

АГРОНОМИЯ

Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 4–7
Agrarian Scientific Journal. 2021;(10):4–7

АГРОНОМИЯ

Научная статья
УДК 633.1:631.582:(470.44/.47)
doi:10.28983/asj.y2021i10pp4-8

Экологизация технологии производства зерна в севооборотах засушливой степи Нижнего Поволжья

Закиулла Мтыллович Азизов, Владимир Викторович Архипов, Ильдар Гарифуллович Имашев
ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия, raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. Дан анализ влияния видов и полноты севооборотов на экологизацию производства зерна. Наиболее экологически чистым севооборотом является 2-польный зернопаровой: пар чистый – озимая пшеница. Его продуктивность и эффективность незначительно уступают севооборотам, где помимо озимой пшеницы присутствуют яровые ранние и поздние зерновые культуры. Выявлена роль черного пара как приема сохранения влаги, накопления элементов питания, очищения почвы от сорняков, возбудителей болезней и вредителей. Установлено, что преимущество парового предшественника в повышении продуктивности и технологических свойств зерна озимой пшеницы в разных видах севооборотов обусловлено оптимизацией элементов почвенного плодородия и фитосанитарным состоянием агрофитоценоза. Уменьшение длины ротации зернопаровых севооборотов до двух–трех полей позволяет существенно снизить засоренность посевов и отказаться от применения гербицидов. Увеличение удельного веса черного пара в севооборотах до 25 % позволяет повысить его эффективность в очищении полей от сорняков первых двух полей, сократив объем применения гербицидов на 75 %. Благодаря двух-, трехпольным зернопаровым севооборотам возможно получать продукцию без использования минеральных удобрений, химических средств защиты растений, особенно против сорных растений, улучшив тем самым экологическую обстановку окружающей среды.

Ключевые слова: зернопаровой севооборот, чернозем южный, экология, условия роста и развития, урожайность.

Для цитирования: Азизов З. М., Архипов В. В., Имашев И. Г. Экологизация технологии производства зерна в севооборотах засушливой степи Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 4–7. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp4-8>.

AGRONOMY

Original article

Ecologization of grain production technology in crop rotations of the droughty steppe of the Lower Volga region

Zakiulla M. Azizov, Vladimir V. Arkhipov, Ildar G. Imashev
Federal Agricultural Research Center for South-East Region, Saratov, Russia, raiser_saratov@mail.ru

Abstract. The analysis of the influence of species and the fullness of crop rotations on the ecologization of grain production is given. The most ecologically clean crop rotation is a 2-field grain-fallow: a fallow of black winter wheat. Its productivity and efficiency are slightly inferior to crop rotations, where, in addition to winter wheat, there are spring early and late grain crops. The role of black fallow as a method of preserving moisture, accumulating nutrients, and cleaning the soil from weeds, pathogens, and pests is revealed. The role of black fallow as a method of preserving moisture, accumulating food elements, cleansing the soil from weeds, pathogens diseases and vermins is revealed. It has been established that the advantage of the fallow predecessor in increasing the productivity and technological properties of winter wheat grain in different types of crop rotations is due to the optimization of the elements of soil fertility and the phytosanitary state of agrophytocenosis. Reducing the length of rotation of grain-fallow crop rotations to two or three fields can significantly reduce weediness of crops and abandon the use of herbicides. An increase in the specific gravity weight of black fallow in crop rotations up to 25% makes it possible to increase its efficiency in clearing fields from weeds of the first two fields, reducing the volume of herbicide application by 75%. Thanks to 2, 3-field grain-fallow crop rotations, it is possible to obtain products without the use of mineral fertilizers, chemical plant protection agents, especially against weeds, thereby improving the ecological situation of the environment.

Keywords: grain-fallow crop rotation, southern chernozem, ecology, conditions for growth and development, yield.

For citation: Azizov Z. M., Arkhipov V. V., Imashev I. G. Ecologization of grain production technology in crop rotations of the droughty steppe of the Lower Volga region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(10):4–7 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i10pp4-8>.

Введение. В условиях засушливой черноземной степи Нижнего Поволжья с учетом неравномерности выпадения осадков в период вегетации и всего сельскохозяйственного года для получения экологически чистой продукции актуален вопрос сохранения чистоты посевов от сорняков, вредителей и болезней, обеспеченности культур питательными веществами, особенно азотом, через применение определенных видов севооборотов и традиционной технологии возделывания озимой, яровой пшениц и просо, связанной со вспашкой и культивацией при уходе за паром и предпосевной обработке почвы. Использование черного пара под посев озимой пшеницы с элементами традиционной технологии позволяет сохранять засоренность посевов, особенно многолетними корнеотпрысковыми сорняками, ниже ЭПВ [1, 2]. В условиях Кулундинской степи Алтайского края наименьшую в опыте массу сорняков в посевах первой и второй пшеницы после пара как с применением гербицидов и аммиачной селитры, так и без них отмечали на фоне вспашки [3]. Как показывают многолетние стационарные исследования в различных подзонах Западной Сибири, сокращение чистых паров, переход на беспаровые севообороты в лесостепной зоне, освоение мульчирующих обработок почвы и их минимизация возможны только при применении минеральных удобрений и гербицидов [4, 5]. Наблюдения и исследования в длительных стационарных опытах ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» показали, что уменьшить эрозионные процессы возможно путем использования полосного размещения парового поля и культур [6–8].

Цель исследований – выявить возможности повышения эффективности производства экологически чистого зерна путем использования севооборотов с различным удельным весом парового поля и набором культур в условиях черноземной степи Нижнего Поволжья.





Методика исследований. Наблюдения и исследования вели в стационарных условиях полевого опыта, заложенного на экспериментальных полях ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».

Для сравнительного анализа производства получаемой продукции в различных видах зернопаровых севооборотов проводили расчет выхода зерна на единицу площади пашни. Анализировали следующие виды зернопаровых севооборотов с различным удельным весом парового поля и культур: 2-польный (пар черный – озимая пшеница); 3-польный (пар черный – озимая пшеница – яровая твердая пшеница); 4-польный (пар черный – озимая пшеница – просо – яровая мягкая пшеница); 7-польный (пар черный – озимая пшеница – яровая твердая пшеница – просо – яровая мягкая пшеница – яровая мягкая пшеница, яровая мягкая пшеница).

Изучали севообороты с различным удельным весом парового поля и культур в стационарных опытах с полными ротациями, развернутыми во времени и пространстве на всех полях, чтобы ежегодно получать урожайные данные по всем культурам и вести сопутствующие наблюдения.

Площадь делянок – 360 м², учетная площадь – 100 м². Учет урожайности осуществляли комбайном «Сампо 500» и «Сампо Ростов 2010» с оставлением измельченной соломы на поле. Делянки в пространстве размещали систематически и повторяли трехкратно, располагая в два ряда (яруса). Технология возделывания полевых культур и парового поля, связанная со вспашкой и культивацией при уходе за паром и предпосевной обработкой почвы, была общепринятая для засушливой черноземной степи микрозоны.

По данным метеостанции, расположенной на территории ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», с 1981 г. по настоящее время среднегодовая температура воздуха увеличилась по сравнению с климатической нормой на 1,5–1,7 °C. Погодные условия в 1991–2020 гг. проведения наблюдений и исследований в полной мере охватывали данные изменчивости климата региона, его разнообразия. К влажным годам с ГТК за май–июль > 0,9 отнесены 8 лет: 1993, 1994, 1997, 2000, 2003, 2008, 2013 и 2017, к средним с ГТК 0,6–0,8 – 13 лет: 1992, 1996, 1999, 2001, 2004–2007, 2009, 2014–2016, 2018–2020, к сухим с ГТК < 0,5–7 лет: 1991, 1995, 1998, 2002, 2010–2012.

Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 4,5 %.

Дисперсионный анализ урожайных данных проводили по Б.А. Доспехову [9].

Результаты исследований. Наибольший удельный вес в структуре посевных площадей из зерновых культур в Саратовской области занимают озимые, в основном озимая пшеница, высеваемая в основном по чистому пару, обеспечивающему до ухода в зиму получение всходов, их рост и развитие.

В среднем за последние 20 лет (2001–2020 гг.) после уборки яровой мягкой пшеницы как предшествующей культуры запасы влаги в 1,5-метровом слое почвы составили 101,1 мм, перед уходом в зиму – 128,7 мм, весной – 202,2 мм. В течение парования, несмотря на непроизводительные потери влаги из слоя почвы 0–150 см в количестве 23,8 и 187 мм атмосферных осадков, черный пар сохраняет часть весенних их запасов к посеву озимых (178,4 мм), являясь единственным предшественником, который обеспечивает получение полноценных всходов, а также накопление почвенной влаги в осенний период при уходе в зиму (198,3 мм), весеннем возобновлении вегетации (192,7 мм) и дальнейшем росте и развитии озимых культур в различные по увлажнению годы. Гидрологическая роль черного пара проявляется до уборки озимых, когда запасы продуктивной влаги достигают 83,0 мм, в дальнейшей ротации севооборотов она не прослеживается. Динамика запасов продуктивной влаги в черном пару между изучаемыми зернопаровыми севооборотами практически одинаковая.

Степень засоренности полей существенно изменяется в зависимости от продолжительности ротации севооборотов, предшественников, рациональной и качественной обработки почвы под культуру и в черном пару. С сокращением длины ротации и ускорением возвращения черного пара на поле возрастает его роль в очищении почвы от многолетних корнеотприсковых сорняков (латука молокана татарского, бодяка полевого – осота розового, осота полевого желтого, выонка полевого) не только озимой пшеницы, но и последующих культур севооборота. Так, в среднем за 6 лет (2005–2010 гг.) в фазу кущения озимой пшеницы в 2-польном зернопаровом севообороте насчитывалось сорняков 11,0 шт./м², в том числе многолетних корнеотприсковых 1,6 (ЭПВ 3,0 шт./м²), в 7-польном – 15,4 и 2,5 шт./м² соответственно. В 7-польном зернопаровом севообороте число всех сорняков в посевах яровой твердой пшеницы, высеваемой после озимой, составляло 49,3 шт./м², многолетних корнеотприсковых 7,7 шт./м², в 3-польном – 34,3 и 1,9 шт./м² соответственно, в посевах проса в 4-польном – 39,3 и 2,5 шт./м², яровой мягкой пшеницы после проса – 24,6 и 3,3 шт./м², 7-польном под просом (4-м полем) – 52,1 и 6,0 шт./м², яровой мягкой пшеницы после проса (5-м полем) – 76,7 и 10,2 шт./м². Согласно вышеизложенному, черный пар в севообороте с длиной ротацией не уничтожает многолетние корнеотприсковые сорняки при корнеотприсково-малолетнем типе засоренности полей в посевах второй после него культуры, где число сорняков в большинстве лет превышало экономический порог вредоносности, создает необходимость в проведении химической прополки. Поэтому в 7-польном зернопаровом севообороте в фазу кущения яровой твердой пшеницы проводили обработку посевов гербицидом типа 2-4Д в рекомендованных дозах. По предшественнику озимой пшеницы по черному пару посевы просо в 4-польном и яровой пшеницы в 3-польном зернопаровых севооборотах, где число сорняков в большинстве лет не превышало экономический порог вредоносности, гербицидами не обрабатывались.

В севооборотах с короткой ротацией, специализированных на получении зерна, возникает вероятность накопления в почве различных патогенов. Между изучаемыми севооборотами с короткой ротацией не наблюдали значительных различий в степени заболевания пшеницы корневой гнилью. Так, в почве в 3-польном зернопаровом севообороте под яровой твердой пшеницей численность конидий возбудителя корневой гнили колебалась от 16,1 до 31,1 шт. (в среднем за 7 лет – 19,7 шт.) на 1 г почвы, в 4-польном под яровой мягкой пшеницей после проса – от 6,4 до 17,2 спор (в среднем 12,8 шт.) на 1 г почвы (ЭПВ 15–20 конидий в 1 г воздушно-сухой почвы). В 7-польном зернопаровом севообороте под яровой мягкой пшеницей после проса конидий составило от 11,0 до 29,5 спор (в среднем 21,9 шт.) на 1 г почвы, после яровой мягкой пшеницы – от 15,3 до 41,3 спор (в среднем 30,7 шт.) на 1 г почвы.

Видовой состав фитофагов в специализированных зерновых севооборотах в годы исследований был представлен 16 видами вредителей, из них доминировали вредная черепашка, пшеничный трипс, злаковые тли, хлебные жуки, пьявица, полосатые блохи, скрытостеблевые, проволочники, овсяная нематода и др. Из многоядных вредителей зарегистрированы луговой мотылек и впервые озимая совка. Вспышек массовых размножений не было. Численность большинства фитофагов, кроме пшеничных трипсов, личинок вредной черепашки и хлебных жуков в отдельные годы находилась ниже ЭПВ. Севообороты оказывали неизменное благотворное влияние на снижение численности фитофагов как внутри почвенного, так и внутри растительного яруса, за исключением отдельных лет: вредная черепашка (2000 г.), пшеничный трипс (2011 г.), вредная черепашка, хлебная блошка, жук-кузька, итальянский прус (2012 г.), жук-кузька (2013 г.), когда наблюдались вспышки распространения выше порога вредоносности того или иного вредителя или вредителей.

Способность почв накапливать азот нитратов в благоприятных условиях характеризует общее их плодородие и возможность обеспечивать растения доступной азотной пищей. По уровню обеспеченности сельскохозяйственных культур нитратным азотом, а также подвижным фосфором и обменным калием изучаемые севообороты практически равнозначны. Увеличение частоты парования не сказалось на содержании нитратного азота ($N\text{-NO}_3$) в пахотном слое паровых полей весной и к посеву озимых. Так, в среднем за 1991–1995 гг. содержание нитратного азота на черном пару в посев озимых в 2- и 7-польном зернопаровом севооборотах составило 16,7 и 17,5 мг/кг соответственно, в заключительных полях в почве весной под яровой пшеницей 7,1 и 7,7 мг/кг.

В среднем за 30 лет (1991–2020 гг.) наибольший выход зерна отмечали в 4-польном зернопаровом севообороте в большинство лет наблюдений (табл. 1). Близок к данному севообороту 7-польный зернопаровой, в котором также

Таблица 1

Годы	Зернопаровой севооборот			
	2-польный	3-польный	4-польный	7-польный
Влажные. Среднее за 8 лет (1993, 1994, 1997, 2000, 2003, 2008, 2013, 2017 гг.)*	1,75	1,78	2,16	2,22
P (ошибка опыта) = 5,78 %, F = 4,74*, HCP_{05} = 0,34				
Средние. Среднее за 15 лет (1992, 1996, 1999, 2001, 2004–2007, 2009, 2014–2016, 2018–2020 гг.)	1,35	1,22	1,57	1,45
P (ошибка опыта) = 4,85 %, F = 3,89*, HCP_{05} = 0,20				
Сухие. Среднее за 7 лет (1991, 1995, 1998, 2002, 2010–2012 гг.)*	1,01	0,89	0,94	0,95
P (ошибка опыта) = 9,84 %, $F_{\phi} < F_T$				
Среднее за 30 лет (1991–2020 гг.)	1,38	1,29	1,58	1,54
P (ошибка опыта) = 5,75 %, F = 4,01*, HCP_{05} = 0,21				

* Данные взяты из [7].

нию (в среднем за 15 лет) годы существенная разница по выходу зерна с 1 га пашни отмечена между 4-, 7-польным и 3-польным зернопаровыми севооборотами. В сухие годы существенной разницы по выходу зерна с 1 га пашни между зернопаровыми севооборотами не отмечено. Как видно из табл. 1, в сухие годы различия по выходу зерна с 1 га пашни между видами севооборотов менее резко выражены, чем в средние и во влажные.

В зерне озимой пшеницы независимо от длины ротации севооборотов содержание клейковины в муке было практически одинаковым. Так, в среднем за 9 лет (2012–2020 гг.) содержание клейковины в муке в 2-польном зернопаровом севообороте составило 25,9 %, 3-польном – 25,9 %, 4-польном – 26,0 %, 7-польном – 26,2 %. По другим показателям, как объем хлеба (798 см³), ИДК-1 (89 ед. прибора), пористость мякиша (4,8 балла) зерно озимой пшеницы, полученное с 2-польного зернопарового севооборота не уступало 7-польному – соответственно 797 см³; 86 ед. прибора; 4,8 балла. Аналогичная закономерность по данным показателям отмечена в зерне яровой твердой и мягкой пшеницы.

От полности севооборотов зависит энергетическая и экономическая эффективность. При меньшем количестве полей в севообороте ниже стоимостные затраты, затраты труда, топлива и энергии на 1 га севооборотной площади. Как видно из табл. 2, по затратам и выходу зерна наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности наблюдается в 2-польном зернопаровом севообороте (4,75), далее по убывающей: 4-польном (4,41), 7-польном (3,74) и 3-польном (3,61). Затраты энергии, топлива и труда на 1 т зерна с пашни наиболее низкие в 2-польном и 4-польном севооборотах.

Таблица 2

Затраты труда и энергии на 1 га севооборотной площади

Зернопаровой севооборот	Затраты труда, топлива и энергии на 1 га севооборотной площади						Затраты труда, топлива и энергии на 1 т зерна в севооборотах		
	Выход зерна с 1 га пашни	Затраты труда, чел.-ч	Затраты топлива, л, кВт·ч	Затраты энергии, МДж	Выход энергии, МДж	Биоэнергетический коэффициент	Затраты труда, чел.-ч	Затраты топлива, л, кВт·ч	Затраты энергии, МДж
2-польный	1,38	2,96	37,30	5559	26399	4,75	2,14	27,03	4028
3-польный	1,29	3,40	42,57	6860	24794	3,61	2,64	33,00	5318
4-польный	1,58	3,70	48,38	6941	30620	4,41	2,34	30,62	4393
7-польный	1,55	3,94	50,50	8021	30031	3,74	2,54	32,58	5175

Установлено, что 2-польный зернопаровой севооборот по отношению к 3-, 4- и 7-польному наиболее экономически эффективен (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность возделывания культур в зависимости от вида севооборота (1991–2020 гг.)

Показатель	Зернопаровой севооборот			
	2-польный	3-польный	4-польный	7-польный
Выход зерна с 1 га пашни, т	1,38	1,29	1,58	1,55
Стоимость валовой продукции с 1 га пашни, руб.	16698,00	15609,00	17893,25	18593,13
Производственные затраты на 1 га пашни, руб.	8009,25	10843,50	12061,87	13969,06
Себестоимость 1 т зерна, руб.	5803,80	8405,81	7634,09	9012,30
Условно чистый доход с 1 га пашни, руб.	8688,75	4765,50	5831,38	4624,07
Уровень рентабельности производства, %	108,5	43,9	48,3	33,1

Заключение. Таким образом, исследованиями установлено, что уменьшение длины ротации зернопаровых севооборотов до двух–трех полей с черным паром и традиционной технологией возделывания культур позволяет существенно снизить засоренность посевов и отказаться от применения гербицидов.

В условиях интенсивного классического земледелия севообороты выполняют фитосанитарную роль в отношении почвенных фитопатогенов, способствуя отказу использования фунгицидов. Между изучаемыми севооборотами, как с короткой, так и с длинной ротацией, не наблюдается значительных различий в степени заболевания пшеницы корневой гнилью. Севообороты с различной длиной ротации оказывали неизменное благотворное влияние на снижение численности фитофагов как внутри почвенного, так и внутри растительного яруса, что впоследствии позволило отказаться от применения инсектицидов, за исключением отдельных лет, когда наблюдались вспышки распространения выше порога вредоносности того или иного вредителя или болезни.

По уровню обеспеченности растений элементами питания (подвижным фосфором и обменным калием) изучаемые севообороты практически равнозначны. Введение в структуру севооборотов парового поля повышает уровень обеспеченности растений нитратным азотом, что в свою очередь оказывается на содержании элементов питания в растениях и технологических и хлебопекарных качествах зерна.

По биоэнергетическому коэффициенту, расчетам затрат труда, топлива и энергии на 1 т зерна с пашни, производственным затратам на 1 га пашни, себестоимости производства 1 т зерна, условно чистому доходу с 1 га пашни, уровню рентабельности лидирующее место занимает 2-польный зернопаровой севооборот, за ним следуют 4-, 3- и 7-польный севообороты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов С. И., Бородычев В. В., Плескачев Ю. Н., Басакин М. П., Шиянов К. В. Влияние способов обработки почвы на засоренность и продуктивность озимой пшеницы // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 3–7.
2. Шинкаренко А. С., Кубарева С. В., Стрижков Н. И., Силкин А. П. Применение новых гербицидов в севообороте // Результаты научных исследований по селекции, семеноводству и технологии возделывания полевых культур за 1991–1995 гг. Саратов, 1996. С. 210–214.
3. Пургин Д. В., Усенко В. И., Кравченко В. И., Гаркуша А. А., Усенко С. В., Олешко В. П. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации // Земледелие. 2019. № 8. С. 8–14.
4. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. 2018. № 3. С. 3–8.
5. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139.
6. Азизов З. М. Значимость распределения влаги при полосном размещении сельхозугодий на земельной территории // Успехи современного естествознания. 2019. № 8. С. 13–21.
7. Азизов З. М., Архипов В. В., Имашев И. Г. Устойчивость производства зерна в севооборотах степи Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 4–9.
8. Дудкин В. М., Дудкин И. В. Экологическая роль севооборота в современных системах земледелия. Иваново, 2015. С. 195–199.
9. Доспехов Б. А. Методики полевого опыта. 4-е изд., перераб. и доп. М., 1979. 416 с.

REFERENCES

1. Voronov S. I., Borodychev V. V., Pleskachev Yu. N., Basakin M. P., Shiyanyov K. V. Influence of tillage methods on weediness and productivity of winter wheat. Agrarian Russia. 2020; 9: 3–7.
2. Shinkarenko A. S., Kubareva S. V., Strizhkov N. I., Silkin A. P. Application of new herbicides in crop rotation. Results of scientific research on selection, seed production and technology of cultivation of field crops for 1991–1995. Saratov, 1996: 210–214.
3. Purgin D. V., Usenko V. I., Kravchenko V. I., Garkusha A. A., Usenko S. V., Oleshko V. P. Formation of weediness of crops in grain-fallow crop rotation depending on the method of tillage and application of means of chemicalization. Agriculture. 2019; 8: 8–14.
4. Kiryushin V. I. Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia. Agriculture. 2018; 3: 3–8.
5. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems. Pedology. 2019; 9: 1130–1139.
6. Azizov Z. M. The significance of the distribution of moisture in the strip placement of farmland on the land area. Successes of modern natural science. 2019; 8: 13–21.
7. Azizov Z. M., Arkhipov V. V., Imashov I. G. Stability of grain production in crop rotations of the steppe of the Lower Volga region. Agrarian scientific journal. 2020; 4–9.
8. Dudkin V. M., Dudkin I. V. Ecological role of crop rotation in modern farming systems. Ivanovo, 2015: 195–199.
9. Dospekhov B. A. Techniques of field experiment. 4th ed. Moscow, 1979. 416 c.

Статья поступила в редакцию 17.03.2021; одобрена после рецензирования 13.05.2021; принята к публикации 15.05.2021.
The article was submitted 17.03.2021; approved after reviewing 13.05.2021; accepted for publication 15.05.2021.

