

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.587:632.51

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-192-210

Агротехнические меры борьбы с засоренностью посевов посредством обработки почвы в орошаемом агроценозе

Владимир Александрович Шадских¹, Вера Евгеньевна Кижаева²,
Светлана Валерьевна Ененко³

^{1, 2, 3}Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,
Российская Федерация

¹shadskva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3848-8485>

²ave.61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5319-3112>

³sveta01091988@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3521-257X>

Аннотация. Цель: изучение приемов борьбы с засоренностью посевов посредством ресурсосберегающих способов обработки почвы, обеспечивающих улучшение фитосанитарного состояния орошаемого агроценоза. **Материалы и методы.** Схема опыта предусматривала изучение влияния отвальной разноглубинной вспашки, плоско-резной и поверхностной основной обработки на засоренность посевов. Особенности агротехнических приемов в борьбе с сорной растительностью изучались на опытных делянках в Саратовской области в 2021–2023 гг. Методика опытного дела общепринятая. **Результаты.** Рассмотрено влияние различных способов основной обработки почвы на засоренность посевов сельхозкультур в звене севооборота при орошении. Выявлено, что при применении предпосевной культивации почвы и междурядных обработок в течение вегетации культуры отмечается значительное снижение засоренности угодий под следующую культуру. На первой культуре звена – суданской траве – наибольшая засоренность отмечена на варианте минимальной обработки на 8–10 см, количество сорняков составило 26,0 шт./кв. м. В период вегетации за счет высокой густоты стояния засоренность посевов перед уборкой снизилась на всех вариантах опыта. На второй культуре звена – яровой пшенице – и третьей культуре – сое – засоренность на всех вариантах опыта варьировала незначительно. Борьба с сорной растительностью обеспечила биологическую урожайность зеленой массы суданской травы 32,7–37,5 т/га, зерна яровой пшеницы – 3,30–3,59 т/га, сои – 4,09–4,35 т/га по вариантам опыта. Существенной разницы во влиянии способа основной обработки почвы на создание урожая не выявлено. **Выводы.** На примере сои, суданской травы и яровой пшеницы доказано, что при их возделывании эффективно применение вспашки с оборотом пласта осенью в сочетании с предпосевной культивацией и междурядными обработками в течение вегетации культуры.

Ключевые слова: сорные растения, агроценоз, способ обработки почвы, засоренность посевов, методы учета

Для цитирования: Шадских В. А., Кижаева В. Е., Ененко С. В. Агротехнические меры борьбы с засоренностью посевов посредством обработки почвы в орошаемом агроценозе // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 192–210. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-192-210>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

**Agrotechnical measures to control weed infestation
of crops by tillage in irrigated agrocenosis**

Vladimir A. Shadskikh¹, Vera E. Kizhaeva², Svetlana V. Enenko³

^{1, 2, 3}Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,
Russian Federation

¹shadskva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3848-8485>

²ave.61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5319-3112>

³sveta01091988@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-3521-257X>

Abstract. Purpose: to study methods to control weed infestation of crops by resource-saving methods of soil tillage, ensuring improvement of the phytosanitary condition of the irrigated agrocenosis. **Materials and methods.** The test scheme included studying the impact of moldboard plowing at different depths, flat-cut and surface primary tillage on weed infestation of crops. The features of agrotechnical methods in weed control were studied on experimental plots in Saratov region in 2021–2023. The experimental methodology is generally accepted. **Results.** The influence of different methods of primary tillage on weed infestation of agricultural crops in the crop rotation link under irrigation is considered. It is revealed that with the use of pre-sowing tillage and inter-row tillage during the crop vegetation period, a significant decrease in weed infestation of lands for the next crop is noted. For the first crop of the link – Sudan grass – the highest weed infestation was noted in the variant of minimum cultivation at 8–10 cm, the number of weeds was 26.0 pcs./sq. m. During the vegetation period, due to the high density of standing, the weed infestation of crops before harvesting decreased in all variants of the experiment. On the second crop of the link – spring wheat – and the third crop – soybean – the weed infestation varied insignificantly in all variants of the experiment. Weed control provided the biological yield of green mass of Sudan grass of 32.7–37.5 t/ha, spring wheat grain – 3.30–3.59 t/ha, soybean – 4.09–4.35 t/ha according to the variants of the experiment. No significant difference in the impact of the method of primary tillage on crop yield was revealed. **Conclusions.** Using the example of soybeans, Sudan grass and spring wheat, it has been proven that during their cultivation, using ploughing with furrow slice upside-down in the fall in combination with pre-sowing tillage and inter-row tillage during the crop vegetation is effective.

Keywords: weeds, agrocenosis, tillage method, weed infestation of crops, recording methods

For citation: Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E., Enenko S. V. Agrotechnical measures to control weed infestation of crops by tillage in irrigated agrocenosis. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(3):192–210. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-192-210>.

Введение. В почвенно-климатических условиях Поволжья главным фактором стабилизации сельскохозяйственного производства является орошение, когда с 1 га сбор зерновой, кормовой и другой продукции выше, чем с богарных земельных участков. Впрочем, с поливной водой попадает в посеvy влаголюбивая сорная растительность, приносящая ощутимый

ущерб урожайности агроценоза. Проблема борьбы с сорной растительностью существует в течение всего вегетационного периода развития сельскохозяйственных культур. Подавление сорняков осуществляют механическими либо химическими способами.

При поддержании благоприятного фитосанитарного состояния орошаемых угодий в борьбе с сорной растительностью при биологизированной системе земледелия приоритетными считаются приемы обработки почвы с механическим уничтожением сорняков. Борьба с сорняками является важнейшей задачей в сельском хозяйстве, однако она должна осуществляться с соблюдением экологических норм и принципов устойчивого развития. Традиционные методы борьбы с сорняками, такие как использование гербицидов, часто приводят к загрязнению окружающей среды и нарушению биоразнообразия. В настоящее время все большее внимание уделяется использованию экологически безопасных технологий и стратегий защиты сельхозугодий от сорной растительности. Эти подходы основаны на понимании роли сорняков в экосистемах и на использовании естественных механизмов их регуляции. Одним из ключевых направлений в борьбе с сорняками является предотвращение их распространения. Это можно обеспечить с помощью качественной механической предпосевной обработки почвы и междурядных обработок, которые могут быть двух- или трехкратными в течение вегетации культур [1, 2].

На орошаемых землях применение севооборотов с короткой ротацией способствует лучшему очищению от сорной растительности и снижению засоренности угодий под следующую культуру. Орошаемое земледелие должно специализироваться на кормовых и зерновых севооборотах с ротацией в 5–8 полей. Главное в севооборотах с короткой ротацией – строгое чередование бедных азотом (зерновых) культур с бобовыми и другими насыщенными азотом культурами [3–5].

Высокоэффективного очищения полей от сорняков без интенсивного

применения гербицидов можно достичь с помощью оптимального чередования культур в орошаемом севообороте, с учетом биологии культурных и сорных растений [6].

Использование пестицидов для уничтожения сорной растительности целесообразно только в крайних случаях, при недостаточности агротехнических мероприятий. Почвенные гербициды применяют до сева, так как их фитотоксическое действие на сорные растения наиболее длительно. Гербициды негативно действуют на окружающую среду, загрязняя ее, поэтому применять их следует лишь минимальными дозами, согласно регламенту по применению [7].

Ведущая роль в регулировании численности сорняков и предупреждении их распространения в агроценозах принадлежит обработке почвы. Рациональная и своевременная обработка почвы, базирующаяся на вспашке, уменьшает засоренность мало- и многолетними сорняками на 50–60 % [4, 8].

Для этого необходимо учитывать природные факторы (особенности агроландшафта, гидрологические условия, свойства и уровень плодородия), особенности сельскохозяйственной культуры, степень проявления эрозии и фитосанитарное состояние почвы.

В борьбе с сорной растительностью эффективным агроприемом является основная обработка почвы. Установлено, что с помощью агротехнологических приемов борьбы с сорняками (внесение удобрений, использование севооборотов, обработка пестицидами, механическая обработка, использование мульчи и прочих методов) можно заметно повлиять на исход конкуренции в пользу культурных растений [9]. Однако необходимо помнить, что сорные растения обладают более высокой экологической пластичностью по сравнению с культурными растениями и способны не только выживать в любых условиях, но и успешно конкурировать с ними в агрофитоценозах [10]. Севообороты позволяют разнообразить выращиваемые

культуры, что также помогает снизить засоренность посевов. Адаптивная система основной обработки почвы, учитывающая особенности каждого участка, поможет оптимизировать использование машин и обеспечить более эффективную борьбу с сорной растительностью. Наконец, проведение мероприятий по предотвращению повторного появления сорняков, таких как уничтожение семян и корневых систем сорняков перед посевом, поможет предотвратить их рост в будущем. В настоящий момент ни один из отдельно взятых приемов (агротехнический, биологический или химический) не может решить в целом проблему регулирования численности сорного компонента [11].

Актуальность проблемы и предопределила цель наших исследований, так как регламент применения основной обработки почвы для предотвращения засоренности агроценозов в условиях орошения на каштановых почвах Поволжья мало изучен и практически отсутствует.

Целью исследований являлось изучение приемов борьбы с засоренностью посевов посредством ресурсосберегающих способов обработки почвы, обеспечивающих улучшение фитосанитарного состояния орошаемого агроценоза.

Материалы и методы. В 2021–2023 гг. в Энгельском районе Саратовской области на орошаемых полях ОПХ «ВолжНИИГиМ» проводились исследования, посвященные применению современных методов уничтожения сорной растительности в сухостепной зоне Поволжья.

Применялась методика оценки засоренности посевов по удельному весу количества сорных растений на 1 м² посевов сои, суданской травы и яровой пшеницы [6, 12]. Засоренность посевов изучали при обработке почвы с оборотом пласта, плоскорезной и минимальной обработках, всего исследовано 29 учетных делянок (рисунок 1). Особо вредоносные и карантинные сорняки фиксировали отдельно.



Рисунок 1 – Опытные делянки посевов сои, суданской травы и яровой пшеницы в опытном-производственном хозяйстве Волжского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (автор фото С. В. Ененко)

Figure 1 – Experimental plots of soybeans, Sudan grass and spring wheat plants in the experimental production farm of the Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation (photo by S. V. Enenko)

Для проведения учета засоренности почвы на закрепленных участках семенами сорняков использовали количественный весовой метод. Этот метод предполагает подсчет сорняков на 1 м² в 3-кратной повторности по диагонали участка. Учет проводился два раза: в начале вегетации и перед уборкой культур¹ (рисунок 2).

При выборе способа подавления либо уничтожения сорняков руководствовались их принадлежностью к различным видам сорных растений и сельскохозяйственной культурой в агроценозе. Высота растений у зерновых культур особенно сильно влияет на исход конкуренции, поскольку высокорослые растения лучше конкурируют за свет, чем низкорослые, и, как правило, обладают более мощной корневой системой [9, 13]. Это позволило определить наиболее эффективные методы борьбы с сорняками, без нанесения вреда сельскохозяйственным культурам.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2011. 352 с.



Рисунок 2 – Подсчет сорняков в посевах сои, суданской травы и яровой пшеницы (автор фото С. В. Ененко)

Figure 2 – Counting weeds in soybean, Sudan grass and spring wheat crops (photo by S. V. Enenko)

Для опыта высевались районированные сорта: сои – Марина, яровой пшеницы – Фаворит, суданской травы – Юбилейная 20. Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур в опытах общепринятая для зоны Поволжья.

Результаты многофакторных полевых опытов, как правило, отражают сложные взаимодействия между факторами и позволяют получить более полную информацию о том, как каждый фактор влияет на исследуемый процесс. Это помогает более точно определить оптимальные условия для достижения желаемых результатов. Кроме того, проведение таких опытов имеет определенную научную новизну. Установлены оптимальные

сочетания основных факторов агрофитоценологии культур – сои, суданской травы и яровой пшеницы – на основе использования почвозащитных и энергосберегающих технологий обработки почвы.

Биологический урожай зеленой массы суданской травы определялся вручную с площадок 10 м² в 3-кратной повторности по каждому варианту опыта. Биологический урожай зерновых культур определялся с использованием опытных снопов с 1 м² в 5-кратной повторности по вариантам. Зерно яровой пшеницы и сои доводили до нормативной влажности 14 % и чистоты 100 %.

Результаты и обсуждение. Суданская трава является одной из наиболее распространенных злаковых культур, возделываемых на корм животным, благодаря многим ценным биологическим свойствам (засухоустойчивость, хорошее побегообразование и восстановление после укуса или стравливания), высокой продуктивности и питательным достоинствам, ее возделывают во многих регионах России. Лучшими предшественниками суданской травы являются культуры, которые оставляют после себя чистую от сорняков почву.

При возделывании суданской травы на корм желательно воздерживаться от применения гербицидов. Поэтому появившиеся сорняки уничтожали до- и повсходовым боронованием легкими боронами поперек рядков. В фазе выметывания метелки через 35–40 дней после всходов посевы были готовы к первому укусу или стравливаню. За вегетацию при благоприятных погодных условиях и соблюдении всех требований агротехники можно получить не менее двух укосов.

Во второй период вегетации суданская трава дала высокий суточный прирост (до 10 см) при густом травостое, что способствует очищению поля от сорняков. Обработка посевов суданской травы в фазу кущения позволила получить урожайность кондиционных семян более 1,5 т/га, лабораторная всхожесть была более 80 %, масса 1000 семян более 600 г. При этом до-

ходность производства, несмотря на высокие затраты, повышается за счет увеличения валового сбора.

На полях, вспаханных осенью, предпосевная обработка почвы началась с того, чтобы закрыть влагу с помощью тяжелых борон в два следа. На не обработанных с осени полях или полях, обработанных безотвальными орудиями, почву рыхлят культиваторами КПЭ-3,8 перекрестно на глубину 7–8 см [14].

Количество следующих обработок зависит от степени засоренности почвы, ее увлажненности и прогреваемости. Предпосевная культивация проводилась на глубину 5–7 см. Для всех обработок очень важно тщательное выравнивание поверхности поля.

Плоскорезная обработка почвы может быть эффективным способом борьбы с сорной растительностью и повышения урожайности, однако результаты могут варьироваться в зависимости от конкретных условий исследования. Данные исследований показывают, что плоскорезная обработка эффективнее справляется с сорной растительностью по сравнению с отвальной вспашкой при возделывании яровой пшеницы. Количество сорняков при плоскорезной обработке составляло в среднем 8,0 шт./м², в то время как при отвальной вспашке их количество было равно 8,33 шт./м², таким образом, плоскорезная обработка снизила количество сорняков на 0,33 шт./м² по сравнению с отвальной вспашкой. Такая же тенденция сохраняется и на посевах сои, где при использовании плоскореза количество сорняков в среднем за годы исследований было равно 12,6 шт./м², что на 5,3 % меньше, чем при отвальной вспашке – 13,3 шт./м². Это говорит о том, что плоскорезная обработка имеет преимущества в борьбе с сорной растительностью, так как позволяет снизить ее количество в посевах зерновых. Она может быть эффективной фитосанитарной мерой для увеличения количества и улучшения качества урожая (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение засоренности посевов за период вегетации культур звена орошаемого севооборота

В шт./м²

Table 1 – Change in weed infestation of crops during the growing season of the irrigated crop rotation link

In pcs./m²

Культура	Вид сорных растений	Засоренность								
		2021 г.			2022 г.			2023 г.		
		Минимальная обработка на глубину 8–10 см	Отвальная вспашка на глубину 25–27 см	Обработка почвы плоскорезом на глубину 25–27 см	Минимальная обработка на глубину 8–10 см	Отвальная вспашка на глубину 25–27 см	Обработка почвы плоскорезом на глубину 25–27 см	Минимальная обработка на глубину 8–10 см	Отвальная вспашка на глубину 25–27 см	Обработка почвы плоскорезом на глубину 25–27 см
Суданская трава	Падалица проса	9	7	9	7	6	8	6	5	7
	Щетинник	4	3	6	4	2	6	3	2	6
	Щирица	5	4	3	3	3	2	2	2	1
	Осоты	5	4	1	5	3	1	4	3	–
	Марь	3	1	1	2	–	1	1	–	–
	Всего сорняков	26	19	20	21	16	18	16	12	14
Пшеница яровая	Падалица проса	9	4	4	8	3	3	7	3	2
	Щетинник	6	3	2	5	2	2	5	1	2
	Щирица	2	1	2	2	1	2	1	1	2
	Лебеда	4	2	1	3	2	1	2	2	1
	Всего сорняков	21	10	9	18	8	8	15	7	7
	Соя	Падалица проса	6	6	6	5	4	4	4	3
Щетинник		4	3	3	3	2	2	3	2	2
Щирица		3	3	3	3	3	3	2	2	2
Лебеда		3	3	2	3	2	2	3	1	1
Вьюнок		1	1	1	2	1	1	2	–	–
Подсолнечник		2	2	1	1	1	1	2	1	–
Всего сорняков		19	18	16	17	13	13	16	9	9

Отмечено положительное влияние плоскорезной обработки почвы на снижение засоренности, в основном однолетними сорняками.

Проведена статистическая обработка полученных результатов: двухфакторный дисперсионный анализ по общему количеству сорняков и трехфакторный – по их видовому составу (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Влияние обработки почвы (фактор А) и сроков определения (фактор В) на засоренность посевов сельскохозяйственных культур звена орошаемого севооборота в среднем за 2021–2023 гг.

В шт./м²

Table 2 – Impact of tillage (factor A) and determination terms (factor B) on weed infestation of crops in the crop rotation link on average for 2021–2023

In pcs./m²

Вариант опыта (фактор А)	Срок определения (фактор В)	Всего сорняков	Среднее по фактору А	Среднее по фактору В
Суданская трава				
Минимальная обработка, 8–10 см	Перед посевом	26,0	20.55b	21.50b
	Перед уборкой	15,1		15.07a
Отвальная вспашка, 25–27 см	Перед посевом	18,2	17.00a	
	Перед уборкой	15,8		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	Перед посевом	20,3	17.30a	
	Перед уборкой	14,3		
$F_{05(A)} = 9,86^*$; $HCP_{05(A)} = 2,46$; $F_{05(B)} = 49,23^*$; $HCP_{05(B)} = 2,24$; $F_{05(AB)} = 7,22^*$; $HCP_{05(AB)} = 3,68$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 14,52 %, фактор В – 58,15 %, взаимодействия АВ – 17,09 %, неучтенные факторы – 10,28 %.				
Яровая пшеница				
Минимальная обработка, 8–10 см	Перед посевом	21,0	18.20b	13.10b
	Перед уборкой	15,4		10.10a
Отвальная вспашка, 25–27 см	Перед посевом	8,9	8.10a	
	Перед уборкой	7,3		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	Перед посевом	9,4	8.50a	
	Перед уборкой	7,6		
$F_{05(A)} = 446,00^*$; $HCP_{05(A)} = 1,06$; $F_{05(B)} = 82,92^*$; $HCP_{05(B)} = 0,81$; $F_{05(AB)} = 15,60^*$; $HCP_{05(AB)} = 1,45$; $HCP_{05(AB)} = ns$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 86,13 %, фактор В – 8,89 %, взаимодействия АВ – 3,34 %, неучтенные факторы – 1,64 %.				
Соя				
Минимальная обработка, 8–10 см	Перед посевом	18,5	16.88b	17.59b
	Перед уборкой	15,3		11.29a
Отвальная вспашка, 25–27 см	Перед посевом	16,6	12.78a	
	Перед уборкой	9,0		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	Перед посевом	17,7	13.65a	
	Перед уборкой	9,6		
$F_{05(A)} = 91,21^*$; $HCP_{05(A)} = 0,89$; $F_{05(B)} = 187,67^*$; $HCP_{05(B)} = 1,13$; $F_{05(AB)} = 11,75^*$; $HCP_{05(AB)} = 1,64$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 20,88 %, фактор В – 66,57 %, взаимодействия АВ – 8,33 %, неучтенные факторы – 4,21 %.				
Примечание – * – $p \leq 0,05$, ns – не существенно. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.				

Таблица 3 – Влияние варианта обработки почвы (фактор А), видового состава (фактор В) и сроков определения (фактор С) на засоренность посевов сельскохозяйственных культур звена орошаемого севооборота в среднем за 2021–2023 гг.
 В шт./м²

Table 3 – Impact of the option of soil treatment (factor A), species composition (factor B) and determination terms (factor C) on weed infestation of crops of the irrigated crop rotation link on average for 2021–2023

In pcs./m²

Вариант опыта (фактор А)	Видовой состав (фактор В)	Срок определения (фактор С)		Среднее по фактору А	Среднее по фактору В
		перед посевом	перед уборкой		
1	2	3	4	5	6
Суданская трава					
Минимальная обработка, 8–10 см	многолетние	9,7	4,6	10.28b	4.78a
	малолетние	16,3	10,5		13.51b
Отвальная вспашка, 25–27 см	многолетние	3,2	3,1	8.51a	
	малолетние	15,0	12,7		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	многолетние	6,1	2,0	8.65a	
	малолетние	14,2	12,3		
Среднее по фактору С		10.76b	7.53a		
$F_{05(A)} = 15,29^*$; $HCP_{05(A)} = 0,74$; $F_{05(B)} = 905,54^*$; $HCP_{05(B)} = 0,60$; $F_{05(AB)} = 20,47^*$; $HCP_{05(AB)} = 1,04$; $F_{05(C)} = 123,58^*$; $HCP_{05(C)} = 0,60$; $F_{05(AC)} = 17,92^*$; $HCP_{05(AC)} = 1,04$; $F_{05(BC)} = 0,18$; $HCP_{05(BC)} = ns$; $F_{05(ABC)} = 5,03^*$; $HCP_{05(ABC)} = 1,47$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 2,62 %, фактор В – 77,45 %, фактор С – 10,57 %; взаимодействия: АВ – 3,50 %, АС – 3,07 %, ВС – 0,02 %, АВС – 0,86 %; неучтенные факторы – 1,92 %.					
Яровая пшеница					
Минимальная обработка, 8–10 см	многолетние	6,7	5,3	9.10b	2.97a
	малолетние	14,3	10,1		8.64b
Отвальная вспашка, 25–27 см	многолетние	1,3	1,0	4.06a	
	малолетние	7,6	6,3		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	многолетние	2,2	1,3	4.25a	
	малолетние	7,2	6,3		
Среднее по фактору С		6.56b	5.05a		
$F_{05(A)} = 441,70^*$; $HCP_{05(A)} = 0,40$; $F_{05(B)} = 1305,72^*$; $HCP_{05(B)} = 0,36$; $F_{05(AB)} = 5,08^*$; $HCP_{05(AB)} = 0,56$; $F_{05(C)} = 91,99^*$; $HCP_{05(C)} = 0,33$; $F_{05(AC)} = 17,02^*$; $HCP_{05(AC)} = 0,56$; $F_{05(BC)} = 16,56^*$; $HCP_{05(BC)} = 0,46$; $F_{05(ABC)} = 6,78^*$; $HCP_{05(ABC)} = 0,80$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 37,05 %, фактор В – 54,76 %, фактор С – 3,86 %; взаимодействия: АВ – 0,43 %, АС – 1,43 %, ВС – 0,69 %, АВС – 0,57 %; неучтенные факторы – 1,21 %.					
Соя					
Минимальная обработка, 8–10 см	многолетние	4,2	3,2	8.45b	2.61a
	малолетние	14,3	12,1		11.83b

Продолжение таблицы 3
 Table 3 continued

1	2	3	4	5	6
Отвальная вспашка, 25–27 см	многолетние	2,6	2,0	6.40a	
	малолетние	14,0	7,0		
Плоскорезная обработка, 25–27 см	многолетние	2,2	1,5	6.82a	
	малолетние	15,5	8,1		
Среднее по фактору С		8.79b	5.65a		
$F_{05(A)} = 50,00^*$; $HCP_{05(A)} = 0,45$; $F_{05(B)} = 2716,64^*$; $HCP_{05(B)} = 0,37$; $F_{05(AB)} = 8,92^*$; $HCP_{05(AB)} = 0,63$; $F_{05(C)} = 315,83^*$; $HCP_{05(C)} = 0,37$; $F_{05(AC)} = 19,19^*$; $HCP_{05(AC)} = 0,63$; $F_{05(BC)} = 182,29^*$; $HCP_{05(BC)} = 0,52$; $F_{05(ABC)} = 25,63^*$; $HCP_{05(ABC)} = 0,90$. Вклад факторов в общую изменчивость: фактор А – 2,90 %, фактор В – 78,72 %, фактор С – 9,15 %; взаимодействия: АВ – 0,52 %, АС – 1,11 %, ВС – 5,28 %, АВС – 1,49 %; неучтенные факторы – 0,83 %.					
Примечание – * – $p \leq 0,05$, ns – не существенно. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.					

На первой сельскохозяйственной культуре звена – суданской траве – наибольшая засоренность отмечена на варианте минимальной обработки на 8–10 см, количество сорняков составило 26,0 шт./м². В течение вегетации за счет высокой густоты стояния засоренность посевов перед уборкой снизилась на всех вариантах опыта. В посевах суданской травы она составила 15,1 шт./м².

На второй культуре звена – яровой пшенице – засоренность варьировала незначительно: на отвальной вспашке перед посевом и перед уборкой 8,9 и 7,3 шт./м², на плоскорезной обработке 9,4 и 7,6 шт./м². Следует отметить, что общая засоренность на яровой пшенице была невысока, это связано с высокой ее кустистостью, высотой стебля и прежде всего с продолжительностью вегетации.

Ввиду того, что в посевах третьей культуры – сои – проводили междурядную обработку, количество сорных растений к концу вегетации снижалось с одинаковой тенденцией от посева до уборки без существенной разницы по способам обработки почвы.

Способы основной обработки почвы оказали существенное влияние на процесс формирования урожая и, как следствие, на уровень расхода оросительной воды на единицу полученной продукции (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели эффективности использования оросительной воды для сельскохозяйственных культур звена орошаемого севооборота

Table 4 – Efficiency indicators of irrigation water use for crops in the irrigated crop rotation link

Вариант опыта	Режим орошения, % НВ	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожайность, т/га	Расход оросительной воды на единицу продукции, м ³ /т
Суданская трава (зеленая масса). Доза минеральных удобрений: N ₁₁₀ P ₈₀ K ₅₀					
Минимальная обработка, 8–10 см	70-80-70	450	2250	32,7	69
Отвальная вспашка, 25–27 см				37,5	60
Плоскорезная обработка, 25–27 см				36,9	61
НСР ₀₅				2,69	
Яровая пшеница. Доза минеральных удобрений: N ₇₀ P ₉₀ K ₆₀					
Минимальная обработка, 8–10 см	70-80-60	400	1200	3,30	364
Отвальная вспашка, 25–27 см				3,36	357
Плоскорезная обработка, 25–27 см				3,59	334
НСР ₀₅				0,13	
Соя. Доза минеральных удобрений: N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀					
Минимальная обработка, 8–10 см	70-80-60	500	2000	4,09	489
Отвальная вспашка, 25–27 см				4,35	460
Плоскорезная обработка, 25–27 см				4,20	476
НСР ₀₅				0,13	

Наибольший урожай зеленой массы суданской травы был отмечен на варианте с отвальной вспашкой на 25–27 см – 37,5 т/га. Здесь при формировании урожая суданской травы отмечено наиболее эффективное расходование воды – 60 м³/т, что значительно ниже, чем при минимальной обработке на глубину 8–10 см, при которой расход составил 69 м³ на 1 т продукции.

Наибольший урожай зерна яровой пшеницы зафиксирован при плоскорезной обработке почвы на 25–27 см – 3,59 т/га, что на 0,23 т/га выше, чем при отвальной вспашке. При этом расход поливной воды на получение 1 т зерна был меньше при плоскорезной обработке (334 м³/т), чем на варианте с отвальной вспашкой почвы (357 м³/т).

Средний урожай сои по вариантам основной обработки почвы в годы исследований практически не отличался и составил 4,35 т/га на отвальной вспашке, 4,20 т/га на плоскорезной обработке и 4,09 т/га на минимальной обработке. На посевах сои по расходу оросительной воды на создание урожая существенной разницы по способам основной обработки почвы не выявлено.

В целом плоскорезная обработка почвы может быть эффективным способом борьбы с сорной растительностью и повышения урожайности, однако результаты могут варьироваться в зависимости от конкретных условий исследования.

Выводы. По полученным за 2021–2023 гг. данным, обработка почвы в предпосевном периоде сои приводит к снижению сорной растительности во время вегетационного периода культуры. Это повышает продуктивность и позволяет получить дополнительный урожай до 1 т/га, что составляет 30 % от общего урожая.

На примере сои, суданской травы и яровой пшеницы доказано, что при их возделывании наиболее эффективно применение вспашки с оборотом пласта осенью в сочетании с двумя механическими междурядными обработками в течение вегетации культуры.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что плоскорезная обработка является более эффективной в борьбе с малолетними сорняками (к концу ротации севооборота их количество сократилось до 8,1 шт./м², т. е. на 6,1 шт./м²). Однако отвальная вспашка эффективнее плоскорезной обработки в уничтожении многолетних сорняков, при этом уменьшение произошло на 1,2 шт./м².

Если применять качественную предпосевную культивацию и междурядные обработки почвы в период вегетации сельскохозяйственной культуры при соблюдении севооборотов короткой ротации, в комплексе отмечается лучшее очищение агроценозов от сорной растительности и

значительное снижение засоренности угодий под следующую культуру. Кроме того, улучшается общее фитосанитарное состояние агроценозов.

Список источников

1. Изменение агрофизического состояния почвы при минимализации обработки / К. Е. Денисов, Е. П. Денисов, Н. П. Молчанова, И. С. Полетаев // Научная жизнь. 2016. № 11. С. 42–52. EDN: XETNGT.
2. Архипов А. С., Долгополова Н. В. Обработка почвы как средство повышения плодородия в севообороте // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 6–13. EDN: PFKRBS.
3. Шадских В. А., Кижаяева В. Е. Комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий в типовом севообороте при орошении в Поволжье // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 2. С. 20–33. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1276> (дата обращения: 17.07.2024). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33>. EDN: IXWLUA.
4. Рзаева В. В. Система основной обработки почвы и компоненты агрофитоценоза при возделывании яровой пшеницы // Агропродовольственная политика России. 2017. № 12(72). С. 124–128. EDN: YPLLPF.
5. Включение сои в севооборот сельскохозяйственных культур, как один из приемов рационального использования мелиорированных земель сухостепной зоны Поволжского региона / В. А. Шадских, В. О. Пешкова, В. Е. Кижаяева, Н. А. Тимофеева, А. Г. Лапшова // Технология возделывания сои в сухостепной зоне Поволжья на орошении: сб. науч. тр. LAP Lambert, 2017. С. 24–29. EDN: YVPPSL.
6. Вредоносность сорняков и химические методы борьбы с ними на посевах сои в условиях орошения Саратовского Заволжья / В. А. Шадских, В. Е. Кижаяева, В. О. Пешкова, Л. Г. Романова, О. Л. Рассказова // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 5. С. 27–29. EDN: WTHTKR.
7. Водопроницаемость темно-каштановой почвы и агрохимические факторы, определяющие урожайность нута / А. П. Солодовников, Д. А. Уполовников, Н. Н. Гусакова, В. В. Корсак, Д. В. Сураев, А. Ю. Левкина // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 130–135. DOI: 10.28983/asj.y2023i11pp130-135. EDN: EZVOKB.
8. Крицук О. В., Фисунов Н. В. Засоренность и урожайность яровой пшеницы по основной обработке почвы в северной лесостепи Тюменской области // Успехи молодежной науки в агропромышленном комплексе: сб. тр. LVII Студенч. науч.-практ. конф., г. Тюмень, 30 нояб. 2022 г. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2022. С. 102–110. EDN: XJYUNH.
9. Кошкин Е. И. К проблеме конкуренции культурных и сорных растений в агрофитоценозе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. Вып. 4. С. 53–62. EDN: WRJLQT.
10. Влияние способов обработки почвы и видов удобрений на агрофизические свойства почвы, засоренность посевов и урожайность ячменя / Е. Н. Носкова, Л. М. Козлова, Ф. А. Попов, Е. В. Светлакова // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С. 148–158. EDN: URZDYV.
11. Влияние минимизации основной обработки почвы на влагообеспеченность и засоренность посевов зернобобовых культур / Д. В. Дубовик, А. Н. Морозов, Е. В. Дубовик, А. В. Шумаков // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 3(381). С. 49–53. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-3-49-53. EDN: IFTBYI.
12. Белолобцев А. И., Дронова Е. А., Асауляк И. Ф. Оценка энергетической эф-

фективности применения почвозащитных технологий обработки в агроэкосистемах // Растениеводство и луговодство: сб. ст. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. М., 2020. С. 702–705. DOI: 10.26897/978-5-6042131-8-6-156. EDN: PJSSZP.

13. Improving long-term crop productivity and soil quality through integrated straw-return and tillage strategies / S. Li, J. Shi, X. Tian, M. Hu // *Agronomy Journal*. 2022. Vol. 114, iss. 2. P. 1500–1511. <https://doi.org/10.1002/agj2.20831>. EDN: IKFRGM.

14. Грунвальд Л. К., Беляев В. И., Майнель Т. Повышение эффективности мер защиты растений: технические решения по совершенствованию контроля над сорняками, уменьшению объемов использования пестицидов и снижению интенсивности обработки почвы в засушливых сельскохозяйственных регионах, подверженных ветровой эрозии // *Кулунда: сельское хозяйство и низкоэмиссионные технологии устойчивого землепользования: коллектив. моногр. Барнаул, 2021. Гл. 27. С. 455–472. EDN: ISBLCQ.*

References

1. Denisov K.E., Denisov E.P., Molchanova N.P., Poletaev I.S., 2016. *Izmenenie agrofizicheskogo sostoyaniya pochvy pri minimalizatsii obrabotki* [Changing the agrophysical state of soil in case of tillage minimization]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 11, pp. 42-52, EDN: XETNGT. (In Russian).

2. Arkhipov A.S., Dolgopolova N.V., 2022. *Obrabotka pochvy kak sredstvo povysheniya plodorodiya v sevooborote* [Soil treatment as a means of increasing fertility in cropping]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], no. 2, pp. 6-13, EDN: PFKRBS. (In Russian).

3. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., 2022. [Comprehensive assessment of the effectiveness of agrotechnical measures in typical crop rotation during irrigation in the Volga region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 2, pp. 20-33, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1276> [accessed 17.07.2024], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33>, EDN: IXWLUA. (In Russian).

4. Rzaeva V.V., 2017. *Sistema osnovnoy obrabotki pochvy i komponenty agrofytotsenoza pri vozdelevanii yarovoy pshenitsy* [Primary tillage system and agrophytocenosis components in the spring wheat cultivation]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agro-Food Policy of Russia], no. 12(72), pp. 124-128, EDN: YPLLPF. (In Russian).

5. Shadskikh V.A., Peshkova V.O., Kizhaeva V.E., Timofeeva N.A., Lapshova A.G., 2017. *Vklyuchenie soi v sevooborot sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, kak odin iz priemov ratsional'nogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' sukhostepnoy zony Povolzhskogo regiona* [Inclusion of soybeans in the crop rotation of agricultural crops, as one of the methods of rational use of reclaimed lands in the dry steppe zone of the Volga region]. *Tekhnologiya vozdelevaniya soi v sukhostepnoy zone Povolzh'ya na oroshenii: sb. nauch. tr.* [Technology of Soybean Cultivation in the Dry Steppe Zone of the Volga Region on Irrigation: Collection of scientific papers]. LAP Lambert Publ., pp. 24-29, EDN: YVPPSL. (In Russian).

6. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., Romanova L.G., Rasskazova O.L., 2016. *Vredonosnost' sornyakov i khimicheskie metody bor'by s nimi na posevakh soi v usloviyakh orosheniya Saratovskogo Zavolzh'ya* [Weed harmfulness and chemical methods of their control in soybean crops under irrigation in the Saratov Volga region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 27-29, EDN: WTHTKR. (In Russian).

7. Solodovnikov A.P., Upolovnikov D.A., Gusakova N.N., Korsak V.V., Suraev D.V., Levkina A.Yu., 2023. *Vodopronitsaemost' temno-kashtanovoy pochvy i agrokhimicheskie faktory, opredelyayushchie urozhaynost' nuta* [Water permeability of dark chestnut soil and agrochemical factors determining chickpea yield]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 11, pp. 130-135, DOI: 10.28983/asj.y2023i11pp130-135, EDN: EZVOKB. (In Russian).

8. Krischuk O.V., Fisunov N.V., 2022. *Zasorennost' i urozhaynost' yarovoy pshenitsy po osnovnoy obrabotke pochvy v severnoy lesostepi Tyumenskoj oblasti* [Weed infestation and yield of spring wheat for primary tillage in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Uspekhi molodezhnoy nauki v agropromyshlennom komplekse: sb. tr. LVII Studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Success of Youth Science in the Agro-Industrial Complex: Proc. of the LVII Student Scientific and Practical Conference]. Tyumen, State Agrarian University of the Northern Urals, pp. 102-110, EDN: XJYUNH. (In Russian).

9. Koshkin E.I., 2016. *K probleme konkurentsii kul'turnykh i sornykh rasteniy v agrofytotsenoze* [Crop-weed competitiveness in a canopy]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy], iss. 4, pp. 53-62, EDN: WRJLQT. (In Russian).

10. Noskova E.N., Kozlova L.M., Popov F.A., Svetlakova E.V., 2022. *Vliyanie sposobov obrabotki pochvy i vidov udobreniy na agrofizicheskie svoystva pochvy, zasorennost' posevov i urozhaynost' yachmenya* [Influence of tillage methods and fertilizer types on agrophysical properties of soil, weed infestation of crops and yield of barley]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Tauride Herald of Agrarian Science], no. 3(31), pp. 148-158, EDN: URZDYV. (In Russian).

11. Dubovik D.V., Morozov A.N., Dubovik E.V., Shumakov A.V., 2021. *Vliyanie minimizatsii osnovnoy obrabotki pochvy na vlagoobespechennost' i zasorennost' posevov zernobobovykh kul'tur* [Influence of minimized primary tillage on moisture availability and weed infestation of leguminous crops]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 3(381), pp. 49-53, DOI: 10.24412/2587-6740-2021-3-49-53, EDN: IFTBYI. (In Russian).

12. Belolyubtsev A.I., Dronova E.A., Asaulyak I.F., 2020. *Otsenka energeticheskoy effektivnosti primeneniya pochvozashchitnykh tekhnologiy obrabotki v agroekosistemakh* [Assessment of energy efficiency of application of soil protection technologies in agroecosystems]. *Rasteniyevodstvo i lugovodstvo: sb. st. Vserossiyskoj nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Plant Growing and Meadow Farming: Collection of Articles of All-Russian Scientific Conference with International Participation]. Moscow, pp. 702-705, DOI: 10.26897/978-5-6042131-8-6-156, EDN: PJSSZP. (In Russian).

13. Li S., Shi J., Tian X., Hu M., 2022. Improving long-term crop productivity and soil quality through integrated straw-return and tillage strategies. *Agronomy Journal*, vol. 114, iss. 2, pp. 1500-1511, <https://doi.org/10.1002/agj2.20831>, EDN: IKFRGM.

14. Grunwald L.K., Belyaev V.I., Meinel T., 2021. *Povyshenie effektivnosti mer zashchity rasteniy: tekhnicheskie resheniya po sovershenstvovaniyu kontrolya nad sornyakami, umen'sheniyu ob'emov ispol'zovaniya pestitsidov i snizheniyu intensivnosti obrabotki pochvy v zasushlivykh sel'skokhozyaystvennykh regionakh, podverzhennykh vetrovoy erozii* [Improving the efficiency of plant protection measures: technical solutions for better weed control, less pesticide use and decreasing soil tillage intensity in dry farming regions exposed to wind erosion]. *Kulunda: sel'skoe khozyaystvo i nizkoemissionnye tekhnologii ustoychivogo zemlepol'zovaniya: kollektiv. monografiya* [Kulunda, Agriculture and Low-Emission Technologies for Sustainable Land Use: collective monograph]. Barnaul, chap. 27, pp. 455-472, EDN: ISBLCQ. (In Russian).

Информация об авторах

В. А. Шадских – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, shadskva@mail.ru, ORCID: 0009-0007-3848-8485;

В. Е. Кижаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, ave.61@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5319-3112;

С. В. Ененко – младший научный сотрудник, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, sveta01091988@mail.ru, ORCID: 0009-0004-3521-257X.

Information about the authors

V. A. Shadskikh – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, shadskva@mail.ru, ORCID: 0009-0007-3848-8485;

V. E. Kizhaeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, ave.61@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5319-3112;

S. V. Eненко – Junior Researcher, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, sveta01091988@mail.ru, ORCID: 0009-0004-3521-257X.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for violations in the field of ethics of scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 02.05.2024; одобрена после рецензирования 30.07.2024;
принята к публикации 12.08.2024.
The article was submitted 02.05.2024; approved after reviewing 30.07.2024; accepted for
publication 12.08.2024.*