

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЗАСУШЛИВОСТИ КЛИМАТА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Я.З. Каипов, Х.М. Сафин

Башкирский НИИ сельского хозяйства

Уфимского федерального исследовательского центра РАН

e-mail: akaipov@mail.ru

Была поставлена цель – на основе обобщения литературы и собственных исследований выработать принципы построения систем земледелия в условиях усиливающейся засушливости климата степной зоны Южного Урала. Полевые опыты проводились в степной зоне на черноземе обыкновенном. В 2011-2021 гг. изучали влияние культур лугопастбищного севооборота и биологизированных севооборотов с 4-5-ю полями зерновых и зернобобовых культур и 2-мя полями многолетних трав (люцерны) на плотность пахотного и подпахотного горизонтов почвы и содержание продуктивной влаги в динамике за вегетационный период. Установлено, что многолетние травы в лугопастбищном севообороте снижают плотность почвы, повышают водопроницаемость и способствуют накоплению большей продуктивной влаги по сравнению с полями, занятыми однолетними культурами. Повышение накопления влаги осенне-зимних осадков в почве происходит также в биологизированных полевых севооборотах. Улучшающим водный режим фактором в этих севооборотах является возделывание люцерны и оставление в поле соломы после уборки зерновых культур. Таким образом, к основным принципам оптимизации систем земледелия в условиях обострения засушливости климата в степной зоне Южного Урала относится освоение биологизированных кормовых и полевых севооборотов, в которых улучшение водного режима достигается влиянием многолетних трав и мульчи из соломы зерновых культур.

Ключевые слова: степная зона, засуха, севообороты, улучшение водного режима.

Введение

Последние десятилетия изменений климата настораживают усиливающейся засушливостью, в основном, в географических областях, отдаленных от морей и океанов. В Национальном докладе (2018) отмечается, что уменьшение летних осадков в Приволжском федеральном округе (ФО) за 1976-2016 гг. происходило со скоростью 9,8 мм / 10 лет [1]. Расчетная урожайность яровых зерновых культур на юге Европейской части России (ЕЧР) и в степной зоне Приволжского ФО имеет отрицательную тенденцию, вызванную ростом засушливости в весенне-летний период и снижением запасов влаги в почве, а также высокими температурами [2]. Особенно обостряется положение в степи восточных предгорий Южного Урала. В Зауральской степи Республики Башкортостан, где мы проводим исследования, изменения климата даже более отрицательные, чем в целом по Российской Федерации (РФ). Этому способствует, скорее всего, влияние меридионально расположенных горных хребтов Урала, перекрывающих поступление влажных воздушных масс с запада континента. По данным местных метеостанций, за 2006-2015 гг. (20 лет), сумма осадков вегетационного периода (май-сентябрь) в степном Зауралье составила 166 мм, вместо 192 мм по среднемноголетним показателям, или уменьшилась на 16 %. За последние шесть лет (2016-2021 гг.) обстановка еще более ухудшилась: среднегодовое уменьшение осадков составило уже 39 %.

В специальной литературе, освещающей исследования в засушливой степи в последние годы, выдвигаются принципы построения научно обоснованной системы земледелия, направленные на проектирование оптимальных севооборотов, систем обработки почвы и удобрений [3-5]. Углубляется научное обоснование и расширяется применение технологий с нулевой обработкой почвы с целью влаго- и энергосбережения, повышения плодородия почвы в степной зоне. Однако, для проявления эффективности системы No-till требуется несколько лет с начала ее применения. Это связано с необходимостью накопления минимально достаточного слоя соломенной мульчи на поверхности почвы, что в условиях формирования низких урожаев при ежегодном дефиците влаги в засушливой степи очень затруднительно. Неполное покрытие мульчпокровом не обеспечивает разрыхление почвы и улучшение ее водного режима [6]. Требуется расширение исследований возможностей биологических факторов регулирования агрофизических свойств почвы, например, биологизированных севооборотов. В наших исследованиях, проведенных в 2010-2021 гг., показана роль севооборотов и обработки почвы в регулировании агрофизических свойств и влажности почвы в засушливой степи Южного Урала.

Была поставлена цель – на основе обобщения литературы и собственных исследований выработать принципы построения систем земледелия в условиях усиливающейся засушливости климата степной зоны Южного Урала.

Материалы и методы

Материалом исследования были литературные источники и свои исследования за 2010-2021 годы, проведенные в Зауральской степи Республики Башкортостан. В экспериментальной части применяли полевой метод, в сочетании с лабораторными анализами. Место проведения опытов характеризовалось условиями, типичными для степи восточных предгорий Южного Урала. Почва – чернозем обыкновенный среднесуглинистый, среднемощный. Содержание гумуса в пахотном слое 7,4-8,0 %, подвижного фосфора – 9-14 мг, обменного калия – 20-25 мг на 100 г почвы. Реакция почвенной среды – близкая к нейтральной (рН 5,7-5,8). В опытном поле был заложен лугопастбищный севооборот: 1-4 поля, многолетние травы (кострец безостый + люцерна изменчивая) на сено; 5, ячмень на зерно; 6, рапс на зеленый корм; 7, суданская трава на зеленый корм + многолетние травы. Полевые опыты и лабораторные анализы почвы проводились по общепринятым методикам. Определение плотности почвы – методом режущего цилиндра по Качинскому. Плотность почвы определялась в середине вегетации культур севооборотов – в июле. Средняя плотность пахотного слоя почвы рассчитывалась как среднеарифметическое от показателей по слоям через каждые 10 см. Среднегодовая плотность почвы – от показателей в отдельные годы в определенном поле севооборота. В 2011-2015 гг. изучали влияние культур лугопастбищного севооборота на плотность пахотного и подпахотного горизонтов почвы и содержание продуктивной влаги в динамике за вегетационный период. С 2019 г. начали осваивать и изучать биологизированные севообороты двух типов – с чистым паром и беспаровые, 4-5-ю полями зерновых и зернобобовых культур и 2-мя полями многолетних трав (люцерны). В полях, занятых зерновыми и зернобобовыми культурами севооборотов, применяли малые дозы азотно-фосфорного удобрения – N₃₀ P₂₀. Внесение азотного минерального удобрения в малой дозе осуществляется, в основном, как источник питания целлюлозоразлагающих микроорганизмов, осуществляющих перевод органических остатков растений в минеральные составляющие. Создавался также фон органического удобрения путем оставления соломы зерновых культур в поле при уборке урожая. Средняя урожайность соломы составляла 1,5-2 т/га и лимитировалась засушливыми метеорологическими условиями в годы проведения полевых опытов. Климатические условия за годы исследований, в среднем, были значительно более засушливые, чем ранее зафиксированные многолетние показатели, о чем говорилось выше.

Результаты и обсуждение

В опытах, проведенных в целом за 2011-2015 гг. среднегодовая плотность 0-30 см (пахотного) слоя почвы составила: под многолетними травами 1,02 и под однолетними культурами – ячменем и рапсом 1,09 г/см³ (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние культур севооборота на плотность почвы в пахотном слое

Культура	Слой почвы, см	Плотность, г/см ³					Разница	
		2011	2012	2014	2015	Среднее за 2011-2015 гг.		
							г/см ³	%
Многолетние травы	0-10	0,96	---	1,06	0,99	1,00	—	—
	10-20	0,97	---	1,16	1,06	1,06	—	—
	20-30	1,05	---	0,88	1,11	1,01	—	—
	30-40	1,19	---	1,28	1,23	1,23	—	—
	Ср. 0-30	0,99	---	1,03	1,05	1,02	—	—
Ячмень на зерно, рапс	0-10	1,08	1,10	0,83	0,98	1,00	0	0
	10-20	1,17	1,12	1,19	1,16	1,16	+0,10	+10
	20-30	1,19	1,17	1,12	0,99	1,12	+0,11	+11
	30-40	1,17	1,22	1,26	1,10	1,19	-0,04	+3,2
	Ср. 0-30	1,15	1,13	1,05	1,04	1,09	+0,07	+6,9

Таким образом, среднегодовая плотность пахотного слоя почвы под многолетними травами в севообороте оказалась на 6,9 % ниже, чем под однолетними культурами севооборота. Плотность подпахотного слоя 30-40 см в почве обоих агрофонов была примерно одинаковая – 1,19-1,23 г/см³. Более рыхлое сложение пахотного слоя почвы под многолетними травами предопределяет ее более высокую водопроницаемость, влагоемкость на этом агрофоне с одной стороны, и благоприятное влияние травяного поля на агрофизические свойства почвы в масштабе всего севооборота с другой стороны. В исследованиях, проведенных нами ранее, были уже получены результаты, подтверждающие вышеизложенное влияние многолетних трав на агрофизические свойства почвы. Сообщалось о повышении водопроницаемости степных черноземов в севооборотах с многолетними травами [7]. В опытах, проведенных на черноземах выщелоченных лесостепи Поволжья, плотность пахотного слоя почвы в поле озимой пшеницы по предшественнику многолетние травы составила 1,09 г/см³, что на 0,09 единиц (на 8 %) ниже, чем в таком же поле по предшественнику зерновые и пар [8]. Исследования, проведенные в условиях Каменной степи, показали, что плотность сложения пахотного слоя чернозема обыкновенного под многолетней бобовой культурой в зернотравянопропашном севообороте составила 1,00 г/см³. Это значительно ниже показателя, зафиксированного под ячменем, того же севооборота. Под многолетними травами также отмечено увеличение наименьшей влагоемкости (НВ) до 38-42 %, в то время как под однолетней культурой – горохом это свойство имело значения 28-30 % [9]. Водопроницаемость чернозема типичного юго-западной части ЦЧЗ в зернотравяном севообороте была заметно выше, чем в зернопропашном севообороте [10].

В среднем за годы исследований наибольшие запасы влаги в метровом слое почвы весной перед посевом – 143 мм, наблюдались под многолетними травами в севообороте (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в зависимости от агрофонов за 2011-2015 гг.

Агрофон	2011 г.		2012 г.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	122	109	116	79
Многолетние травы	131	87	141	62
	2013 г.		2014 г.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	120	139	171	52
Многолетние травы	108	71	183	33
	2015 г.		Среднее за 2011-2015 гг.	
	Перед посевом	Перед уборкой	Перед посевом	Перед уборкой
Однолетние культуры	159	135	138	103
Многолетние травы	151	45	143	60

Повышенные предпосевные запасы влаги под многолетними травами обусловлены улучшающим влиянием этой культуры на водные свойства почвы. Под многолетними травами в севообороте улучшается структура почвы, снижается плотность, соответственно повышается водопроницаемость. В ранее проведенных исследованиях мы установили, что под влиянием травяного звена в лугопастбищном севообороте структурно-агрегатный состав пахотного слоя чернозема обыкновенного достигает высокого уровня: при сухом просеивании почва содержала более 96 %, при мокром – около 70 % агрегатов размером 0,25-10 мм. В прифермском севообороте, где многолетние травы отсутствовали, показатели были значительно меньшие, соответственно 93 и 61 % [11]. Выявленная нами закономерность положительного влияния многолетних трав в севообороте на плотность и накопление влаги в почве подтверждаются экспериментальными данными А.В. Филипповой, А.А. Канаковой, О.Н. Мининой, проводившими исследования в степях Оренбургской области, где гидротермические условия близки к условиям нашей зоны. В учебно-опытных полях Оренбургского ГАУ в 2012-2014 гг. изучали способы обработки почвы – чернозема южного тяжелосуглинистого и агробиологические приемы в севообороте. Средние весенние запасы влаги в почве под многолетними злаковыми и бобовыми травами составляли 42-43 мм, что на 3-4 мм выше по сравнению с накоплением в полях с разноглубинными рыхлениями под посев однолетних культур севооборота [5]. По данным Сабитова М.М. (2019), применение в севообороте люцерны обеспечивает благоприятный водно-воздушный и питательный режимы в выщелоченном черноземе [8]. Таким образом, наши результаты опытов с лугопастбищными севооборотами позволяют выработать один из принципов построения систем земледелия в засушливой степи – использование возможности севооборотов с многолетними травами улучшать агрофизические свойства почвы, способствующие более полному усвоению скудных источников атмосферной влаги.

В новой серии исследований, начиная с 2019 г., нами изучается влияние биологизированных севооборотов на плодородие почвы и зерновую продуктивность пашни. Основным источником обогащения почвы органическим веществом и средством улучшения ее агрофизических свойств в этих севооборотах выступает травостой люцерны. Дополнительно поставляет свежее органическое вещество в почву солома зерновых культур. За годы освоения (2019-2021) выявлено благоприятное влияние биологизированных севооборотов на снижение плотности почвы. Средняя плотность пахотного слоя почвы в биологизированных севооборотах обоих типов была практически одинаковая, составила 1,12 г/см³, и оказалась на 0,04 г/см³ меньше, чем у контрольного зернопарового севооборота. Разрыхляющим почву фактором в биологизированных севооборотах выступило действие корневой системы многолетних трав (люцерны). Улучшение агрофизических свойств почвы под травостоем люцерны сказалось положительно на водном режиме почвы. На фоне без органики – без оставления соломы, биологизированные севообороты накапливали к предпосевному периоду одинаковое с зернопаровым севооборотом количество – 75-80 мм продуктивной влаги в метровом слое. Несмотря на меньшее количество остаточной влаги

осенью в результате повышенного водопотребления травами, накопление весенних влагозапасов в биологизированных севооборотах до уровня зернопарового севооборота является следствием улучшения агрофизических свойств почвы под травостоями многолетних трав – люцерны. Об оптимизации агрофизических свойств чернозема выщелоченного в равнинном агроландшафте Краснодарского края при содержании люцерны до 28,6 % в травянозернопропашных севооборотах сообщается и в работе Бойко Е.С., Василько В.П. [12]. И как отмечают Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. из Института степи Уральского отделения РАН, перспективным приемом, направленным на воспроизводство плодородия почвы в степных агроландшафтах, является биологизация земледелия. Применение сидеральных культур, особенно бобовых, в том числе многолетних, трав улучшает агрохимические, микробиологические и физические свойства почвы [13].

На фоне оставления соломы в поле после уборки зерновых культур весенние запасы влаги в биологизированных севооборотах превышали зернопаровой севооборот на 19-27 % (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика продуктивной влаги под посевами яровой пшеницы и люцерны второго года пользования (2 г. п.) в экспериментальных севооборотах, мм

Слой почвы, см	Перед посевом			Колошение пшеницы			Перед уборкой		
	Сев. 1*	Сев. 2*	Сев. 3*	Сев. 1	Сев. 2	Сев. 3	Сев. 1	Сев. 2	Сев. 3
	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.	Яровая пшеница	Люцерна 2 г. п.	Люцерна 2 г. п.
	Фон – без органики								
0-20	29	28	26	15	6	4	0	0	0
20-70	41	44	41	20	10	7	0	0	0
70-100	6	1	13	6	2	5	0	0	0
0-100	76	73	80	41	18	16	0	0	0
	Фон – оставление соломы								
0-20	25	25	25	19	4	6	0	0	0
20-70	40	45	50	19	13	8	0	0	0
70-100	10	19	20	3	12	9	0	0	0
0-100	75	89	95	41	29	23	0	0	0

* - Сев. 1, зернопаровой; Сев. 2, биологизированный I типа; Сев. 3, биологизированный II типа.

Наши выводы об эффективности соломенной мульчи в биологизированных севооборотах для накопления и сохранения влаги в почве подтверждаются экспериментальными данными, полученными в схожих с нашими природно-климатических условиях [14-16]. Сообщается также, что минимальной нормой является 1,5 т соломы на 1 га, при которой заметно улучшаются водно-физические свойства почвы и повышается урожайность зерновых культур [17]. Из вышеприведенных наших экспериментальных данных и обзора научных сообщений следует, что следующим принципом построения систем земледелия в засушливой степи является использование биологизированных полевых севооборотов, в которых улучшение агрофизических свойств и водного режима почвы достигается комплексным влиянием звена многолетних трав и послеуборочными органическими остатками зерновых культур.

Выводы

Способом улучшения эффективности продуктивного использования влаги в условиях усиливающейся засушливости в степной зоне является разработка и освоение полевых и кормовых севооборотов, улучшающих водно-физические свойства почвы с помощью биологических факторов. Многолетние травы в кормовом севообороте снижают плотность почвы, повышают водопроницаемость и способствуют накоплению большей продуктивной влаги по сравнению с полями, занятыми однолетними культурами. Повышение накопления

влаги осенне-зимних осадков в почве происходит также в биологизированных полевых севооборотах. Улучшающим водный режим фактором в этих севооборотах является возделывание люцерны и оставление в поле соломы после уборки зерновых культур. Таким образом, к основным принципам оптимизации систем земледелия в условиях обострения засушливости климата в степной зоне Южного Урала относится освоение биологизированных кормовых и полевых севооборотов, в которых улучшение водного режима достигается влиянием многолетних трав и мульчи из соломы зерновых культур.

Список литературы

1. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство). Национальный доклад / Под ред. А.И. Бедрицкого. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, ГЕОС, 2018. 285 с.
2. Павлова В.Н. Анализ и оценки влияния климатических условий последних десятилетий на урожайность зерновых культур в земледельческой зоне России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Т. 23. С. 215-230.
3. Филиппова А.В., Петрова Г.В., Минина О.Н. Биологизированная система земледелия для сухостепной зоны Южного Урала: теория и практика // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3(65). С. 199-201.
4. Бакиров Ф.Г., Нестеренко Ю.М. Принципы формирования звеньев в системах земледелия, адаптированных для степной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4(66). С. 35-38.
5. Филиппова А.В., Канакова А.А., Минина О.Н. Биологизированные приемы восполнения азотного фонда черноземов южных в условиях дефицита влаги // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1(57). С. 154-157.
6. Кураченко Н.Л., Колесников А.С., Романов В.Н. Влияние обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 44-50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
7. Абдуллин М.М., Каипов Я.З. Улучшение водопроницаемости лесостепных и степных черноземов Южного Урала // Земледелие. 2011. № 1. С. 10-11.
8. Сабитов М.М. Влияние многолетних трав на повышение плодородия почв и продуктивности зерновых культур // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 50-54. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10075.
9. Абанина О.А. Влияние многолетних бобовых трав на агрофизические свойства и плодородие почвы в различных севооборотах Юго-Востока ЦЧЗ: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. Орел, 2013. 10 с.
10. Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Влияние севооборотов, способов основной обработки почв и удобрений на агрофизические свойства почвы // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции ГНУ ВНИИ и ЗПЭ. Курск, 2014. С. 306-310.
11. Каипов Я.З. Сохранение и воспроизводство плодородия черноземов в ресурсосберегающих технологиях полевого кормопроизводства на Южном Урале: дис. .. д-ра с.-х. наук. Уфа, 2008. С. 81-83.
12. Бойко Е.С., Василько В.П. Разработка принципов биологизированной системы земледелия для получения экологически безопасной и органической продукции на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения: Сб. трудов международной научной конференции. Краснодар: КубГАУ, 2021. С. 291-293.

13. Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 5-9. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011.
14. Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
15. Yilong Huang, Liding Chen, Bojie Fu, Zhilin Huang, Jie Gong. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. *Agricultural Water Management*. 2005. vol. 72. pp. 209-222. DOI:10.1016/j.agwat.2004.09.012.
16. Каракулев В.В., Бакиров Ф.Г., Вибе В.Д. Пути повышения влагонакопления в черноземах обыкновенных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2006. № 10-1. С. 104-105.
17. Fabio Stagnari, Angelica Galieni, Stefano Specca, Giovanni Cafiero, Michele Pisante Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 2014. vol. 167. pp. 51-63. DOI:10.1016/j.fcr.2014.07.008.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 05.05.2022
Принята к публикации 20.06.2022

OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF EXACERBATION ARID CLIMATE IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

Ya. Kaipov, H. Safin

Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center
of the Russian Academy of Sciences
e-mail: akaipov@mail.ru

There are the goals - based on a generalization of literature and own research, to develop the principles of building agricultural systems in the context of the increasing aridity of the climate in the steppe zone of the Southern Urals. Field experiments were carried out in the steppe zone on ordinary chernozem. From 2011-to 2021, the influence of meadow grass rotation and biologized crop rotations with 4-5 fields of grain and leguminous crops and 2 fields of perennial grasses (alfalfa) on the density of arable and sub-arable soil horizons and the content of productive moisture over the growing season were studied. It was ascertained that perennial herbs in meadow grass rotation reduce soil density, increase water permeability and contribute to the accumulation of more productive moisture compared to fields occupied by annual crops. An increase in the accumulation of moisture in autumn-winter precipitation in the soil also occurs in biologized field crop rotations. The cultivation of alfalfa and the leaving of straw in the field after harvesting are the factor that improves the water regime in these crop rotations. Thus, the basic principles of farming systems optimization in the context of exacerbation of climate aridity the in the steppe zone of the Southern Urals include the development of biologized feed and field crop rotations, in which the water regime improvement is achieved by the influence of perennial grasses and mulch from grain straw.

Key words: steppe zone, drought, crop rotation, water regime improvement.

References

1. Global'nyi klimat i pochvennyi pokrov Rossii: otsenka riskov i ekologo-ekonomicheskikh posledstviy degradatsii zemel'. Adaptivnye sistemy i tekhnologii ratsional'nogo prirodopol'zovaniya (sel'skoe i lesnoe khozyaistvo). Natsional'nyi doklad. Pod red. A.I. Bedritskogo. M.: Pochvennyi in-t im. V.V. Dokuchaeva, GEOS, 2018. 285 s.
2. Pavlova V.N. Analiz i otsenki vliyaniya klimaticheskikh uslovii poslednikh desyatiletii na urozhnost' zernovykh kul'tur v zemledel'cheskoi zone Rossii. Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2010. T. 23. S. 215-230.
3. Filippova A.V., Petrova G.V., Minina O.N. Biologizirovannaya sistema zemledeliya dlya sukhostepnoi zony Yuzhnogo Urala: teoriya i praktika. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. N 3(65). S. 199-201.
4. Bakirov F.G., Nesterenko Yu.M. Printsipy formirovaniya zven'ev v sistemakh zemledeliya, adaptirovannykh dlya stepnoi zony Orenburzh'ya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. N 4(66). S. 35-38.
5. Filippova A.V., Kanakova A.A., Minina O.N. Biologizirovannye priemy vospolneniya azotnogo fonda chernozemov yuzhnykh v usloviyakh defitsita vlagi. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. N 1(57). S. 154-157.
6. Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S., Romanov V.N. Vliyanie obrabotki pochvy na agrofizicheskoe sostoyanie chernozema i produktivnost' yarovoi pshenitsy. Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2018. T. 48. N 1. S. 44-50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
7. Abdullin M.M., Kaipov Ya.Z. Uluchshenie vodopronitsaemosti lesostepnykh i stepnykh chernozemov Yuzhnogo Urala. Zemledelie. 2011. N 1. S. 10-11.
8. Sabitov M.M. Vliyanie mnogoletnikh trav na povyshenie plodorodiya pochv i produktivnosti zernovykh kul'tur. Agrokhimicheskii vestnik. 2019. N 5. S. 50-54. DOI:10.24411/0235-2516-2019-10075.
9. Abanina O.A. Vliyanie mnogoletnikh bobovykh trav na agrofizicheskie svoistva i plodorodie pochvy v razlichnykh sevooborotakh Yugo-Vostoka TsChZ: avtoref. ... dis. kand. s.-kh. nauk. Orel, 2013. 10 s.
10. Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D., Nikitin V.V. Vliyanie sevooborotov, sposobov osnovnoi obrabotki pochv i udobrenii na agrofizicheskie svoistva pochvy. Sbornik dokladov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii GNU VNII i ZPE. Kursk, 2014. S. 306-310.
11. Kaipov Ya.Z. Sokhranenie i vosproizvodstvo plodorodiya chernozemov v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh polevogo kormoproizvodstva na Yuzhnom Urale: dis. ... d-ra s.-kh. nauk. Ufa, 2008. S. 81-83.
12. Boiko E.S., Vasil'ko V.P. Razrabotka printsiptov biologizirovannoi sistemy zemledeliya dlya polucheniya ekologicheskii bezopasnoi i organicheskoi produktsii na chernozeme vyshchelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ya. Problemy transformatsii estestvennykh landshaftov v rezul'tate antropogennoi deyatel'nosti i puti ikh resheniya: Sb. trudov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Krasnodar: KubGAU, 2021. S. 291-293.
13. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Ekologizatsiya stepnykh agrotekhnologii v usloviyakh prirodnykh i antropogennykh izmenenii okruzhayushchei sredy. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2019. № 3. S. 5-9. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-3-005-011.
14. Polyakov D.G., Bakirov F.G. Organicheskaya mul'cha i No-till v zemledelii: obzor zarubezhnogo opyta. Zemledelie. 2020. N 1. S. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
15. Yilong Huang, Liding Chen, Bojie Fu, Zhilin Huang, Jie Gong. The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects. Agricultural Water Management. 2005. vol. 72. pp. 209-222. DOI:10.1016/j.agwat.2004.09.012.
16. Karakulev V.V., Bakirov F.G., Vibe V.D. Puti povysheniya vlagonakopleniya v chernozemakh obyknovennykh stepnoi zony Yuzhnogo Urala. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2006. N 10-1. S. 104-105.

17. Fabio Stagnari, Angelica Galieni, Stefano Specia, Giovanni Cafiero, Michele Pisante Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment. Field Crops Research. 2014. vol. 167. pp. 51-63. DOI:10.1016/j.fcr.2014.07.008.

Сведения об авторах:

Яхия Зайнуллович Каипов

Д.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского хозяйства
Уфимского федерального научного центра РАН
ORCID iD 0000-0001-8612-2583

Yakhia Kaipov

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Bashkir Research
Institute of Agriculture, Ufa Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Халиль Масгутович Сафин

Д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, Башкирский НИИ сельского
хозяйства Уфимского федерального научного центра РАН
ORCID iD 0000-0001-8337-4371

Khalil Safin

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Bashkir Research Institute of
Agriculture, Ufa Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Каипов Я.З., Сафин Х.М. Оптимизация систем земледелия в условиях повышения засушливости климата в степной зоне Южного Урала // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 72-80. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-2-72-80.