

Изучение водного режима в короткоротационном севообороте в условиях недостаточного увлажнения

Вера Сергеевна Плаксина, e-mail: v.plaksina88@yandex.ru с. н. с., ORCID: 0000-0002-8968-8774

Александр Николаевич Асташов, к. с.-х. н., г. н. с., ORCID: 0000-0002-2744-9428

Татьяна Владимировна Родина, к. с.-х. н., в. н. с., ORCID: 0000-0002-2744-9428

«Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»,
e-mail: rossorgo@yandex.ru, 410050, 1-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Россия

Аннотация. Одна из основных задач современного сельского хозяйства – увеличение производства продукции на основе научно обоснованных систем земледелия и стабилизации экологической нагрузки в агроэкосистемах. В этой связи севооборот представляет собой действенный прием стабилизации растениеводческой отрасли. В условиях глобальных климатических изменений изучение закономерностей изменения параметров водного режима почвы в севооборотах при неравномерном распределении осадков в течение вегетационного периода становится особенно актуальным. Исследовательская работа проводилась в четырехпольном экспериментальном севообороте (пар черный – озимая пшеница – соя – сборное поле (яровая пшеница, ячмень, кукуруза, зерновое сорго). В ходе исследований установлено, что в засушливых условиях необходимо включение парового поля в структуру посевных площадей для сохранения почвенной влаги для последующих культур. В разные по условиям влагообеспеченности годы выявлен высокий уровень влияния данного фактора на влагообеспеченность изучаемых культур. Минимальный расход влаги, требуемый для создания одной тонны урожая, приходится на озимую пшеницу – 444,3 м³/т. В условиях сухой степи Нижнего Поволжья эффективность использования влаги ранними яровыми культурами (пшеница, ячмень) снижается, коэффициент водопотребления составляет 1381,9 и 1527,5 м³/т соответственно. Наиболее эффективным в условиях неустойчивого увлажнения является зернопаропропашной севооборот с включением кукурузы или зернового сорго, которые способны давать устойчивые урожаи при низком уровне влагообеспеченности.

Ключевые слова: севооборот, водный режим почвы, засуха, коэффициент водопотребления.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № НИОКТР № АААА-А19-119041190006-4 «Повышение эффективности агроэкосистем на основе усовершенствованных агротехнологий в системе современного земледелия для регионов с недостаточным увлажнением».

Цитирование. Плаксина В. С., Асташов А. Н., Родина Т. В. Изучение водного режима в короткоротационном севообороте в условиях недостаточного увлажнения // Научно-агрономический журнал. 2024 4(127). С. 22-27. DOI: 10.34736/FNC.2024.127.4.003.22-27.

Поступила 27.11.2024

Принята 06.12.2024

Введение. Уровень увлажненности почвы является одним из ключевых факторов, определяющих ее плодородие, и оказывает значительное влияние на процессы роста и развития растений [2, 16]. Основная цель сельского хозяйства, особенно в условиях недостаточного увлажнения, заключается в обнаружении источников влаги для эффективного использования и внедрении агротехнических методов, направленных на уменьшение нецелевых потерь [9].

Юго-Восточный регион находится в области с недостатком водных ресурсов, что делает влагу ключевым фактором, ограничивающим урожайность всех видов сельскохозяйственных растений [7, 17]. Эффективное использование почвенной влаги растениями зависит от правильного построения севооборотов [10]. Основой получения урожаев в засушливых условиях служит присутствие парового поля.

Исследования значения чистого пара, в основном черного, всегда занимали важное место [8, 11, 12]. Пар служит основой для накопления влаги, представляет собой один из способов борьбы с засушливыми условиями и является наилучшим предшественником для озимых и яровых культур, особенно в условиях нерегулярного выпадения осадков [4, 18].

Главной целью севооборота является целенаправленное регулирование воздействий сельскохозяйственных культур на агрофизические и агрохимические характеристики почвы, включая управление водным режимом. Роль плодосмена увеличивается в регионах с недостаточным увлажнением. Севооборот содействует более рациональному использованию почвенной влаги, значительно уменьшает негативное влияние засухи и эрозии, является агрономическим методом борьбы с вредите-

лями, болезнями и сорняками, а также предоставляет возможность организовать обработку почвы в единой ротационной системе [3, 13, 15]. Во влажные годы растения в основном использовали влагу пахотного слоя. В исследованиях А. И. Пупонина и Г. П. Дзюина [5, 14] выявлено, что в засушливые годы возрастает потребление влаги из нижележащих горизонтов почвы. Данная концепция получила подтверждение и в наших исследованиях.

Цель исследования состояла в определении влияния севооборотов и погодных условий на общий запас влаги в метровом слое почвы и водопотребление культур.

Материал и методы. Исследования проводились в 2008-2019 гг. на опытном поле Федерального государственного бюджетного научного учреждения РосНИИСК «Россорго», расположенном в южной правобережной микрорайоне Саратовской области РФ. Почва опытного поля представляет собой слабовыщелоченный маломощный тяжелосуглинистый чернозем южный с низким содержанием гумуса. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,5-4,2 %, гидролизующего азота – 10-15 мг, доступного фосфора – 2,4-12,0 мг, обменного калия – 21-32 мг, кальция – до 8 мг на 100 г почвы. Почва характерна для юго-восточных черноземных степей России.

Изучение проводилось в четырехпольном зернопропашном севообороте со следующим чередованием полей: пар черный – озимая пшеница – соя – сборное поле (яровая пшеница, ячмень, кукуруза, зерновое сорго).

Анализ содержания влаги проводился в период с 2011 по 2019 гг. Почвенные пробы отбирались в два срока – весной перед посевом культур и после их уборки. В 2011 г. определялись объемная масса почвы ($\text{г}/\text{м}^3$) и влажность устойчивого завядания растений (%), эти величины ис-

пользовались как постоянные для дальнейших расчетов общих запасов влаги, а также продуктивной в метровом слое почвы.

Влажность почвы определялась термовесовым методом (ГОСТ 28268-89). Пробы почвы отбирались почвенным буром АМ-16 на одной из делянок варианта в 3 точках, расположенных по диагонали на глубину 100 см через 10 см. Запасы влаги в метровом слое почвы определялись как суммарная величина в каждом изучаемом слое. Для расчета запасов продуктивной влаги из общего запаса влаги вычиталась влажность завядания, выраженная в миллиметрах. Суммарное водопотребление рассчитывалось методом водного баланса по А. Н. Костякову (1937). Коэффициент водопотребления рассчитывался по формуле А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина [1].

Математическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [6] с использованием пакета прикладных программ для статистической обработки Excel, Агрос 2.09 (1999).

Результаты и обсуждение. В изучаемом севообороте общий запас влаги в весенний период варьировал от 230,8 мм до 327,4 мм в зависимости от года и поля. В среднем за годы исследований максимальное количество почвенной влаги отмечено на паром поле – 303,0 мм, на остальных полях показатель изменялся в интервале 285,0-289,5 мм (рис. 1).

К уборке культур севооборота наибольшее количество влаги отмечено на паровом поле (271,2 мм). К уборке озимой пшеницы показатель составил 221,0 мм, сои – 212,0 мм. На сборном поле севооборота общий запас влаги к уборке ранних яровых культур составил 285,0 мм (пшеница) и 286,8 мм (ячмень), к уборке поздних культур – 285,8 мм (кукуруза) и 289,5 мм (сорго).

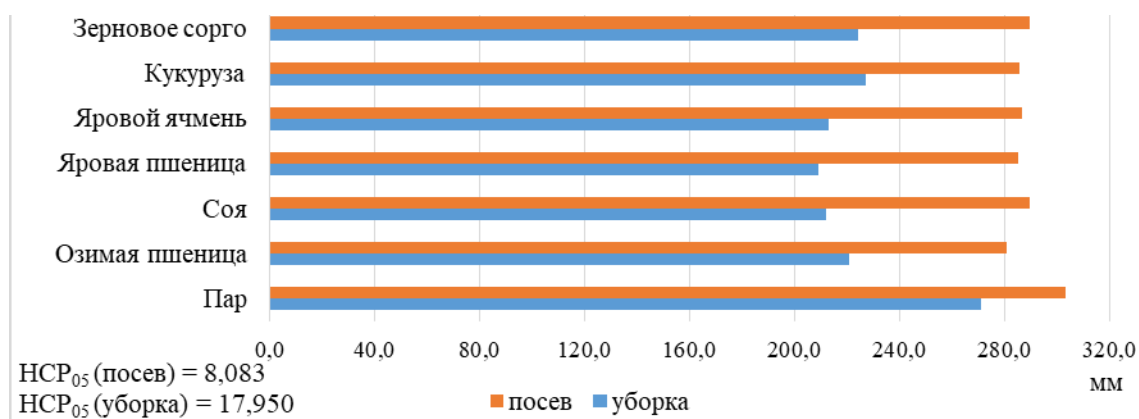


Рис. 1. Общий запас влаги в метровом слое почвы на полях четырехпольного севооборота, 2011-2019 гг.

Общий запас влаги в сухие годы ($\text{ГТК} < 0,6$) находился на низком уровне. При посеве культур интервал варьирования составил 236,4-278,2 мм.

На паровом поле содержалось 278,2 мм почвенной влаги, на озимой пшенице – 236,4 мм. При посеве сои на третьем поле севооборота запас

влаги находился на уровне 265,9 мм, на сборном поле при посеве ранних яровых культур – 245,6-253,7 мм, при посеве поздних – 260,9-265,9 мм. К уборке запас влаги достиг критически низких показателей. При запасе недоступной влаги 171,4 мм общий запас влаги составил 170,1 мм при уборке озимой пшеницы, 142,6 мм – сои, 154,5-160,6 мм – ранних яровых культур и 142,8-149,3 мм – поздних культур.

В средние по увлажнению годы ($0,6 \leq \text{ГТК} \leq 0,9$) наблюдается увеличение зимне-весенних запасов влаги (табл. 1). На паровом поле в метровом слое почвы содержалось 303,5 мм влаги, на втором поле, занятом озимой пшеницей, 286,1 мм. При посеве культур запас почвенной влаги изменялся в пределах 286,1-290,5 мм. К осени показатель на паровом поле

снизился до 270,0 мм. К уборке озимой пшеницы запас влаги составил 214,3 мм, сои – 210,6 мм, яровых – 198,4-200,2 мм, поздних культур – 225,1-228,5 мм.

Во влажные годы отмечались максимальные запасы почвенной влаги как при посеве культур, так и во время уборки. Весной в метровом слое парового поля содержалось 326,5 мм влаги, на озимой пшенице – 312,4 мм, при посеве культур на остальных полях севооборота общий запас влаги варьировал в пределах 308,9-315,1 мм. К уборке культур на паровом поле содержание влаги снизилось до 309,1 мм. На поле, занятом озимой пшеницей, содержалось в среднем 288,9 мм влаги, на сборном поле при уборке яровой пшеницы – 289,6 мм, ярового ячменя – 297,2 мм, кукурузы – 296,0 мм, сорго – 287,7 мм.

Таблица 1

Динамика общего запаса влаги в метровом слое почвы в разные по условиям увлажнения годы на полях четырехпольного севооборота, мм

Поле севооборота, культура (фактор А)	Погодные условия вегетационного периода (фактор В)						Среднее по фактору А	
	ГТК < 0,6		0,6 ≤ ГТК ≤ 0,9		ГТК ≥ 1,0			
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Пар	278,2	236,3	303,5	270,0	326,5	309,1	302,7g	217,8f
Озимая пшеница	236,4	170,1	286,1	214,3	312,4	288,9	278,3a	224,4e
Соя	265,9	142,6	290,5	210,6	309,9	285,1	288,8e	212,8a
Яровая пшеница	245,6	154,5	287,0	198,4	319,6	289,6	284,0b	214,1a
Яровой ячмень	253,7	160,6	286,7	200,2	320,5	297,2	286,9d	219,3bc
Кукуруза	260,9	142,8	286,6	225,1	308,9	296,0	285,4c	221,3cdd
Зерновое сорго	265,9	149,3	288,5	228,5	315,1	287,7	289,9f	221,8d
Среднее по фактору В	258,1a	165,1a	289,9b	221,0b	316,1c	293,4c		
	Посев		Уборка					
F ₀₅ (A)	631,260*		2081,843*					
F ₀₅ (B)	22056,311*		14378,293*					
F ₀₅ (AB)	199,059*		108,580*					
HCP ₀₅ (A)	0,854		1,784					
HCP ₀₅ (B)	0,559		1,262					
HCP ₀₅ (AB)	1,480		3,091					

Примечание: *данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при $p \leq 0,05$.

Формирование запаса почвенной влаги в севооборотах во многом зависит от условий вегетации и чередования культур. В ходе дисперсионного анализа было отмечено разное воздействие на общие запасы влаги выше означенных факторов (рис. 2). Доля влияния погодных

условий составила 79 % при посеве культур севооборота и 83,5 % при уборке. Доля влияния культур севооборота изменялась от 7 % при посеве до 11 % при уборке. Следует отметить, что в четырехпольном севообороте доля влияния культур ниже, чем в трехпольном.

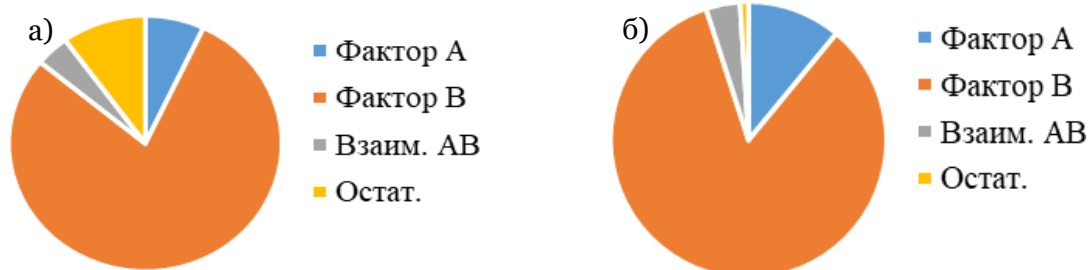


Рис. 2. Доля участия факторов в изменчивости общих запасов влаги в метровом слое почвы четырехпольного севооборота в разные по условиям увлажнения годы (а – посев, б – уборка)

В четырехпольном севообороте отмечают удовлетворительные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы при весеннем обследовании (109,0-118,1 мм), уровень осадков за периоды вегетации культур – 111,6-193,9 мм. Максимальное суммарное водопотребление отмечено на четвертом поле сево-

оборота на посевах зернового сорго и кукурузы – 256,4 мм и 266,7 мм соответственно. На поле ранних яровых культур данный показатель достиг 205,9-210,8 мм. На поле, занятом соей, суммарное водопотребление составляет 220,9 мм, на озимой пшенице – 121,3 мм (табл. 2).

Таблица 2

Водопотребление сельскохозяйственных культур в четырехпольном севообороте, 2011-2019 г.

Номер поля	Культура	Продуктивная влага, мм		Σос, мм	W, мм	Урожайность, т/га	Kw, м³/т
		весной	осенью				
2	Озимая пшеница	109,5	99,8	111,6	121,3	2,73	444,3
3	Соя	118,0	49,6	152,5	220,9	1,45	1523,4
4	Яровая пшеница	113,6	40,6	132,9	205,9	1,49	1381,9
	Яровой ячмень	115,4	37,5	132,9	210,8	1,38	1527,5
	Кукуруза	114,4	41,6	193,9	266,7	2,88	926,0
	Зерновое сорго	118,1	55,6	193,9	256,4	2,46	1042,3

Примечание: Σос – сумма осадков весенне-летний период вегетации, W – суммарное водопотребление, Kw – коэффициент водопотребления.

На поле, занятом озимой пшеницей, при средней урожайности 2,73 т/га коэффициент водопотребления составил 444,3 м³/т. Соя, размещенная на третьем поле севооборотов по предшественнику озимая пшеница, сформировала невысокую биологическую урожайность семян (1,45 т/га). При этом коэффициент водопотребления составил 1523,4 м³/т. Высокие коэффициенты водопотребления в четвертом поле севооборота установлены для яровой пшеницы и ячменя (1381,9 и 1527,5 м³/т соответственно), которые значительно уступили по урожайности кукурузе и зерновому сорго. У поздних культур показатели значительно ниже, 926,0 м³/т (кукуруза) и 1042,3 м³/т (сорго).

Заключение. Формирование запаса почвенной влаги в севооборотах во многом зависит от условий вегетации и чередования культур. В ходе анализа влагозапасов в метровом слое почвы севооборотов выявлено, что включение парового поля в засушливых условиях необхо-

димо, на паровом поле отмечено наибольшее количество влаги во все сроки отбора, максимальный расход влаги отмечен на полях, занятых пропашными культурами. При анализе запасов влаги в разные по условиям влагообеспеченности годы выявлен высокий уровень влияния данного фактора на влагообеспеченность изучаемых культур. Минимальный расход воды, требуемый для создания одной тонны урожая, приходится на озимую пшеницу – 444,3 м³/т. В условиях сухой степи Нижнего Поволжья ранние яровые культуры (пшеница, ячмень) нерационально расходуют воду – коэффициент водопотребления составляет 1381,9 и 1527,5 м³/т соответственно. Наиболее эффективным в условиях неустойчивого увлажнения являются зернопаропропашной севооборот с включением кукурузы или зернового сорго, так как данные культуры способны формировать устойчивые урожаи и использовать почвенную влагу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат. 1986. 416 с.
2. Верзилин В. В. Экологическая роль полевых культур в формировании фитотоксичных свойств почвы в комплексах биологизации // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 93-98.
3. Гринев Л. В. Ресурсосберегающие технологии резерв повышения экономических возможностей пашни // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 2. № 34(1). С. 48-50.
4. Дедов А. В., Несмеянова М. А. Изучение влияния севооборотов на содержание органического вещества

5. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г. Водный режим почвы в севообороте // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 21-23.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию. 2012. 352 с.
7. Карчагина Л. П., Тугуз Р. К., Мамсиров Н. И. Тенденции и прогнозы развития сельскохозяйственного производства в предгорной зоне Адыгеи // Земледелие. 2014. № 5. С. 7-9.

8. Линков Н. А., Линков С. А., Акинчин А. В., Кузнецова Л. Н. Изменение водопотребления озимой пшеницы и запасов продуктивной влаги под влиянием севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 6. С. 42-45.

9. Миникаев Р. В., Фатихов Д. А. Значение предшественников в условиях интенсификации производства зерна в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4-1. С. 74-79. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-74-79.

10. Моисеев А. Н., Ерёмин Д. И. Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11-1 (103). С. 18-20.

11. Новичихин А. М., Чайкин В. В. влияние удобрений на водный режим культур севооборота в условиях Воронежской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11 (137). DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.80

12. Овчинников А. С., Гаврилов А. М. Повышение эффективности орошаемого земледелия в засушливых условиях юго-востока России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 2. С. 5-10.

13. Перекопский А. Н., Захаров А. М. Варианты

внесения органических удобрений в биологизированном севообороте // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. № 18. С. 61-63. DOI: 10.26160/2474-5901-2020-18-61-63

14. Пупонин А. М. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. М.: Колос. 1984. 184 с.

15. Семинченко Е. В. Урожайность севооборотов в зависимости от приемов биологизации // Аграрная наука. 2021. Т. 344. № 1. С. 121-124. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-121-124

16. Уфимцева М. Г., Уфимцев А. Е. Влияние ландшафтных особенностей на баланс влаги пашни // АгроЭкоИнфо. 2022. № 1. С. 1. DOI: 10.51419/202121125.

17. Plaxina V. S., Astashov A. N., Bochkareva J. V. [et al.] Improvement of the ecological sustainability of short-term rotation under the aridization conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Yekaterinburg. 2022. P. 012135. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012135.

18. Zelenev A. V., Pleskachev Yu. N., Semnichenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 216-223. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223.

UDC 631.582:631.432

DOI: 10.34736/FNC.2024.127.4.003.22-27

Study of the water regime in a short-rotation crop rotation in conditions of insufficient moisture

Vera Sergeevna Plaksina, e-mail: v.plaksina88@yandex.ru senior researcher,
ORCID: 0000-0002-8968-8774

Alexander Nikolaevich Astashov, Candidate of Agricultural Sciences, chief scientific officer,
ORCID: 0000-0002-2744-9428

Tatyana Vladimirovna Rodina, e-mail: rodina008@mail.ru Candidate of Agricultural Sciences,
leading researcher, ORCID: 0000-0002-6670-417 X

"Russian Scientific Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn",
e-mail: rossorgo@yandex.ru, 410050, 1st Institute passage, 4, Saratov, Russia

Annotation. One of the main tasks of modern agriculture is to increase production based on scientifically sound farming systems and stabilize the environmental load in agroecosystems. In this regard, crop rotation is an effective method of stabilizing the crop industry. In the context of global climatic changes, the study of patterns of changes in the parameters of the soil water regime in crop rotations with uneven distribution of precipitation during the growing season becomes especially relevant. The research work was carried out in a four-field experimental crop rotation (black steam – winter wheat – soybeans – combined feed (spring wheat, barley, corn, grain sorghum)). In the course of research, it was found that in arid conditions it is necessary to include a steam field in the structure of sown areas in order to preserve soil moisture for subsequent crops. In years with dif-

ferent moisture availability conditions, a high level of influence of this factor on the moisture availability of the studied crops was revealed. The minimum moisture consumption required to create one ton of harvest falls on winter wheat – 444 m³/t. In the conditions of the dry steppe of the Lower Volga region, the efficiency of moisture use by early spring crops (wheat, barley) The water consumption coefficient is decreasing at 1382 and 1528 m³/t, respectively. The most effective in conditions of unstable moisture is a grain-to-crop rotation with the inclusion of corn or grain sorghum, which are able to produce stable yields at a low level of moisture availability.

Keywords: crop rotation, soil water regime, drought, water consumption coefficient.

Funding. The work was carried out within the framework of the theme of the state task of the

Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. AAAA19-119041190006-4 "Improving the efficiency of agroecosystems based on improved agrotechnologies in the system of modern agriculture for regions with insufficient moisture".

Citation: Plaksina V. S., Astashov A. N., Rodi-

na T. V. Study of the water regime in a short-rotation crop rotation in conditions of insufficient moisture // Scientific and Agronomic Journal. 2024 4(127). С. 22-27. DOI: 10.34736/FNC.2024.127.4.003.22-27.

Received: 27.11.2024

Accepted: 06.12.2024

REFERENCES

1. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. Methods of studying the physical properties of soils. 3-rd ed., reprint. and additional M.: Agropromizdat. 1986; 416. (In Russ.)
2. Verzilin V. V. The ecological role of field crops in the formation of phytotoxic properties of soil in biologization complexes. [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy] Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2019; 3: 93-98. (In Russ.)
3. Grinets L. V. Resource-saving technologies reserve for increasing economic opportunities of arable land // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestia Orenburg State Agrarian University]. 2012; 2; 34(1): 48-50. (In Russ.)
4. Dedov A. V., Nesmeyanova M. A. Studying the influence of crop rotations on the content of soil organic matter and crop yield // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University]. 2020; 13; 1: 50-60. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.50. (In Russ.)
5. Dzyuin G. P., Dzyuin A. G. Water regime of soil in crop rotation // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2012; 9: 21-23. (In Russ.)
6. Dospikhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Book on Demand, 2012; 352. (In Russ.)
7. Karchagina L. P., Tuguz R. K., Mamsirov N. I. Trends and forecasts of agricultural production development in the foothill zone of Adygea // Zemledelie [Agriculture]. 2014; 5: 7-9. (In Russ.)
8. Linkov N. A., Linkov S. A., Akinchin A. V., Kuznetsova L. N. Change in water consumption of winter wheat and productive moisture reserves under the influence of crop rotations, methods of basic tillage and fertilizers // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2012; 6: 42-45. (In Russ.)
9. Minikaev R. V., Fatikhov D. A. The importance of precursors in the conditions of intensification of grain production in the Republic of Tatarstan // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik of Kazan State Agrarian University Bulletin of the Kazan State Agrarian University]. 2019; 14; 4-1: 74-79. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-74-79. (In Russ.)
10. Moiseev A. N., Eremin D. I. Assessment of crop rotations by crop moisture supply in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals // Agrarnyj vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2012; 11-1 (103): 18-20. (In Russ.)
11. Novichikhin A. M., Chaikin V. V. influence of fertilizers on the water regime of crop rotation crops in the conditions of the Voronezh region // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2023; 11(137). DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.80. (In Russ.)
12. Ovchinnikov A. S., Gavrilov A. M. Improving the efficiency of irrigated agriculture in arid conditions of the Southeast of Russia // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa [Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex]. 2010; 2: 5-10. (In Russ.)
13. Perekopsky A. N., Zakharov A. M. Options for applying organic fertilizers in a biologized crop rotation // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020; 18: 61-63. DOI: 10.26160/2474-5901-2020-18-61-63. (In Russ.)
14. Puponin A. M. Tillage in intensive agriculture of the Non-Chernozem zone. M.: Kolos, 1984; 184. (In Russ.)
15. Semnichenko E. V. Crop rotation productivity depending on biologization techniques // Agrarnaya nauka [Agrarian Science]. 2021; 344; 1: 121-124. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-344-1-121-124. (In Russ.)
16. Ufimtseva M. G., Ufimtsev A. E. The influence of landscape features on the moisture balance of arable land // [AgroEcoInfo] AgroEcoInfo. 2022; 1: 1. DOI: 10.51419/202121125. (In Russ.)
17. Plaksina V. S., Astashov A. N., Bochkareva J. V. [et al.]Improvement of the ecological sustainability of short-termrotation under the aridization conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022; 012135. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012135.
18. Zelenev A. V., Pleskachev Yu. N., Semnichenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluve // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018; 13; 3: 216-223. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-216-223.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.