

УДК 631.43

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68

Я.З. Каипов, ✉
З.Р. Султангазин,
Р.Л. Акчурин

Башкирский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства Уфимского
исследовательского центра Академии наук
Российской Федерации, Уфа, Россия

✉ akaipov@mail.ru

Поступила в редакцию:
21.01.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68

Yakhiya Z. Kaipov, ✉
Zufar R. Sultangazin,
Rifkat L. Akchurin

Bashkir Research Institute of Agriculture
of the Ufa Research Center of the Academy
of Sciences of the Russian Federation, Ufa,
Russia

✉ akaipov@mail.ru

Received by the editorial office:
21.01.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Продолжающееся ухудшение состояния сельскохозяйственных земель и в целом природной обстановки требует перехода к природоохранному земледелию, частью которого являются биологизированные севообороты. Цель исследований — установление влияния биологизированных севооборотов на содержание органического вещества и агрофизические свойства почвы в условиях засушливой степи Южного Урала.

Методы. Проводили полевые опыты и лабораторные анализы по общепринятым методикам. Почва опытного поля — чернозем обыкновенный среднесуглинистый. Климат — засушливый. В годы исследований гидротермический коэффициент составлял 0,27–0,65. В опыте изучили семипольные биологизированные севообороты с четырьмя полями зерновых культур, двумя полями люцерны и чистым паром (I типа), с пятью полями зерновых и двумя полями люцерны (II типа). В качестве контроля взяли шестипольный зернопаровой севооборот. Создавали фоны питания: без удобрений, органические, минеральные.

Результаты. Выявили, что биологизированные севообороты в звене люцерны первого и второго годов пользования накапливают в слое почвы 0–40 см 7,8–9,1 т/га пожнивно-корневых остатков (ПКО), что в три-семь раз больше по сравнению с зернопаровым севооборотом. Повышенное количество ПКО в биологизированных севооборотах оказывает разрыхляющее влияние на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. Плотность пахотного слоя — 1,10 г/см³, подпахотного — 1,05 г/см³. Соответственно, показатели зернопарового севооборота — 1,12 г/см³ и 1,12 г/см³, или на 6% больше. В биологизированных севооборотах содержались в почве более высокие запасы влаги. Весенние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в биологизированных севооборотах — от 97 до 112 мм по фонам удобрений, что на 8–22 мм больше, чем в зернопаровом севообороте. Таким образом, биологизированные севообороты в условиях засушливой степи Южного Урала способствуют оптимизации агрофизических свойств и улучшению водного режима почвы.

Ключевые слова: биологизированные севообороты, засушливая степь, пожнивно-корневые остатки, люцерна, плотность почвы

Для цитирования: Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>

© Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л.

The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals

ABSTRACT

Relevance. The continuing deterioration of the state of agricultural lands and the natural environment in general requires a transition to conservation agriculture, of which biologized crop rotations are a part. The purpose of the research is to establish the influence of biologized crop rotations on the content of organic matter and agrophysical properties of the soil in the arid steppe of the Southern Urals.

Methods. Field experiments and laboratory analyses were carried out according to generally accepted methods. The soil of the experimental field is ordinary medium loamy chernozem. The climate is arid. During the years of research, the hydrothermal coefficient was 0.27–0.65. In the experiment, we studied seven-field biologized crop rotations with four grain fields, two alfalfa fields and pure steam (type I), with five grain fields and two alfalfa fields (type II). As a control, a six-field grain-pair crop rotation was taken. We created food backgrounds: without fertilizers, organic, mineral.

Results. It was revealed that biologized crop rotations in the alfalfa link of the first and second years of use accumulate 7.8–9.1 t/ha of crop-root residues in the soil layer 0–40 cm, which is three to seven times more than the grain-pair crop rotation. The increased amount of PKO in biologized crop rotations has a loosening effect on the arable (0–30 cm) and sub-arable (30–40 cm) soil layers. The density of the arable layer is 1.10 g/cm³, the sub — arable layer is 1.05 g/cm³. Accordingly, the indicators of grain — pair crop rotation are 1.12 g/cm³ and 1.12 g/cm³, or 6% more. Biologized crop rotations contained higher moisture reserves in the soil. Spring reserves of productive moisture in the soil layer of 0–100 cm in biologized crop rotations — from 97 to 112 mm for fertilizer backgrounds, which is 8–22 mm more than in the grain-steam crop rotation. Thus, biologized crop rotations in the conditions of the arid steppe of the Southern Urals contribute to the optimization of agrophysical properties and improvement of the water regime of the soil.

Key words: biologized crop rotations, arid steppe, crop-root residues, alfalfa, soil density

For citation: Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L. The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 63–68 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>

© Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L.

Введение/Introduction

Земледелие сопряжено противоречием между необходимостью всё возрастающего производства продукции для человечества и сохранением плодородия почв. К настоящему времени сложилась неблагоприятная обстановка — естественное плодородие почв снижается. К более интенсивной деградации подвергаются сельскохозяйственные ландшафты аридных территорий [1]. Требуется ускорение принятия срочных мер по оптимизации землепользования в связи с изменениями климата. Сообщается, что средняя температура воздуха вблизи поверхности земли выросла на 1,0–2,0 °C в XX веке в Азии [2], что обычно сопровождается возрастанием засушливости территорий. Для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния сельскохозяйственных земель и в целом природной обстановки предлагается перейти к природоохранному земледелию (ПЗ) [3], частью которого являются биологизированные севообороты. Согласно обзору А. Нурбекова с соавторами, различные элементы ПЗ, такие как создание постоянного покрова из растительных остатков на почве, начинают успешно применяться на больших площадях полеводства, несмотря на различные условия регионов [4]. В литературных обзорах больше внимания уделяется биологизации земледелия путем более полного использования пожнивных и корневых остатков и сидерации однолетними полевыми культурами в севооборотах [5]. Исследования влияния многолетних трав на плодородие почв проведены в основном в зонах достаточного увлажнения или (если в аридных территориях) только при определенном сочетании засушливых и относительно увлажненных сезонов года [5–8]. Роль биологизированных севооборотов в регулировании органического вещества и агрофизических свойств почвы в Зауральской степи Башкортостана недостаточно изучена. Данная почвенно-климатическая зона обладает особыми сочетаниями засушливых периодов, отличающимися от большинства территорий степи Южного Урала, поэтому есть необходимость исследования влияния факторов биологизации на плодородие почвы в указанной географической местности.

Цели исследований — установление влияния биологизированных севооборотов на содержание органического вещества и агрофизические свойства почвы в условиях засушливой степи Южного Урала.

Материал и методы исследования / Material and methods

Проводили полевые опыты и лабораторные анализы по общепринятым методикам. Опытное поле расположено в Баймакском научном подразделении Башкирского НИИ сельского хозяйства в пределах Зауральской степи Республики Башкортостан. Почва представлена черноземом обыкновенным среднесуглинистым. Исходное содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) — 7,0–7,5%, подвижного фосфора — 107–114 мг/кг, доступного калия — 140–160 мг/кг. Реакция почвенной среды — близкая к нейтральной с показателем pH 5,60–5,75. Среднегодовое количество атмосферных осадков — 300 мм, за вегетационный период (с мая по сентябрь) — 194 мм (норма). Однако за последние десятилетия осадки уменьшились, увеличивая засушливость зоны проведения исследований. В 2019 году проведения опытов осадки вегетационного периода составили 160 мм — 82% от нормы, в 2020-м — 84 мм (44%), в 2021-м — 71 мм (37%), в 2022-м — 167 мм (86%). По среднесуточным климатическим данным, гидротермический

Таблица 1. Схемы севооборотов в полевом опыте (фактор А)
Table 1. Crop rotation patterns in field experience (factor A)

№ п/п	Название севооборота	Схема чередования культур в севообороте
1	Шестипольный зернопаровой (контроль)	1) пар чистый и сидеральный; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница; 4) горох; 5) яровая пшеница; 6) ячмень
2	Семипольный биологизированный I типа (с чистым паром)	1) пар чистый и сидеральный; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница + люцерна 1-го года пользования (г. п.)*; 4) люцерна 1-го г. п.*; 5) ячмень; 6) яровая пшеница; 7) ячмень
3	Семипольный биологизированный II типа (без чистого пара)	1) горох; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница + люцерна; 4) люцерна 1-го г. п.*; 5) люцерна 2-го г. п.*; 6) яровая пшеница; 7) ячмень

* 1-го г. п. — первого года пользования, 2-го г. п. — второго года пользования

коэффициент (ГТК) зоны проведения полевых опытов составляет 0,8, что указывает на умеренную засушливость региона (Селянинов, 1958). За счет существенного недобора осадков ГТК уменьшились: в 2019 г. — до 0,6, в 2020-м — 0,3, в 2021-м — 0,27, в 2022-м — 0,65. Согласно шкале оценки увлажнения, 2019 и 2022 гг. были очень засушливые (0,7–0,4), 2020 и 2021 г. — сухие (менее 0,4).

В опыте изучили три вида севооборота на различных фонах питания по схеме, приведенной в таблице 1.

В каждом поле севооборота создавались фоны питания с внесением органических и минеральных удобрений. В качестве контроля взяли деланки без органических и минеральных удобрений как фон естественного почвенного питания. Как органическое удобрение использовали солому зерновых культур севооборота, оставленную при уборке и разбросанную (равномерно) поверхностно. Количество соломы определялось структурой урожая зерновых культур, с соотношением 1,1:1,0. Соответственно, норма оставленной на почве соломы колебалась от 1 г/га до 2,5 т/га в зависимости от степени увлажнения года возделывания культур севооборотов. Фоны питания представлены в таблице 2.

В опыте применялась комбинированная обработка почвы общим фоном, дифференцированно по полям севооборотов. В чистом пару — плоскорезная обработка весной на глубину 10–14 см, вспашка осенью — на 22–24 см. Яровая пшеница (вторая после пара) — без основной обработки. Под горох в зернопаровом севообороте — безотвальная (чизельная) обработка на 25–27 см; яровая пшеница после гороха — без основной обработки; под ячмень — дисковая на 8–10 см. Под яровую пшеницу с подсевом люцерны в биологизированных севооборотах — вспашка на 25–27 см, под яровую пшеницу по пласту люцерны — вспашка на 20–22 см, ячмень после яровой пшеницы — без основной обработки почвы.

Учет корневой и пожнивной массы проводили по рамочному методу Н.З. Станкова, послойное взятие

Таблица 2. Фоны питания в полях экспериментальных севооборотов (фактор Б)
Table 2. Feeding backgrounds in the fields of experimental crop rotations (factor B)

Органические удобрения	Минеральные удобрения
Без органических удобрений	Без минеральных удобрений (контроль) Азотно-фосфорные удобрения в дозе N ₃₀ P ₂₀
Солома зерновых культур	Без минеральных удобрений (контроль) Азотно-фосфорные удобрения в дозе N ₃₀ P ₂₀

почвенного монолита — саперной лопатой. Определение влажности почвы — по ГОСТ 28268-89¹ (2006). Данные опыта подверглись статистической обработке по методикам Б.А. Доспехова (1985)².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Накопление корневых и пожнивных растительных остатков в почве зависело от глубины взятия образцов, вида севооборота и условий увлажнения года проведения эксперимента. 75–90% растительных остатков обнаруживалось в слое 0–30 см, что обусловлено, скорее всего, наличием наиболее благоприятных условий для развития корневых систем в верхних слоях почвы — водно-воздушного режима и питательного (табл. 3, 4).

На подпахотный слой 30–40 см с менее подходящими условиями роста корней приходится остальные 10–25% растительных остатков. Резко выраженные различия, составляющие в среднем три-семь раз, были зафиксированы при учете показателей между севооборотами. Максимальное количество растительных остатков накопили биологизированные севообороты, под которыми в слое почвы 0–40 см содержалось 7,76–9,11 т сухого вещества (СВ) корней и жнивья. Контрольный зернопаровой севооборот накапливал в таком же слое почвы 1,41–1,79 т/га растительной биомассы, что в пять раз меньше, чем в биологизированных севооборотах. Вышие показатели в данных интервалах по содержанию корневых и стерневых остатков относятся к вегетационному периоду 2022 г., который отличался значительно более высоким увлажнением (ГТК 0,65) по сравнению с 2021 г. (ГТК 0,27). Это указывает на то, что во влажные годы фитомасса корней культур севооборотов увеличивается наряду с более интенсивным ростом их надземной части. Как указывается в литературе, в странах с влажным умеренным климатом с преобладающим травопольным хозяйством происходит постоянное обогащение почв перегноем.

Значительно меньше, чем в нашем опыте, поступило в почву поживно-корневых остатков в полевых опытах с севооборотами на дерново-подзолистых почвах в Марийском НИИ сельского хозяйства. Наибольшее количество (3,28 т/га) поступило в плодосменном севообороте с двумя полями клевера, тремя полями зерновых культур и одним полем картофеля [9].

Корневая и пожнивная биомасса возделываемых культур севооборотов оказывает положительное влияние на свойства почвы, в том числе и агрофизические. Почвенные микроорганизмы, питаясь корневыми выделениями, в свою очередь обогащают почву органическими веществами, улучшающими структуру почвы. В структурной почве повышается общая скважность, что проявляется в снижении плотности сложения и увеличении влагоемкости. Такое же действие оказывает и почвенная фауна: дождевые черви, личинки жуков и др. А.В. Дедов и соавторы, проводившие полевые исследования в ЦЧЗ России, сообщают об улучшении структурного состояния и меньшем уплотнении почвы в звене севооборота с люцерной [10]. Масса корневой системы яровой пшеницы в опыте на серой лесной среднесуглинистой почве во Владимирском НИИСХ была обратно пропорциональна плотности сложения пахотного слоя

Таблица 3. Накопление корневых и пожнивных остатков в почве под культурами зернопарового и биологизированных севооборотов. 2021 г. — особо засушливый. Сумма осадков за май–август — 58 мм (35% от нормы)

Table 3. Accumulation of root and crop residues in soil under crops grain and biologized crop rotations. 2021 — is a particularly dry year. The amount of precipitation for May–August is 58 mm (35% of the norm)

Севооборот	Культура	Слой почвы, см	СВ* корней и пожнивных остатков, т/га	Разница с контролем	
				т/га	кратность
Зернопаровой (контроль)	яровая пшеница	0–30	1,03 (73%)	–	–
		30–40	0,38 (27%)	–	–
		0–40	1,41 (100%)	–	–
Биологизированный I типа	люцерна 2-го г. п.	0–30	7,13 (90%)	+6,10	7,7
		30–40	0,80 (10%)	+0,42	2,1
		0–40	7,93 (100%)	+6,52	5,6
Биологизированный II типа	люцерна 2-го г. п.	0–30	6,81 (88%)	+5,88	7,3
		30–40	0,95 (12%)	+0,57	2,5
		0–40	7,76 (100%)	+6,35	5,5
	HCP ₀₅	0–30		3,05	
		30–40		0,33	

СВ* — сухое вещество (определено в соответствии с ГОСТ 31640-2012³)

Таблица 4. Накопление корневых и пожнивных остатков под культурами зернопарового и биологизированных севооборотов. 2022 г. — умеренно засушливый. Сумма осадков за май–август — 108 мм (65% от нормы)

Table 4. Accumulation of root and crop residues under crops of grain-steam and biologized crop rotations. 2022 — moderately arid. The amount of precipitation for May–August is 108 mm (65% of the norm)

Севооборот	Культура	Слой почвы, см	СВ корней и пожнивных остатков, т/га	Разница с контролем	
				т/га	кратность
Зернопаровой (контроль)	яровая пшеница	0–30	1,32	–	–
		30–40	0,47	–	–
		0–40	1,79	–	–
Биологизированный I типа	люцерна 2-го г. п.*	0–30	8,18	+6,86	6,2
		30–40	0,93	+0,46	2,0
		0–40	9,11	+7,32	5,1
Биологизированный II типа	люцерна 2-го г. п.*	0–30	7,95	+6,63	7,0
		30–40	0,96	+0,49	2,0
		0–40	8,91	+7,12	5,0
HCP ₀₅		0–30		3,5	
		30–40		0,28	

* расшифровка дана в таблице 1

в период после посева. Эту зависимость подтверждает коэффициент корреляции ($r = -0,87$) между массой корней в слое 0–150 см и плотностью сложения в слое 0–20 см после посева [11]. В эксперименте также отмечалось разуплотнение почвенной толщи под влиянием корневой системы люцерны в биологизированном севообороте. На фоне без органических удобрений, но с внесением минеральных $N_{30}P_{20}$ разрыхляющее влияние биологизированных севооборотов распространилось одновременно на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы (табл. 5). Средняя плотность почвы в слое 0–30 см в зернопаровом севообороте составила 1,13 г/см³, а в биологизированном севообороте — существенно меньше (1,10 г/см³), что доказывается математической обработкой ($HCP_{05} = 0,02$).

¹ ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. Москва: Агропромиздат. 1985; 351.

³ ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

Таблица 5. Влияние севооборотов и фонов питания на плотность пахотного и подпахотного слоев почвы. Срок определения — середина вегетации (6–14 июля) (средние за 2020–2022 гг.)
Table 5. Effect of crop rotations and food backgrounds on arable density and subsurface soil layers.
The term of determination is the middle of the growing season (July 6–14) (average for 2020–2022)

Слой почвы, см	Без органических удобрений, N ₃₀ P ₂₀			Солома, N ₃₀ P ₂₀		
	Севооборот		Разница	Севооборот		Разница
	зернопаровой	биологизированный*		зернопаровой	биологизированный*	
0–10	1,14	1,12	-0,01	1,11	1,11	0
10–20	1,15	1,11	-0,04	1,08	1,09	+0,01
20–30	1,10	1,09	-0,01	1,08	1,09	+0,01
0–30	1,13	1,10	-0,03	1,09	1,10	+0,01
	HCP ₀₅ (0–30)		0,02			0,02
30–40	1,12	1,05	-0,07 (6,2%)	1,12	1,05	-0,07 (6,2%)
	HCP ₀₅ (30–40)		0,04			0,05

* Приведены данные условно одного биологизированного севооборота, так как показатели обоих биологизированных севооборотов были практически одинаковые

На фоне внесения соломы в указанном выше слое плотность почвы в зернопаровом и биологизированном севооборотах составляла одинаковую величину (в пределах 1,09–1,10 г/см³). Это, по-видимому, объясняется разуплотняющим влиянием соломенной мульчи, оставляемой в течении трех лет (в 2019 г. — при уборке пшеницы, в 2020-м — гороха, в 2021-м — пшеницы) в зернопаровом севообороте. В эти же сроки в биологизированных севооборотах солома оставалась только один раз (в 2019 г.) при уборке пшеницы с подсевом люцерны, соответственно, влияние мульчи было меньшее. В результате влияние обоих факторов — соломы и корневой системы люцерны — в сравниваемых севооборотах выравнивалось. Уже в подпахотном слое (30–40 см), скорее всего, влияние соломы отсутствовало, а мощно развитая корневая система люцерны продолжала разрыхляющее действие. Как следствие, плотность данного слоя почвы в биологизированном севообороте оказалась меньшей с показателем 1,05 г/см³ против 1,12 г/см³ в контрольном зернопаровом севообороте. Таким образом, разрыхляющее влияние люцерны в пахотном слое биологизированных севооборотов по-разному проявляется в зависимости от фона органических удобрений, а в подпахотном слое наблюдается устойчивое уменьшение плотности почвы в биологизированных севооборотах по сравнению с зернопаровым севооборотом независимо от фона органических удобрений. По данным Н.М. Мудрых, И.А. Самофалова (2017), многолетние бобовые травы имеют ряд преимуществ перед навозом: корневая система трав способствует разрыхлению подпахотного слоя почвы, защищает от эрозии, способствует борьбе с сорняками; экологически безопасны и экономически выгодны [5]. О положительном влиянии соломы, оставляемой при уборке хлопчатника, на содержание органического углерода и разуплотнение пахотного и подпахотного слоев в супесчаной почве Южной Африки сообщают исследователи из Аграрного университета Китая [12].

Изменения, вызванные различным накоплением пожнивнокорневых остатков, сказались в содержании запасов продуктивной влаги в почве

исследуемых севооборотов. В среднем за три года исследований (2020–2022 гг.) в биологизированных севооборотах содержались в почве существенно более высокие запасы продуктивной влаги, чем в контрольном зернопаровом севообороте (табл. 6). Более высокие преимущества биологизированных севооборотов по запасам продуктивной влаги в почве отмечались весной (перед посевом). Так, в делянках без внесения органических удобрений среднегодовые запасы продуктивной влаги в биологизирован-

ных севооборотах составляли 97 мм, что на 8 мм (9,0%) больше, чем в зернопаровом севообороте. На фоне органических удобрений (сидерат + солома) соответствующие показатели составляли 112 мм, 22 мм и 24,4%. В середине вегетационного периода общие запасы влаги в почве в сравниваемых севооборотах уменьшились примерно в три раза по сравнению с допосевным состоянием, но преимущества биологизированных севооборотов по влажности почвы сохранились, хотя в малых пропорциях.

Фоны удобрений оказывали на накопление запасов продуктивной влаги в почве меньшее влияние, чем севообороты. Так, биологизированные севообороты на фоне органических удобрений перед посевом имели в среднем за три года 112 мм доступной влаги, что на 15 мм больше, чем в одноименных севооборотах без органических удобрений. Относительная разница составляет 15,5%, что значительно меньше разницы между севооборотами (24,4%). Следовательно, влияние севооборотов является более сильным фактором улучшения водного режима почвы, так как они оказывают наибольшее воздействие на изменение агрофизических свойств почвы. В то же время органические удобрения выступают как дополнительный фактор оптимизации указанных свойств почвы.

Результаты полевого опыта согласуются с данными исследователей из НИИСХ Юго-Востока (2009) (с такими же условиями засушливой степи). Ю.Ф. Курдюков и соавторы сообщают, что под воздействием многолетних трав

Таблица 6. Влияние севооборотов и фонов питания на содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см (средние за 2020–2022 гг., мм)
Table 6. The influence of crop rotations and food backgrounds on the content of productive moisture in the soil layer is 0–100 cm (average for 2020–2022, mm)

Годы	Перед посевом		Разница		Середина вегетации		Разница	
	1-й севооборот	2-й и 3-й севооборот*	мм	%	1-й севооборот	2-й и 3-й севооборот*	мм	%
Без органических удобрений								
2020	89	94	+5	5,6	14	14	0	0
2021	76	73	-3	-3,9	18	16	-2	-11,1
2022	102	123	+21	20,5	54	62	+8	14,8
Среднее	89	97	+8	9,0	29	31	+2	6,9
		HCP ₀₅	4,1	4,5			1,8	6,2
Сидерат + солома								
2020	89	94	+5	5,6	10	11	+1	10
2021	75	89	+14	18,7	20	23	+3	15
2022	105	152	+47	44,7	54	62	+8	14,8
Среднее	90	112	+22	24,4	28	32	+4	14,3
		HCP ₀₅	6,0	6,7			2,4	8,6

* пояснение такое же, как в таблице 5.

в севообороте улучшается водопроницаемость почвы и что к посеву яровой пшеницы по предшественнику озимая пшеница слой почвы 0–150 см содержал 147 мм продуктивной влаги, а по плану многолетних трав — 138 мм в среднем за семь лет [13]. Таким образом, было доказано, что запасы влаги в почве к посеву однолетних культур, следующих за многолетними травами, почти не уступают показателям, свойственным однолетним предшественникам в полевых севооборотах. Несмотря на иссушающее воздействие многолетних трав, в результате осенью (к сроку уборки) почва под травами содержала намного меньший запас влаги по сравнению с полями однолетних культур в севообороте. По данным В.Г. Гребенникова, И.А. Шипилова, О.В. Хониной, проводивших исследования в сухостепной зоне, использование в севообороте совместных посевов тритикале с многолетними травами (в том числе и с люцерной) способствует улучшению накопления в почве влаги осенне-зимних осадков [14].

Выводы/Conclusion

Биологизированные полевые севообороты в звене люцерны 1-го и 2-го годов пользования накапливают в слое почвы 0–40 см 7,8–9,1 т/га пожнивно-корневых остатков, что в три-семь раз больше по сравнению

с зернопаровым севооборотом. Повышенная корневая и пожнивная биомасса люцерны в биологизированных севооборотах оказывает разрыхляющее влияние на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. Плотность пахотного слоя почвы в биологизированном севообороте оказалась меньшей с показателем 1,05 г/см³ против 1,12 г/см³ в контрольном зернопаровом севообороте. На фоне без органических удобрений, но с внесением минеральных N₃₀P₂₀ разрыхляющее влияние биологизированных севооборотов распространилось одновременно на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. В среднем за три года исследований (2020–2022 гг.) в биологизированных севооборотах содержались в почве существенно более высокие запасы продуктивной влаги, чем в контрольном зернопаровом севообороте.

Весенние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в биологизированных севооборотах составляли от 97 до 112 мм по фону удобрений, что на 8–22 мм больше, чем в зернопаровом севообороте. Таким образом, биологизированные севообороты в условиях засушливой степи Южного Урала способствуют оптимизации агрофизических свойств и улучшению водного режима почвы.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- He M., Ji X., Bu D., Zhi J. Cultivation effects on soil texture and fertility in an arid desert region of northwestern China. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(4): 701–715. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0069-7>
- Yu Y. et al. Climate change in Central Asia: Sino-German cooperative research findings. *Science Bulletin*. 2020; 65(9): 689–692. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.02.008>
- Quanying W., Yang W., Qicun W., Jingshuang L. Impacts of 9 years of a new conservation agricultural management on soil organic carbon fractions. *Soil & Tillage Research*. 2014; 143: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.05.004>
- Nurbekov A., Akramkhanov A., Kassam A., Sydyk D., Ziyadullaev Z., Lamers J.P.A. Conservation Agriculture for combating land degradation in Central Asia: a synthesis. *AIMS Agriculture and Food*. 2016; 1(2): 144–156. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.144>
- Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор). *Пермский аграрный вестник*. 2017; (1): 88–97. <https://elibrary.ru/ygswcr>
- Зезин Н.Н., Намятов М.А., Постников П.А., Зубарев Ю.Н. Оценка эффективности факторов биологизации в земледелии Уральского региона. *Пермский аграрный вестник*. 2019; (1): 34–41. <https://elibrary.ru/xftlqp>
- Морозов В.И., Тойгильдин А.П., Подсевалов М.И. Биологизация технологии возделывания яровой пшеницы и формирование ее продуктивности в условиях Среднего Поволжья. *Нива Поволжья*. 2016; (4): 49–55. <https://elibrary.ru/ypsnfl>
- Зеленев А.В., Уришев Р.Х., Протопопов В.М. Приемы сохранения плодородия светло-каштановых почв в полевых биологизированных севооборотах Нижнего Поволжья. *Проблемы рационального использования природоохранных комплексов засушливых территорий. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2015; 52–54. <https://elibrary.ru/xcpbjt>
- Замятин С.А., Максимова Р.Б. Почвоулучшающая роль пожнивно-корневых остатков в полевых севооборотах. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2020; 6(3): 287–294. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294>

REFERENCES

- He M., Ji X., Bu D., Zhi J. Cultivation effects on soil texture and fertility in an arid desert region of northwestern China. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(4): 701–715. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0069-7>
- Yu Y. et al. Climate change in Central Asia: Sino-German cooperative research findings. *Science Bulletin*. 2020; 65(9): 689–692. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.02.008>
- Quanying W., Yang W., Qicun W., Jingshuang L. Impacts of 9 years of a new conservation agricultural management on soil organic carbon fractions. *Soil & Tillage Research*. 2014; 143: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.05.004>
- Nurbekov A., Akramkhanov A., Kassam A., Sydyk D., Ziyadullaev Z., Lamers J.P.A. Conservation Agriculture for combating land degradation in Central Asia: a synthesis. *AIMS Agriculture and Food*. 2016; 1(2): 144–156. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.144>
- Mudryh N.M., Samofalova I.A. on to the experience of the usage of plant residues in soils of Non-Black soil zone of Russia (review). *Perm Agrarian Journal*. 2017; (1): 88–97 (In Russian). <https://elibrary.ru/ygswcr>
- Zezin N.N., Namyatov M.A., Postnikov P.A., Zubarev U.N. Evaluation of the effectiveness of biologization factors in agriculture of the Ural region. *Perm Agrarian Journal*. 2019; (1): 34–41 (In Russian). <https://elibrary.ru/xftlqp>
- Morozov V.I., Toigildin A.L., Podsevalov M.I., Basenkov V.V. Biologization of cultivation technology of spring wheat and its productivity in the conditions of Middle Volga region. *Niva Povolzhya*. 2016; (4): 49–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/ypsnfl>
- Zelenev A.V., Urishev R.Kh., Protopopov V.M. Techniques for preserving the fertility of light chestnut soils in field biologized crop rotations of the Lower Volga region. *Problems of rational use of natural resource complexes of arid territories. Collection of scientific works of the International scientific and practical conference*. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 2015; 52–54 (In Russian). <https://elibrary.ru/xcpbjt>
- Zamyatin S.A., Maksimova R.B. Soil improving role of crop-root residues in field crop rotations. *Vestnik of Mari State University. Chapter: Agriculture. Economics*. 2020; 6(3): 287–294 (In Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294>

10. Дедов А.В., Несмеянова М.А., Дедов А.А., Кузнецова Т.А. Бинарные посевы с люцерной синей и плодородие почвы. *Земледелие*. 2014; (5): 21–23. <https://elibrary.ru/suackj>

11. Зинченко С.И., Рябов Д.А. Особенности формирования корневой системы зерновых культур в агроэкосистемах серой лесной почвы. *Фундаментальные исследования*. 2014; (8-3): 651–656. <https://elibrary.ru/sjmmux>

12. Ndzelu B.S., Dou S., Zhang X. Corn straw return can increase labile soil organic carbon fractions and improve water-stable aggregates in Haplic Cambisol. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(6): 1018–1030. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0024-7>

13. Курдюков Ю.Ф., Лощина Л.П., Попова Ж.П., Шубитидзе Г.В., Кузьмичев Ф.П., Третьяков М.В. Роль многолетних трав в полевых севооборотах засушливой степи Поволжья. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2009; (2): 38–42. <https://elibrary.ru/wmvvmrz>

14. Гребенников В.Г., Шипилов И.А., Хонина О.В. Энергосберегающая технология выращивания многолетних трав на деградированных каштановых почвах сухостепной зоны. *Животноводство и кормопроизводство*. 2019; 102(2): 163–173. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-163>

10. Dedov A.V., Nesmeyanova M.A., Dedov A.A., Kuznetsova T.A. Binary crops with lucerne blue and fertility. *Zemledelie*. 2014; (5): 21–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/suackj>

11. Zinchenko S.I., Ryabov D.A. Features of formation of root system of grain crops in agroecosystems of the grey forest soil. *Fundamental research*. 2014; (8-3): 651–656 (In Russian). <https://elibrary.ru/sjmmux>

12. Ndzelu B.S., Dou S., Zhang X. Corn straw return can increase labile soil organic carbon fractions and improve water-stable aggregates in Haplic Cambisol. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(6): 1018–1030. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0024-7>

13. Kurdyukov Yu.F., Loschinina L.P., Popova Zh.P., Shubitidze G.V., Kuzmichev F.P., Trerakov M.V. Role of perennial grasses in field crop rotation of droughty steppe of Volga region. *Agrarian Reporter of South-East*. 2009; (2): 38–42 (In Russian). <https://elibrary.ru/wmvvmrz>

14. Grebennikov V.G., Shipilov I.A., Honina O.V. Energy-saving technology of growing perennial herbs on degraded chestnut soils of dry steppe zone. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019; 102(2): 163–173 (In Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-163>

ОБ АВТОРАХ:

Яхия Зайнуллович Каипов,

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
akaipov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8612-2583>

Зуфар Рафкатович Султангазин,

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
zufar-75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7928-1156>

Рифкат Лутфуллович Акчурин,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
rifkat-61@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6798-3660>

ABOUT THE AUTHORS:

Yakhia Zainullovich Kaipov,

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Crop Production, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
akaipov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8612-2583>

Zufar Rafkatovich Sultangazin,

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Department of Plant Growing, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
zufar-75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7928-1156>

Rifkat Lutfullovich Akchurin,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Crop Production, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
rifkat-61@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6798-3660>