, и была получена 149,1...155,5 % величина сохраненного урожая к контролю.

Гербициды: Фронтьер Оптима, КЭ; Дуал Голд КЭ; Пропонит, КЭ и Гезадар, КЭ характеризуются более низким показателем экологической нагрузки в сравнении с препаратами: Бегин Турбо, КС; Акрис, СЭ; Версия, МД и Камелот, СЭ.

При выборе гербицидов для применения на посевах подсолнечника необходимо учитывать не только их биологическую эффективность, но и экологическую нагрузку.

Ключевые слова

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.), урожайность, гербицид, сорное растение, эффективность, экологическая нагрузка.

Agroecological assessment of pre-emergence herbicides on sunflower crops in Krasnodar territory, Russia

Valeria A. Suvorova and Anatoliy P. Savva

Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Anatoliy P. Savva, PhD in Biology, Leading Researcher & Head of the 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

Suvorova V.A., Savva A.P. Agroecological assessment of pre-emergence herbicides on sunflower crops in Krasnodar territory, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(1):187-194. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-16

Received 26 February 2024

Revised 14 June 2024

Accepted 15 January 2025

Abstract

The aim was to undertake an Agroecological assessment of pre-emergence herbicides on the crops of the Aris sunflower hybrid in Krasnodar Territory. The experiment was carried out at the Federal Research Centre of Biological Plant Protection in 2023 on sunflower crops (Aris hybrid), according to the guidelines for testing herbicides in agriculture. Widely used pre-emergence herbicides were applied in the experiment. The biological and economic efficacy of herbicides was assessed by the number, weight and yield of sunflower seeds in comparison with the control. A comparative ecotoxicological assessment of the preparations was carried out based on the environmental load indicator.

Application of the preparations: Frontiere Optima, CE (0.8 l/ha); Dual Gold CE (1.3 l/ha); Proponite, CE (2.0 l/ha), Gezadar, SC (2.0 l/ha), Begin Turbo, SC (1.5 l/ha); Acris, SE (2.0 l/ha); Versia, OD (3.0 l/ha) and Camelot, SE (3.0 l/ha) before sunflower germination provided 75...96 % herbicidal effect. No negative effect on the crop was observed and 149.1...155.5 % of the saved yield compared to the control was obtained. Herbicides: Frontiere Optima, CE, Dual Gold CE, Proponite, CE, Gezadar, SC are characterised by a lower environmental load compared to the preparations Begin Turbo, SC; Acris, SE; Versia, OD and Camelot, SE.

When choosing herbicides for use on sunflower crops, it is necessary to take into account not only their biological effectiveness, but also their environmental load.

Key Words

Sunflower (*Helianthus annuus* L.), yield, herbicide, weed, efficacy, environmental load.

ВВЕДЕНИЕ

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) – основная масличная культура в Российской Федерации. Краснодарский край является одним из лидирующих регионов по его выращиванию. В 2023 году под посевы подсолнечника было отведено 476,9 тыс. га, что составило половину общей площади возделываемых технических культур края [1].

Одной из главных причин снижения урожайности и ухудшения качественных характеристик продукции подсолнечника является засоренность посевов [2]. Сорная растительность, имея более высокую конкурентную способность на ранних этапах роста и развития культуры, затеняет светолюбивые растения и поглощает из почвы влагу и важные элементы питания, что в дальнейшем приводит к невосполнимым потерям урожая [3; 4]. Кроме прямого снижения урожайности, сорняки являются резерваторами фитопатогенов, а также кормовой базой для многих видов фитофагов, особенно в ранневесенний период, когда еще нет основных кормовых растений. Помимо этого они увеличивают затраты на обработку почвы и уборку урожая [5].

В связи с этим, своевременное уничтожение сорной растительности в посевах подсолнечника – важный и необходимый элемент в технологии возделывания культуры [6].

Срок проведения защитных мероприятий зависит от взаимоотношений растений в агрофитоценозах и определяется рядом условий, прежде всего видами сорных растений, их численностью и временем совместного произрастания – критическим периодом. Для растений подсолнечника этот период, в течение которого он наиболее чувствителен к конкуренции сорняков, составляет 24–25 суток с момента появления всходов культуры. Именно в этот срок требуется осуществление защитных мероприятий, направленных на сохранение потенциального урожая и его качества [7].

В настоящее время, из существующих методов борьбы с сорной растительностью наиболее эффективным и востребованным является химический, с использованием гербицидов [8; 9].

На территории Российской Федерации зарегистрировано 130 гербицидов на основе 19 действующих веществ, применяемых в технологии возделывания подсолнечника, из которых 67 препаратов используются в период до всходов культуры и 63 – во время вегетации [10]. Для подавления однолетних и некоторых многолетних злаковых сорных растений в каталоге имеется 55 грамминцидов, применяемых в период вегетации на основе таких действующих веществ, как галаксифоп-П-метил, квизалофоп-П-тефурил, клетодим, хизалофоп-П-этил, флуазифоп-П-бутил, циклосидим. Для борьбы с однолетними двудольными сорняками зарегистрировано 6 гербицидов на основе этаметсульфурон-метила. Для одновременного подавления злаковых и двудольных сорных растений в посевах подсолнечника применяется 63 гербицида до всходов культуры на основе действующих веществ: диметенамид-Р; пендиметалин; прометрин; пропизохлор; С-метолахлор; тербутилазин; флуорхлоридон; аклонифен.

Использование гербицидов в современном сельском хозяйстве имеет две составляющие с противоположенными последствиями [11]. Первая

касается необходимости борьбы с сорняками для уменьшения ущерба сельскохозяйственным культурам и поддержания продуктивности и экономической выгоды. Вторая – остатки этих химикатов при чрезмерном и неразумном их применении, к сожалению, могут выступать в качестве загрязнителей почвы, нанося в дальнейшем экологический ущерб. В связи с этим гербициды необходимо применять не только исходя из биологической и хозяйственной эффективности, но и с учетом их экологической нагрузки [12; 13].

Цель работы – агроэкологическая оценка довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника в Краснодарском крае.

Задача исследования – оценка биологической и хозяйственной эффективности довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника и определение их показателей экологической нагрузки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Агроэкологическую оценку гербицидов на посевах гибрида подсолнечника Арис осуществляли в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (г. Краснодар) в 2023 году.

В степной зоне Краснодарского края климат умеренно-континентальный: засушливое, жаркое лето и мягкая малоснежная зима. Средняя температура воздуха в январе -3...-5 °С, в июле этот показатель составляет + 22...+ 24 °С. Годовое количество атмосферных осадков колеблется от 400 до 600 мм.

В апреле и мае температурный режим был на уровне среднесезонных данных, а в период июнь, июль и август он превышал норму на: 5,9; 7,7 и 12,1 °С, соответственно (рис. 1). Сумма атмосферных осадков в период апрель...июнь в 1,3...2,0 раза превышала среднесезонные показатели, в июле была близка к норме, а в августе наблюдалась засуха.

Почва экспериментального участка – чернозем, выщелоченный с содержанием гумуса в пахотном слое – 3,4 %, рН_{водн.} – 6,9.

Технология выращивания подсолнечника (гибрид Арис): лущение стерни предшествующей культуры (озимый ячмень); вспашка на глубину 25–27 см; ранневесеннее боронование и культивация перед посевом культуры, который был проведен 18 апреля 2023 года с нормой высева 60 тыс. шт./га.

Сорная растительность посевов подсолнечника в основном была представлена: марью белой (*Chenopodium album* L.); щетинником сизым (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. Et Schult); амброзией полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.); щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus* L.); ежовником обыкновенным (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv).

В опыте на посевах подсолнечника использовали довсходовые однокомпонентные гербициды в минимальных рекомендуемых нормах применения [10]: Фронтьер Оптима, КЭ (720 г/л диметенамида-Р); Дуал Голд, КЭ (960 г/л С-металохлора); Пропонит, КЭ (720 г/л пропизохлора); Гезадар, КС (500 г/л прометрина) и двухкомпонентные: Бегин Турбо, КС (250 г/л тербутилазина + 250 г/л С-металохлора); Акрис, СЭ (280 г/л диметенамида-Р + 250 г/л тербутилазина); Версия, МД (370 г/л пропизохлора + 185 г/л тербутилазина); Камелот, СЭ (312,5 г/л С-металохлора + 187,5 тербутилазина).

Растворы гербицидов вносили до всходов культуры ручным опрыскивателем марки «PULVEREX», оборудованным штангой (2 метра) с плоскоструйными распылителями (TEEJET 11002 VS) при расходе рабочей жидкости 200 л/га. Площадь опытных делянок 25 м², четырехкратная повторность с рендомизированным расположением [13].

Проведение полевого эксперимента проводили по «Методическим рекомендациям по

проведению регистрационных испытаний гербицидов» [14]. Учеты засоренности проводили через 30 и 45 дней после внесения препаратов и при уборке урожая. Уборку урожая опытных делянок подсолнечника проводили комбайном ХЕГЕ-125. Эффективность гербицидов учитывали по числу и массе сорняков, разнице урожая в сравнении с контролем (без использования гербицидов).

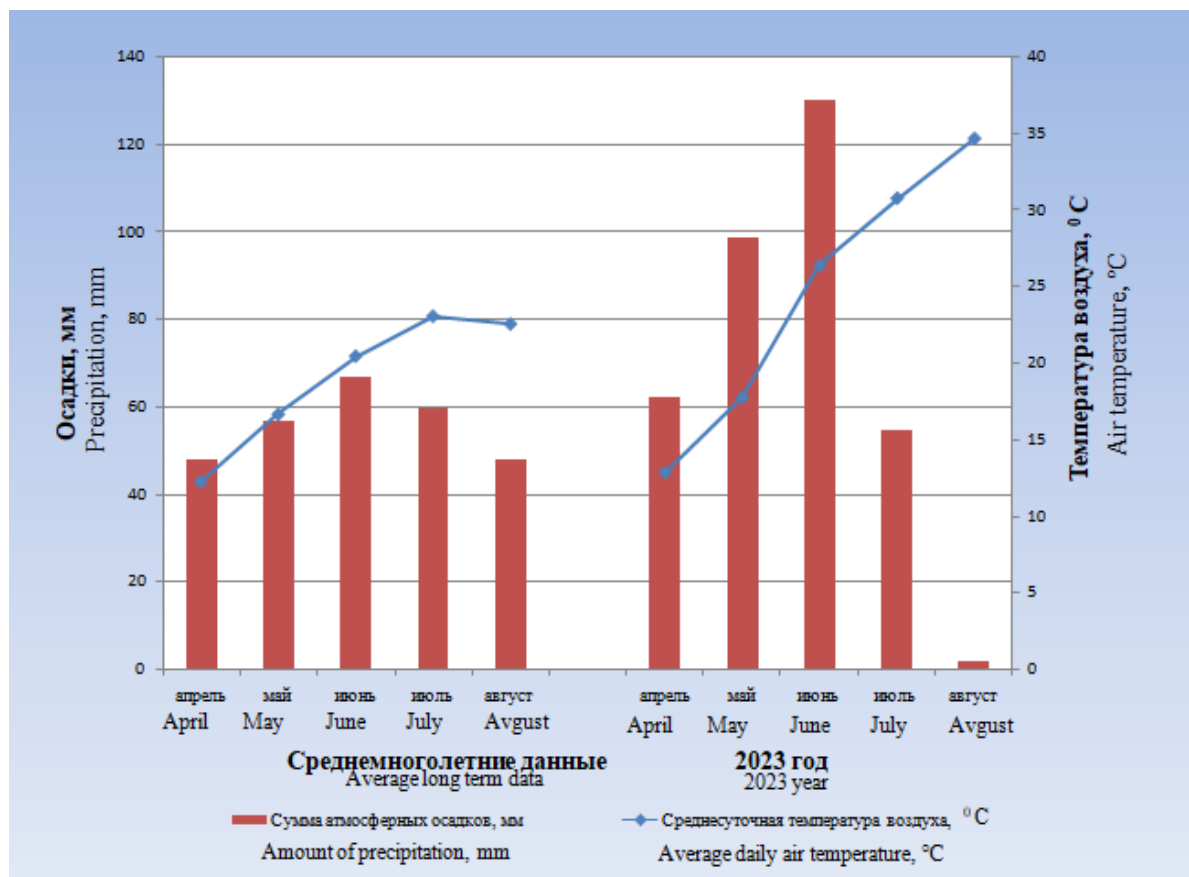


Рисунок 1. Погодные условия проведения полевого эксперимента, 2023 г.

Figure 1. Weather conditions for the field experiment in 2023

Статистическую обработку опытных данных осуществляли методом дисперсионного анализа с нахождением НСР₀₅ (Microsoft Office Excel).

Расчет показателя экологической нагрузки гербицидов проводили по формуле [15]:

$$ЭН = \frac{D \cdot T_{50}}{ЛД_{50}}$$

где T_{50} – период полураспада пестицида в почве, недель; D – суммарная за сезон доза действующего вещества, мг/га; $ЛД_{50}$ – среднетоксическая норма пестицида, мг/кг.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты полевого эксперимента показали, что используемые в эксперименте довсходовые препараты на посевах подсолнечника, в той или иной степени, эффективно подавляли присутствующие в опыте сорные растения, среди которых более высокий эффект показал препарат Акрис, СЭ, менее – Бегин Турбо, КС.

Так, использование препарата Акрис, СЭ в норме применения 2,0 л/га до всходов культуры обеспечило 85,3...88,9 % снижения общей численности сорняков в течение периода вегетации по отношению варианта без использования гербицидов (контроль). При этом подавление сырой надземной массы сорных растений через 30 и 45 дней после внесения препарата составляло 94,6...96,3 % и 82,7...85,1 %, соответственно. При использовании 1,5 л/га препарата БегинТурбо, КС эти показатели составляли: 75,8...80,3 %; 85,8...88,4 % и 73,5...76,2 %. Остальные испытываемые препараты по эффективности занимали промежуточные положения. Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что все в опыте гербициды высокоэффективно подавляли щетинник сизый, ежовник обыкновенный и щирицу запрокинутую, менее – марь белую и амброзию полыннолистную.

В ходе визуальных наблюдений за состоянием растений подсолнечника на опытных делянках с внесением гербицидов в сравнении с контролем выявлено, что признаков их отрицательного действия на культуру с момента всходов и до уборки урожая не отмечалось.

Таблица 1. Действие гербицидов на общую засоренность посевов подсолнечника
Table 1. The effect of herbicides on the overall weediness of sunflower crops

Варианты опыта Experimental options	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	
				злаковые cereals	двудольные bipartite	злаковые cereals	двудольные bipartite
Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha	1	14,6	84,8	18	80	92,5	80,8
	2	15,3	83,1	34	133	90,3	78,1
	3	16,6	80,8	-	-	-	-
Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га / Dual Gold, CE – 1,6 l/ha	1	12,6	86,9	13	72	94,6	82,7
	2	13,3	85,3	26	120	92,6	80,2
	3	14,6	83,1	-	-	-	-
Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha	1	15,6	83,8	21	84	91,3	79,8
	2	16,3	82,0	38	138	89,2	77,3
	3	17,6	79,6	-	-	-	-
Гезадар, КС – 2,0 л/га Gezadar, SC – 2,0 l/ha	1	17,9	81,4	25	94	89,6	77,4
	2	18,6	79,5	46	155	86,9	74,5
	3	19,9	77,0	-	-	-	-
Бегин Турбо, КС – 1,5 л/га BeginTurbo, SC – 1,5 l/ha	1	18,9	80,3	28	99	88,4	76,2
	2	19,6	78,4	50	161	85,8	73,5
	3	20,9	75,8	-	-	-	-
Акрис, СЭ – 2,0 л/га Acris, SE – 2,0 l/ha	1	10,7	88,9	9	62	96,3	85,1
	2	11,4	87,4	19	105	94,6	82,7
	3	12,7	85,3	-	-	-	-
Версия, МД – 3,0 л/га Versia, OD – 3,0 l/ha	1	13,8	85,6	16	77	93,4	81,5
	2	14,5	84,0	32	126	90,9	79,2
	3	15,8	81,7	-	-	-	-
Камелот, СЭ – 3,0 л/га Camelot, SE – 3,0 l/ha	1	11,8	87,7	11	67	95,4	83,9
	2	12,5	86,2	24	112	93,2	81,5
	3	14,0	83,8	-	-	-	-
Без гербицидов (контроль) Herbicide-free (control)	1	96,1	-	241	416	-	-
	2	90,6	-	352	607	-	-
	3	86,4	-	-	-	-	-

Результаты хозяйственной эффективности гербицидов приведены в таблице 3. Средняя урожайность на контрольном варианте составила 1,73 т/га. Величина сохраненного урожая семян подсолнечника от использования гербицидов составила 149,1...155,5 % к контролю. При этом достоверных различий между вариантами опыта с применением гербицидов не наблюдалось.

Расчеты экологической нагрузки гербицидов приведены в таблице 4, из которой следует, что однокомпонентные препараты: Фронтьер Оптима, КЭ; Дуал Голд КЭ; Пропонит, КЭ и Гезадар, КЭ обладают значительно меньшей нагрузкой в сравнении с двухкомпонентными гербицидами: Бегин Турбо, КС; Акрис, СЭ; Версия, МД и Камелот, СЭ.

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

Варианты опыта Experimental variants	Номер учета Account number	Снижение численности сорных растений, % к контролю Reducing the 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>
Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha	1	91,4	89,6	87,4	82,4	66,2
	2	90,0	88,4	85,8	80,8	64,5
	3	87,5	86,1	83,9	78,7	62,6
ДуалГолд, КЭ – 1,6 л/га Dual Gold, CE – 1,6 l/ha	1	93,6	92,9	89,2	84,8	68,1
	2	92,4	90,7	87,8	83,3	66,4
	3	90,1	88,5	86,0	81,2	64,5
Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha	1	90,7	88,1	86,5	81,6	65,0
	2	89,2	86,7	84,9	80,0	63,3
	3	86,7	84,2	82,8	78,1	62,2
Гезадар, КС – 2,0 л/га Gezadar, SC – 2,0 l/ha	1	88,4	86,5	83,4	79,2	62,5
	2	86,8	85,0	81,5	77,5	60,8
	3	84,2	82,4	79,3	75,4	58,7
Бегин Турбо, КС – 1,5 л/га Begin Turbo, SC – 1,5 l/ha	1	87,3	85,4	82,5	78,4	61,2
	2	85,6	83,8	80,5	76,7	59,5
	3	82,8	81,2	78,2	74,6	57,4
Акрис, СЭ – 2,0 л/га Acris, SE – 2,0 l/ha	1	95,1	93,5	91,5	86,4	71,2
	2	94,0	92,5	90,2	85,0	69,6
	3	91,8	90,3	88,6	83,1	67,7
Версия, МД – 3,0 л/га Versia, OD – 3,0 l/ha	1	92,2	90,2	88,3	83,2	67,5
	2	90,8	89,0	86,8	81,7	65,8
	3	88,4	86,7	85,0	79,7	63,9
Камелот, СЭ – 3,0 л/га Camelot, SE – 3,0 l/ha	1	94,4	92,4	90,6	85,6	69,4
	2	92,8	91,2	89,3	84,2	67,7
	3	89,7	89,1	87,6	82,2	65,8
Без гербицидов (контроль)* Herbicide-free (control)*	1	26,8	18,5	22,3	12,5	16,0
	2	25,0	17,3	20,5	12,0	15,8
	3	23,3	16,5	19,3	11,8	15,5

Примечание: * представлены данные о численности сорняков, экз./м²Note: * data presented on the number of weeds, ind./m²**Таблица 3.** Урожайность подсолнечника гибрида Арис при применении гербицидов**Table 3.** Aris hybrid sunflower hybrid yield when using herbicides

Варианты опыта Experimental variants	Средняя урожайность Average yield	
	т/га / c/ha	% к контролю / % to control
до всходов / before germination		
Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га / Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha	2,64	152,6
Дуал Голд, КЭ – 1,6 л/га / Dual Gold, CE – 1,6 l/ha	2,67	154,3
Пропонит, КЭ – 3,0 л/га / Proponite, CE – 3,0 l/ha	2,63	152,0
Гезадар, КС – 2,0 л/га / Gezadar, SC – 2,0 l/ha	2,60	150,3
Бегин Турбо, КС – 1,5 л/га / Begin Turbo, SC – 1,5 l/ha	2,58	149,1
Акрис, СЭ – 2,0 л/га / Acris, SE – 2,0 l/ha	2,69	155,5
Версия, МД – 3,0 л/га / Versia, OD – 3,0 l/ha	2,65	153,2
Камелот, СЭ – 3,0 л/га / Camelot, SE – 3,0 l/ha	2,68	154,9
Без гербицидов (контроль) / Herbicide-free (control)	1,73	100
HCP ₀₅ / NSR ₀₅		0,11

Таблица 4. Сравнительная оценка экологической нагрузки применения довсходовых гербицидов на посевах подсолнечника**Table 4.** Comparative assessment of the environmental impact of the use of pre-emergence herbicides on sunflower crops

Название препарата Preparation	ЛД ₅₀ , мг/кг LD ₅₀ , mg/kg	Период полураспада, недели Half-life, weeks	ЭН, мг/га ELmg/ha
Фронтьер Оптима, КЭ – 1,2 л/га Frontiere Optima, CE – 1,2 l/ha	1570	1,0	367
ДуалГолд, КЭ – 1,6 л/га Dual Gold, CE – 1,6 l/ha	4300	3,0	870
Пропонит, КЭ – 3,0 л/га Proponite, CE – 3,0 l/ha	2761	1,7	887
Гезадар, КС – 2,0 л/га Gezadar, SC – 2,0 l/ha	5000	7,1	1420
Бегин Турбо, КС – 1,5 л/га Begin Turbo, SC – 1,5 l/ha	2080+4300	11,0/3,0	1983+262
Акрис, СЭ – 2,0 л/га Acris, SE – 2,0 l/ha	1570+2080	1,0/11,0	357+2644
Версия, МД – 3,0 л/га Versia, OD – 3,0 l/ha	2761+2080	1,7/11,0	683+2935
Камелот, СЭ – 3,0 л/га Camelot, SE – 3,0 l/ha	4300+2080	3,0/11,0	654+2975

ВЫВОДЫ

Биологическая эффективность применения гербицидов: Фронтьер Оптима, КЭ (1,2 л/га); Дуал Голд КЭ (1,6 л/га); Пропонит, КЭ (3,0 л/га), Гезадар, КЭ (2,0 л/га), Бегин Турбо, КС (1,5 л/га); Акрис, СЭ (2,0 л/га); Версия, МД (3,0 л/га) и Камелот, СЭ (3,0 л/га) до всходов подсолнечника находилась в пределах 75...96 %. При этом отрицательного действия на растениях культуры не наблюдалось, статистически достоверная величина сохраненного урожая составила 149,1...155,5 % по отношению к контролю.

Однокомпонентные гербициды (Фронтьер Оптима, КЭ; Дуал Голд КЭ; Пропонит, КЭ и Гезадар, КЭ) характеризуются более низким показателем экологической нагрузки в сравнении с двухкомпонентными (Бегин Турбо, КС; Акрис, СЭ; Версия, МД и Камелот, СЭ).

При подборе гербицидов для применения на посевах подсолнечника необходимо учитывать не только их биологическую и хозяйственную эффективность, но и показатель экологической нагрузки.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2025-0004.

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-2025-0004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. 2024. URL: <https://23.rosstat.gov.ru/folder/41392/document/213842> (дата обращения: 21.01.2024)
2. 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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.008>
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. Article id: 589. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/589> (дата обращения: 12.01.2024)

4. Soares M.M. et al. Effects of competition and water deficiency on sunflower and weed growth // *Revista Caatinga*. 2019. V. 32. P. 318–328. URL: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/cySPS3HVS3wbpvZMbZYwrs/?lang=en> (дата обращения: 12.01.2024)

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. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971832388X> (дата обращения: 12.01.2024)

6. 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: 12.01.2024)

7. Stefanic E. et al. The Critical Period of Weed Control Influences Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield, Yield Components but Not Oil Content // *Agronomy*. 2023. V. 13. N 8. Article id: 2008. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/8/2008> (дата обращения: 12.01.2024)

8. dos Santos E.G. et al. Influence of Chemical Control on the Floristic Composition of Weeds in the Initial and Pre-Harvest Development Stages of the Sunflower Crop // *Agrochemicals*. 2023. V. 2. P. 193–202. URL: <https://www.mdpi.com/2813-3145/2/2/14> (дата обращения: 12.01.2024)

9. Dayan F.E. Current status and future prospects in herbicide discovery // *Plants*. 2019. V. 8. N 9. Article id: 341. URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/9/341> (дата обращения: 12.01.2024)

10. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2024. URL:

<https://mcx.gov.ru/upload/iblock/e5e/46cy57dcyugkrjwrg0t09e6ojrwm0ix4.zip> (дата обращения: 12.01.2024)

11. Tudi M. et al. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment // *International journal of environmental research and public health*. 2021. V. 18. N 3. Article id: 1112. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7908628/> (дата обращения: 12.01.2024)

12. Meena R.S., Kumar S., Datta R., et al. Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review // *Land*. 2020. N 2. Article id: 34. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/2/34> (дата обращения: 12.01.2024)
13. 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 (68). С. 170–178. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-170-178>
14. Голубев А.С., Маханькова Т.А. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург, 2020. 80 с.
15. Соколов М.С., Монастырский О.А., Пикушова Э.А. Экологизация защиты растений. Пузино. 1994. 462 с.

REFERENCES

- Department of the Federal State Statistics Service for Krasnodar Krai and the Republic of Adygea. Available at: <https://23.rosstat.gov.ru/folder/41392/document/213842> (accessed 12.01.2024)
- 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. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.008> (accessed 12.01.2024)
- 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. Article id: 589. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/3/589> (accessed 12.01.2024)
- Soares M.M. et al. [Effects of competition and water deficiency on sunflower and weed growth]. *Revista Caatinga*, 2019, vol. 32, pp. 318–328. Available at: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/cySPS3HVS3wbpvZMbZywr/s/?lang=en> (accessed 12.01.2024)
- 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. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971832388X> (accessed 12.01.2024)
- 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 12.01.2024)
7. Stefanic E. et al. [The Critical Period of Weed Control Influences Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield, Yield Components but Not Oil Content]. *Agronomy*, 2023, vol. 13, no. 8, article id: 2008. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/8/2008> (accessed 12.01.2024)
8. dos Santos E.G. et al. [Influence of Chemical Control on the Floristic Composition of Weeds in the Initial and Pre-Harvest Development Stages of the Sunflower Crop]. *Agrochemicals*, 2023, vol. 2, pp. 193–202. Available at: <https://www.mdpi.com/2813-3145/2/2/14> (accessed 12.01.2024)
9. Dayan F.E. [Current status and future prospects in herbicide discovery]. *Plants*, 2019, vol. 8, no. 9, article id: 341. Available at: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/9/341> (accessed 12.01.2024)
10. State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation. 2024. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/e5e/46cy57dcyugkrjwrg0t09e6ojrwm0ix4.zip> (accessed 12.01.2024)
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.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7908628/> (accessed 12.01.2024)
12. Meena R.S., Kumar S., Datta R., et al. [Impact of agrochemicals on soil microbiota and management: A review]. *Land*, 2020, no. 2, pp. 34. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/2/34> (accessed 12.01.2024)
13. Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A. Agroecological assessment of the use of herbicides on soybean crops in the central zone of the Krasnodar Territory. *South of Russia: ecology, development*, 2023, vol. 18, no. 3, pp. 170–178. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-170-178>
14. Golubev A.S., Makhankova T.A. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu registratsionnykh ispytaniy gerbitsidov* [Guidelines for conducting registration tests of herbicides]. St. Petersburg, FSBSI VIZR, 2020, 80 p. (In Russian)
15. Sokolov M.S., Monastyrsky O.A., Pikushova E.A. *Ehkologizatsiya zashchity rastenii* [Ecologization of plant protection]. Pushchino, 1994, 462 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Анатолий П. Савва и Валерия А. Суворова осуществляли закладку полевого опыта, проводили учеты сорной растительности и уборку урожая. Валерия А. Суворова обобщала полученные в опыте результаты. Анатолий П. Савва выполнил анализ и написал рукопись. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Валерия А. Суворова / Valeria A. Suvorova <https://orcid.org/0000-0003-1082-3652>
Анатолий П. Савва / Anatoliy P. Savva <https://orcid.org/0000-0002-9457-2223>