
Научная статья/Research Article

УДК 631.581(470.56)

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-82-92

Скороходов Виталий Юрьевич

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия
skorohodov.vitali1975@mail.ru

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАРОЗАНИМАЮЩИХ КУЛЬТУР И РОЛЬ ПАРОВ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

Цель исследования – установление влияния метеофакторов, содержания в почве продуктивной влаги и макроэлементов на продуктивность парозанимающих культур в системе шестипольных севооборотов на двух агрофонах в условиях степной зоны Южного Урала. Многолетние исследования проводились с 1993 по 2022 г. в Оренбургской области. Координаты расположения стационарного опыта участка: 51.775125° с.ш. и 55.306547° в.д. В качестве парозанимающих культур использовались суданская трава летнего срока сева, горох с овсом. Объекты исследования (суданская трава и горохоовсяная смесь) возделывались на двух агрофонах: удобренном $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без применения минеральных удобрений. Содержание макроэлементов в почве определялось ионометрическим методом по Тюрину ($N-NO_3$), по Мачигину (подвижный фосфор), по Масловой (обменный калий). Зеленая масса парозанимающих культур учитывалась путем срезания с площадок 1 м². Рассмотрено значение показателей температуры воздуха и выпавших осадков в целом за 30-летний период исследований (в различные по увлажнению годы) и в очень засушливые годы (ГТК по Селянинову < 0,4 единиц). В результате исследований установлено, что вегетационный период очень засушливых лет был теплее на $6,4 \pm 8,7$ % при средней температуре воздуха $20,4 \pm 1,7$ °С. В весенний период содержание продуктивной влаги в вариантах паровых полей составило в слое 0–30 – 44,7–46,4 мм, в метровом – 145,0–152,8 мм, в полуметровом – 213,0–225,9 мм. В занятом почвозащитном пару к осени отмечается увеличение нитратного азота (в среднем за 1993–2022 гг.) по неудобренному фону на 65,7 % (+4,4 мг), по удобренному на 24,1 % (+2,1 мг). В сидеральном пару отмечается небольшое (+0,7 мг) увеличение содержания $N-NO_3$ к осени и составило 10,1 %. Средняя урожайность зеленой массы суданской травы за годы исследований составила на удобренном фоне 15,15, на неудобренном 13,85 т/га. В нашем опыте выявлена высокая ($r = 0,76$) взаимосвязь урожайности зеленой массы суданской травы на двух фонах почвенного питания с содержанием продуктивной влаги полуметрового слоя почвы в сопряжении с суммой выпавших осадков двух летних месяцев (июль и август).

Ключевые слова: пар почвозащитный, засушливые годы, сидеральный пар, севооборот, урожайность, продуктивная влага, макроэлементы, удобрение

Для цитирования: Скороходов В.Ю. Продуктивность парозанимающих культур и роль паров в засушливых условиях степной зоны Южного Урала // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 82–92. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-82-92.

Благодарности: исследование выполнено в соответствии с планом НИР на 2022–2024 гг. ФГБНУ «ФНЦБСТРАН» № FNWZ-2022-0014.

Skorokhodov Vitaly Yurievich

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
skorohodov.vitali1975@mail.ru

FALLOW CROPS PRODUCTIVITY AND THE ROLE OF FALLOW UNDER DRID CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS STEPPE ZONE

The purpose of the study is to establish the influence of meteorological factors, the content of productive moisture and macroelements in the soil on the productivity of fallow crops in a system of six-field crop rotations on two agricultural backgrounds in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Long-term studies were carried out from 1993 to 2022 in the Orenburg Region. Location coordinates of the stationary experiment site are: 51.775125 latitude and 55.306547° v.d. Sudanese grass of summer sowing, peas and oats were used as fallow crops. The objects of study (Sudan grass and pea-oat mixture) were cultivated on two agricultural backgrounds: fertilized with $N_{40}P_{80}K_{40}$ and without the use of mineral fertilizers. The content of macroelements in the soil was determined by the ionometric method according to Tyurin (N- NO_3), according to Machigin (mobile phosphorus), according to Maslova (exchangeable potassium). The green mass of fallow crops was taken into account by cutting 1 m² from the plots. The value of indicators of air temperature and precipitation as a whole for the 30-year period of research (in years of different humidification) and in very dry years (HTC according to Selyaninov < 0.4 units) is considered. As a result of research, it was established that the growing season of very dry years was warmer by 6.4 ± 8.7 % with an average air temperature of 20.4 ± 1.7 °C. In the spring, the content of productive moisture in the fallow field variants was 44.7–46.4 mm in the 0–30 layer, 145.0–152.8 mm in the meter layer, and 213.0–225.9 mm in the one-and-a-half-meter layer. In the occupied soil-protective fallow, by autumn there is an increase in nitrate nitrogen (on average for 1993–2022) on an unfertilized background by 65.7 % (+4.4 mg), on a fertilized background by 24.1 % (+2.1 mg). In the green manure fallow, there is a slight (+0.7 mg) increase in the N- NO_3 content by autumn and amounted to 10.1 %. The average yield of green mass of Sudanese grass over the years of research was 15.15 t/ha on a fertilized background, and 13.85 t/ha on an unfertilized background. Our experience revealed a high ($r = 0.76$) relationship between the yield of green mass of Sudanese grass on two backgrounds of soil nutrition with the productive moisture content of a one-and-a-half-meter layer of soil in conjunction with the amount of precipitation in two summer months (July and August).

Keywords: soil-protective fallow, dry years, green manure fallow, crop rotation, productivity, productive moisture, macroelements, fertilizer

For citation: Skorokhodov V.Yu. Fallow crops productivity and the role of fallow under drid conditions of the Southern Urals steppe zone // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 82–92. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-82-92.

Введение. Земледелие Оренбургской области ведется в неблагоприятных по влагообеспеченности условиях. Основой агротехнических мероприятий в зоне недостаточного увлажнения является предупреждение влияния раннелетней и летней засухи с осуществлением мер рационального использования влаги. Наибольшее пополнение почвенных влагозапасов происходит в осенние месяцы при минимальном испарении. Осадки летних месяцев в основном увлажняют поверхностный слой почвы.

Паровое поле имеет особое значение в регулировании водного режима почвы. Нашими исследованиями подтверждается мнение о влагонакопительной роли чистых паров за счет осенне-зимних осадков первого года и о непродуктивных расходах на сток весной и физическое испарение летом второго года [1, 2]. Вовлечение в севооборот занятых паров с летним сро-

ком сева повышает проективное покрытие почвы, что является важным почвозащитным мероприятием, дающим возможность продуктивного использования летних осадков и получения значительного количества зеленой продукции как источника корма в животноводстве и органического вещества для почвы. В занятых парах осадки летнего периода продуктивно используются на формирование биомассы парозанимающих культур [3, 4].

Влажность почвы в занятых и сидеральных парах складывается иначе, чем в чистых. Парозанимающие культуры на формирование своей урожайности используют влагу выпадающих осадков и накопленную почвой. Содержание почвенной влаги в занятых парах во многом определяется сроком уборки парозанимающих культур [5–7].

Изучение динамики нитратов в черных парах указывает на увеличение их содержания за период весенне-летнего парования и достижение максимума к посеву озимых культур. Многолетними наблюдениями В.А. Корчагина [8] установлено увеличение количества нитратов в черных парах за период их парования (май-август) с 34,8–39,2 до 76,3–92,6 мг на 1 кг почв. В то же время содержание нитратов на занятых парах в начале вегетации парозанимающих культур составляло 22,6–28,0 мг, а перед их уборкой, в силу потребления в течение вегетации, приводит к снижению до 15,3–12,9 мг на 1 кг [9, 10].

Цель исследования – установить влияние метеофакторов, содержания в почве продуктивной влаги и макроэлементов на продуктивность парозанимающих культур в системе шестипольных севооборотов в засушливых условиях степной зоны Южного Урала.

Задачи: определить влияние запаса продуктивной почвенной влаги на урожайность парозанимающих культур в различные и очень засушливые годы; установить влияние фона поч-

венного питания на урожайность парозанимающих культур в очень засушливые годы.

Объекты и методы. Исследования проводились длительное время (с 1993 по 2022 г.) в богарных условиях, в опытах с шестипольными севооборотами на стационарном участке отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН». Стационарный участок расположен на территории Оренбургского административного района (координаты: 51.775125° с. ш. и 55.306547° в. д.). Почва участка: чернозем южный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием в слое 0–30 см: гумуса – 3,2–4,0 %; общего азота – 0,20–0,31 %; общего фосфора – 0,14–0,22 %; обменного калия – 300–380 мг/кг почвы; рН = 7,0–8,1.

Схема эксперимента имеет вид: 2А × 3В, где А – минеральное удобрение (N₄₀P₈₀K₄₀) и В – вариант севооборотов с различными видами паров.

Схема полевого опыта с различными видами паров в шестипольных севооборотах

Вариант опыта	Номер поля, севооборота					
	1	2	3	4	5	6
I	Пар черный кулисный (контроль)	Яровая пшеница твердая	Яровая пшеница мягкая	Просо	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
II	Пар почвозащитный (занятый летним посевом суданской травы)	Яровая пшеница твердая	Яровая пшеница мягкая	Просо	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
III	Пар сидеральный (занятый горохово-овсяной смесью)	Яровая пшеница твердая	Яровая пшеница мягкая	Просо	Яровая пшеница мягкая	Ячмень

Объектами исследования являются различные виды пара в системе шестипольных севооборотов, на двух почвенных разностях (удобренном и неудобренном фоне). Севообороты расположены в четырех повторениях, заложенных по методике Б.А. Доспехова. Ширина деланки под паром составляет 14,4 м, длина 90 м (из них 30 м – удобренный фон, 60 м – неудобренный). Площадь паровых деланок в севообороте на удобренном фоне 432 м², на неудобренном 864 м².

Для определения количественного содержания нитратного азота в почве отбирались образцы слоя 0–30 по двум фонам почвенного питания. Почвенные образцы отбирались пробоотборником в трех точках деланки на двух несмежных повторениях. В условиях лаборатории анализ проводили по ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом». Содержание макроэлементов в почвенных образцах определялось следующими методами: нитратный азот – ионометрическим по Тюрину, подвижный фосфор по Мачигину,

обменный калий – по Масловой. Математическая обработка полученных данных выполнена с помощью программы Statistica 12.0.

Зеленая масса парозанимающих культур учитывалась методом срезания учетной площадки размером 1 м². Учетные металлические рамки размером 1 м² накладывались в посевах парозанимающих культур по 10 штук на каждом (удобренном и неудобренном) фоне питания. Срезанная зеленая масса учитывалась путем взвешивания на площадочных весах, при этом данные вносились в журнал полевого опыта с последующим анализом. Учет суданской травы проводили в фазу выхода в трубку – цветения.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены метеорологические показатели температуры воздуха и выпавших осадков за сельскохозяйственный год и вегетационный период в

среднем за период с 1993 по 2022 г. Рассмотрено значение данных показателей в целом за 30-летний период исследований (в разные по увлажнению годы) и в очень засушливые годы (ГТК по Селянину < 0,4 единиц). Среднесуточная температура воздуха сельскохозяйственного года за период исследований составила 5,6 °С, что превышало среднемноголетнее значение на 1,2 °С (29,7 ± 22,1 %). Вегетационный период исследуемых лет был теплее среднемноголетнего значения на 0,9 ± 1,6 °С (4,7 ± 7,8 %). В очень засушливые годы температура воздуха за сельскохозяйственный год превышена на 1,3 ± 1,1 °С (30,3 ± 24,7 %). Вегетационный период засушливых лет был теплее на 6,4 ± 8,4 % относительно среднемноголетнего значения, средняя температура воздуха составила 20,4 ± 1,7 °С.

Таблица 1

Метеорологические показатели в годы проведения исследований (среднее значение за период 1993–2022 гг. и очень засушливых лет)

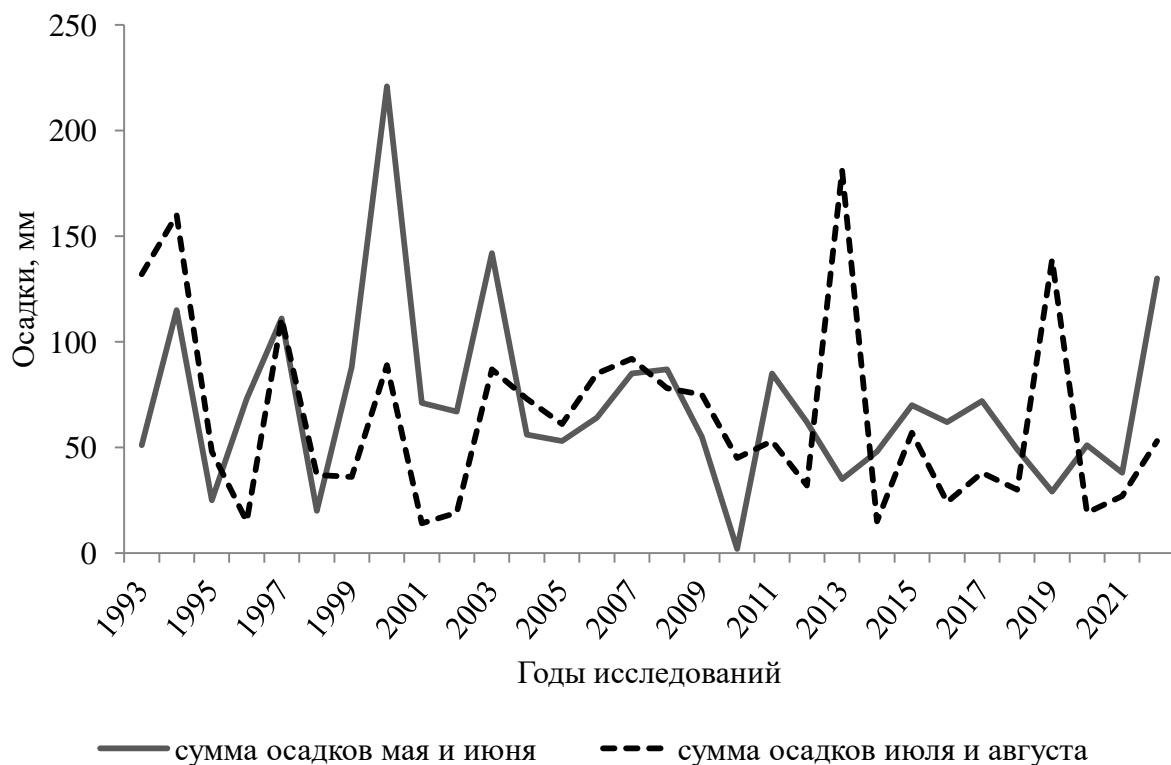
Показатель			Среднемноголетнее значение	Среднее за 1993–2022 гг., отклонение	H _{ср05}	Среднее в очень засушливые годы, отклонение	H _{ср05}
Средняя температура воздуха, °С	За сельскохозяйственный год	t	4,4	5,6±1,2	0,50	5,7±1,1	0,56
		*	–	1,2±1,2	0,50	1,3±1,1	0,56
		%	–	29,7±22,1	9,29	30,3±24,7	12,66
	За вегетационный период	t	19,1	20,0±1,6	0,67	20,4±1,7	0,89
		*	–	0,9±1,6	0,67	1,3±1,7	0,89
		%	–	4,7±7,8	3,29	6,4±8,4	4,31
Сумма осадков, мм	За сельскохозяйственный год	w	367	371±78,7	33,04	329±59,7	30,55
		*	–	3,6±78,7	33,03	–29,3±64,1	30,55
		%	–	1,0±21,5	9,01	–8,0±17,5	8,94
	За вегетационный период	w	155	135±66,6	27,97	92,0±28,5	14,56
		*	–	–19,7±66,6	27,97	–59,5±31,4	14,56
		%	–	–12,7±43,0	18,05	–40,6±18,4	9,39

Примечание: t – температура воздуха; w – выпавшие осадки; * – разница относительно среднемноголетней; % – процент разницы; очень засушливые годы – 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009–2012, 2014–2018, 2020, 2021.

В период исследований отмечаются годы с превышением климатической нормы по осадкам (367 мм) и большим недобором. Максимальное количество осадков за год выпало в 2007 г. (499 мм), минимальное – в 2018 г. (249 мм). Среднее значение суммы выпавших за год осадков за весь период исследований составило $371 \pm 78,7$ мм, что превышало норму на $1,0 \pm 21,5$ %. В очень засушливые годы данный показатель был ниже климатической нормы на $8,0 \pm 17,7$ % и составил $329 \pm 59,7$ мм. Годы исследований характеризуются большим количеством засушливых вегетационных периодов. Выпадение осадков за вегетацию сельскохозяйственных культур в среднем за все годы составило $135 \pm 66,6$ мм, что ниже нормы на $12,7 \pm 43$ %. В очень засушливые годы недобор осадков за вегетационный период составил $40,6 \pm 18,4$ %. Количество выпавших за вегетацию осадков в очень засушливые годы составило $92 \pm 28,5$ мм,

при этом снижение относительно климатической нормы (155 мм) составило $59,5 \pm 31,4$ мм.

В связи с применяемой агротехнологией в паровых полях севооборотов по количеству выпавших осадков вегетационный период представлен на рисунке по двум отрезкам времени: 1 – май, июнь; 2 – июль, август. В первую очередь это связано с выращиванием сидеральных культур в первую половину лета, суданской травы (в почвозащитном пару) – во вторую. Влагодобывающая и накопительная роль черного пара осуществляется в течение всей вегетации. За май-июнь выпало более 100 мм осадков в пяти годах из 30 лет, в т. ч. в 2000 г. – 221 мм. В июле-августе 5 лет отмечалось выпадение осадков более 100 мм. Сумма активных температур воздуха в среднем за 1993–2022 гг. превышала норму как в первую, так и во вторую половину лета, что создавало стрессовую ситуацию для роста и развития парозанимающих культур.



Количество выпавших осадков за летние месяцы по годам исследований (1993–2022 гг.)

В весенний период среднемноголетнее (с 1993 по 2022 г.) содержание продуктивной влаги в вариантах паровых полей было примерно одинаково по всем слоям почвы разных се-

вооборотов. Так, в пахотном (0–30) слое продуктивной почвенной влаги содержалось 44,7–46,4 мм; в метровом – 145,0–152,8; в полутора-метровом – 213,0–225,9 мм (табл. 2).

Среднемноголетнее содержание продуктивной почвенной влаги в паровых полях шестипольных севооборотов по слоям 0–30, 0–100, 0–150 см (1993–2022 гг.), мм

Вариант парового поля	Слой почвы, см	Весной (в период посева ранних яровых культур)		Летом (в посев суданской травы и запашку сидератов)		Осенью (в период уборки парозанимающей суданской травы)	
		Кол-во, мм	НСР ₀₅	Кол-во, мм	НСР ₀₅	Кол-во, мм	НСР ₀₅
Пар черный кулисный (контроль)	0–30	45,0±17,26	7,71	39,5±18,11	10,20	36,1±13,66	6,11
	0–100	150,7±45,25	20,24	131,1±50,54	28,46	124,8±35,11	15,71
	0–150	219,2±69,52	31,10	201,6±71,75	42,00	180,7±192,06	25,84
Пар почвозащитный (занятый летним посевом суданской травы)	0–30	46,4±12,65	5,48	41,8±29,03	13,76	16,8±32,99	6,40
	0–100	152,8±33,32	14,42	141,3±50,08	20,91	63,4±40,06	16,81
	0–150	225,9±57,27	22,62	213,1±64,31	30,41	102,7±58,77	25,04
Пар сидеральный (весенний посев горохово-овсяной смеси)	0–30	44,7±13,20	5,72	23,4±17,75	8,39	13,8±16,24	6,81
	0–100	145,0±34,67	15,00	81,1±46,25	21,81	54,8±38,61	16,20
	0–150	213,0±56,27	24,35	134,8±67,89	32,10	94,8±54,70	22,96

Отклонение от средней по годам исследований по запасам влаги в полутораметровом слое весной составило от $\pm 56,3$ до $\pm 69,5$ мм. В связи с активным потреблением почвенной влаги парозанимающей культурой первой половины лета запасы ее снижаются в метровом слое до 81 мм, в 1,5-метровом до 135 мм, при этом используются выпавшие осадки мая и июня. В то же время в черном пару и почвозащитном (до июля применяется агротехнология аналогично черным парам) отмечается значительный запас в глубинных слоях почвы (в метровом 131–141 мм). После посева суданской травы отмечается расход почвенной влаги на создание органической массы культуры. После скашивания суданской травы в фазу выметывания – цветения в метровом слое почвы сохраняется в среднем $63,4 \pm 40,06$ мм, в слое 0–150 см – соответственно $102,7 \pm 58,77$ мм продуктивной влаги. Таким образом, черные пары в условиях степной зоны Южного Урала в течение вегетационного периода полевых культур выполняют влагосохраняющую функцию, а все дополнительно выпавшие осадки летнего периода расходуются на испарение. Горох и овес в сидеральных парах активно используют продуктивные запасы влаги в почве, а также выпавшие осадки первой половины лета. Суданская трава

в почвозащитном пару использует на свой рост и развитие продуктивные почвенные влагозапасы, складывающиеся к весне и выпавшие в первую половину лета, а также активно потребляет осадки второй половины лета.

Количественное содержание макроэлементов в почве вариантов исследования изменялось в зависимости от летнего парования черных и занятых паров, пролонгированного последствия минеральных удобрений в севообороте и многих других факторов. Весной в среднем за 1993–2022 гг. количественное содержание нитратного азота на обычном удобренном фоне составило по черному пару 6,5 мг (табл. 3), по почвозащитному – 6,7, по сидеральному – 6,9 мг на 100 г почвы. При применении минеральных удобрений весеннее содержание нитратного азота в почве на удобренном фоне по черному пару составило 7,9 мг, по занятым 8,7 мг на 100 г почвы. Пролонгированное действие минеральных удобрений обеспечило превышение нитратного азота весной в черном пару на 2,4 мг, в почвозащитном на 2,0, в сидеральном на 1,8 мг/100 г почвы. К осени поле черного пара накапливает на удобренном фоне 9,0 мг нитратного азота, на удобренном 9,7 мг/г почвы, что составляет соответственно по фонам 138,5 и 122,8 %. В занятом почвоза-

щитном пару к осени отмечается увеличение нитратного азота (в среднем за 1993–2022 гг.) по удобренному фону на 65,7 % (+4,4 мг), по удобренному на 24,1 % (+2,1 мг). В сидеральном пару отмечается небольшое (+0,7 мг) увеличение содержания N – NO₃ к осени – 10,1 %. На удобренном фоне сидерального пара за летний период происходит расход нитратного азота, который в среднем за годы исследований составил 27,6 % (–2,4 мг). В очень засушливые годы весеннее содержание нитратного азота по черному пару ниже на 0,3 мг/100 г почвы по двум фонам почвенного питания. Однако к осе-

ни в острозасушливые годы накапливается больше N – NO₃, чем во влажные. Так, увеличение нитратного азота к осени острозасушливых лет составило на удобренном фоне 152,6 %, на удобренном – 166,1 %. Данное обстоятельство увеличения нитратного азота в черных парах в остро-засушливые годы достигается за счет повышенных температур воздуха и при достаточном почвенном увлажнении (запасов почвенной влаги), способствующих активизации биологических почвенных процессов и фиксации атмосферного азота.

Таблица 3

Содержание макроэлементов в почве под разными видами паров шестипольных севооборотов в среднем за 1993–2022 и очень засушливые годы

Вариант пара	Годы	Фон почвенного питания	Содержание макроэлементов, мг на 100г почвы					
			Удобренный фон			Неудобренный фон		
			N	P	K	N	P	K
Пар черный кулисный (контроль)	1993–2022	I	7,9	6,2	44,6	6,5	5,2	40,0
		II	17,6	5,6	44,9	15,5	4,6	40,7
		* **	<u>+9,7</u> 122,8	<u>-0,6</u> 9,7	<u>+0,3</u> 0,7	<u>+9,0</u> 138,5	<u>-0,6</u> 11,5	<u>+0,7</u> 1,7
	Очень засушливые	I	7,6	6,1	44,0	6,2	4,0	39,0
		II	19,2	5,5	43,7	16,5	4,5	40,2
		* **	<u>+11,6</u> 152,6	<u>-0,6</u> 9,8	<u>+0,3</u> 0,7	<u>+10,3</u> 166,1	<u>+0,5</u> 12,5	<u>+1,2</u> 3,1
Пар почвозащитный (занятый летним посевом суданской травы)	1993–2022	I	8,7	6,1	42,8	6,7	3,9	39,4
		II	10,8	5,5	42,4	11,1	4,3	39,6
		* **	<u>+2,1</u> 24,1	<u>-0,6</u> 9,8	<u>-0,4</u> 0,9	<u>+4,4</u> 65,7	<u>+0,4</u> 10,2	<u>+0,2</u> 0,5
	Очень засушливые	I	8,0	6,2	42,5	6,2	3,9	39,2
		II	14,3	5,5	42,3	13,7	4,4	39,5
		* **	<u>+6,3</u> 78,7	<u>-0,7</u> 11,3	<u>-0,2</u> 0,5	<u>+7,5</u> 121,1	<u>+0,5</u> 12,8	<u>+0,3</u> 0,8
Пар сидеральный (весенний посев горохоовсяной смеси)	1993–2022	I	8,7	5,4	41,5	6,9	3,8	38,2
		II	6,3	4,9	39,3	7,6	4,1	40,0
		* **	<u>-2,4</u> 27,6	<u>-0,5</u> 9,2	<u>-2,2</u> 5,3	<u>+0,7</u> 10,1	<u>+0,3</u> 7,9	<u>+1,8</u> 4,7
	Очень засушливые	I	9,5	5,5	42,4	6,7	4,1	39,2
		II	6,3	4,7	38,6	7,2	4,2	39,3
		* **	<u>-3,2</u> 33,7	<u>-0,8</u> 14,5	<u>-3,8</u> 9,0	<u>+0,5</u> 7,5	<u>+0,1</u> 2,4	<u>+0,1</u> 0,3

Примечание: I – весной, II – осенью; очень засушливые годы – 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009–2012, 2014–2018, 2020, 2021; * – разница; ** – процент разницы по отношению к весенним запасам.

В почвозащитном пару происходит накопление нитратного азота в первую половину лета. Во вторую половину лета нитратный азот расходуется растениями суданской травы. В очень засушливые годы в почвозащитном пару к осени сохраняется 121,1 % на удобренном и 78,7 % на удобренном фоне нитратного азота относительно весенних почвенных запасов. Сидеральные культуры в годы с сильной засушливостью активно используют нитратный азот в почве, особенно на фоне применения минеральных удобрений. Данный расход азота в варианте с сидеральным паром объясняется использованием его культурами в первой половине лета (на рост и развитие) и микроорганизмами (при разложении сидеральной массы) во второй. Расход калия в варианте черного пара за летний период отсутствует и отмечается небольшое его увеличение в очень засушливые и в целом за все годы исследований.

При применении минеральных удобрений в севообороте с черным паром содержание калия в почве увеличивается к осени на 0,7 % относительно весенних запасов. На удобренном фоне в засушливые годы содержание калия в почве варианта с черным паром увеличивается на 3,1 %. В почвозащитном пару растениями парозанимающей суданской травы в острозасушливые годы расходуется за лето до 0,5 % от весенних запасов. В сидеральных парах расход калия за вегетационный период составил на удобренном фоне 5,3 %, в острозасушливые годы 9,0 % от запасов весной. Применение минеральных удобрений в севооборотах способствует лучшему использованию их культурами, возделываемыми в качестве парозанимающих.

Средняя урожайность зеленой массы суданской травы за годы исследований на обычном удобренном фоне составила 13,85 т, при применении минеральных удобрений – 15,15 т/га (табл. 4). Прибавка урожайности с повышением удобренности агрофона увеличивается в среднем на 1,3 т/га. В очень засушливые годы отмечается снижение средней урожайности зеленой массы суданской травы на удобренном фоне. Снижение составило 1,33 т/га, что связано в первую очередь с повышением концентрации почвенного раствора при применении минеральных удобрений в засушливые годы, отрицательно влияющим на рост и развитие парозанимающей культуры суданской травы. На фоне без внесения минеральных удобрений средняя урожайность суданской травы остается на уровне полученной в среднем за все годы исследований. Таким образом, формирование вегетативной массы суданской травы на удобренном фоне достигается за счет основных продуктивных почвенных запасов влаги, как во влажные, так и особенно в очень засушливые годы. На удобренном фоне во влажные годы усиливается влияние минеральных удобрений, сопровождающееся повышением урожайности зеленой массы суданской травы. Средняя урожайность сидеральных культур (гороха с овсом) снижается в острозасушливые годы на двух фонах почвенного питания. Снижение урожайности сидеральной массы в сильнозасушливые годы (по отношению к средней за все годы исследований) составило на удобренном фоне 1,64 т, на удобренном 1,91 т/га.

Таблица 4

Урожайность зеленой массы парозанимающих культур на двух фонах питания в среднем за годы исследований и в очень засушливые, т

Исследуемый период	Урожайность, т/га			
	Суданская трава		Сидеральная масса гороха и овса	
	Удобрённый (N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀) фон	Без удобрения (контроль)	Удобрённый (N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀) фон	Без удобрения (контроль)
Средняя в очень засушливые годы	13,82±5,20	13,12±4,24	10,95±5,30	9,26±3,74
Средняя за 1993–2022 гг.	15,15±5,77	13,85±4,45	12,86±6,51	10,90±5,59
НСР ₀₅	2,54	1,86	2,77	2,38
	1,07		1,02	

Урожайность наземной органической массы парозанимающих культур формировалась за счет основных запасов почвенной продуктивной влаги и выпавших осадков. Подтверждение данного факта представлено в таблице 5.

Таблица 5

Влияние факторов на урожайность суданской травы по двум фонам питания в очень засушливые годы

Фон питания	Фактор	Показатели						Уравнение
		Beta	Ст. ош. Beta	B	Ст. ош. B	t (12)	p-уровень	
Неудобренный	Осадки июля и августа	0,483	0,186	0,113	0,043	2,590	0,0230	$Y=3,67+2,6113 \cdot X$
	Почвенная влага летом в слое 0–150 см	0,599	0,186	0,040	0,012	3,212	0,07	$Y=87,6435+8,7824 \cdot X$
	$R = 0,76, F(2,12) = 8,36, P < 0,005$							
Удобренный	Осадки июля и августа	0,537	0,186	0,153	0,053	2,894	0,013	$Y=8,6823+2,083 \cdot X$
	Почвенная влага летом в слое 0–150 см	0,556	0,186	0,046	0,015	2,994	0,011	$Y=107,1617+6,6438 \cdot X$
	$R = 0,76, F(2,12) = 8,52, P < 0,004$							

Взаимосвязь между изучаемыми факторами оценивается с помощью корреляционного анализа по шкале Чеддока (слабая – 1,0–0,3; умеренная – 0,3–0,5; заметная – 0,5–0,7; высокая – 0,7–0,9; весьма высокая (сильная) – 0,9–1,0). В нашем опыте выявлена высокая ($r = 0,76$) взаимосвязь урожайности с содержанием продуктивной влаги полутораметрового слоя почвы в сопряжении с суммой выпавших осадков двух летних месяцев (июль и август) в очень засушливые годы. При этом на неудобренном фоне $p < 0,005$, на удобренном – $p < 0,004$.

Во влажные годы данная взаимосвязь не прослеживается. Исключение составляет удобренный фон, когда урожайность суданской травы в умеренной степени зависит от выпавших осадков июля. В засушливые годы установлена высокая зависимость урожайности зеленой массы суданской травы от выпавших осадков с

июня по август и ГТК с июня по август ($r = 0,71$) по двум фонам почвенного питания.

Заключение. Парозанимающие культуры на формирование своей урожайности используют влагу выпадающих осадков и накопленную почвой, содержание которой определяется сроком их уборки. В очень засушливые годы температура воздуха за вегетационный период составляет $20,4 \pm 1,7$ °С, что на $6,4 \pm 8,4$ % теплее среднегогодового значения и приводит к формированию урожайности зеленой массы суданской травы на неудобренном фоне $13,12 \pm 4,24$ т и удобренном $13,82 \pm 5,20$ т/га. Снижение урожайности сидеральной массы в сильнозасушливые годы составило на удобренном фоне 1,64 т, на неудобренном 1,91 т/га. Исследованиями выявлена высокая ($r = 0,76$) взаимосвязь урожайности зеленой массы суданской травы на двух фонах почвенного питания с содержанием продуктивной влаги полутораметрового слоя в сопряжении

с суммой осадков июля и августа в очень засушливые годы, при $p < 0,005$ на удобренном фоне и $p < 0,004$ на удобренном. Во влажные годы данная взаимосвязь не прослеживается. В условиях засухи сельхозтоваропроизводителям рекомендуется вовлечение в севооборот занятых паров с летним сроком сева, повышающих продуктивное покрытие почвы и дающих возможность продуктивного использования летних осадков и получения значительного количества зеленой продукции как источника корма в животноводстве и органического вещества для почвы.

Список источников

1. Влияние различных видов пара на накопление продуктивной влаги в севооборотах на черноземах южных степной зоны Южного Урала / В.Ю. Кафтан [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 1 (75). С. 114–117.
2. Защита парового поля от эрозии на черноземах южных Оренбургского Предуралья / В.Ю. Кафтан [и др.] // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в степной зоне Урала: мат-лы науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию ГНУ «Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства». Оренбург, 2012. С. 144–147.
3. Скороходов В.Ю., Зоров А.А. Особенности влияния парового поля на формирование агроценоза и продуктивность яровой пшеницы в полевых севооборотах региона с неустойчивым увлажнением // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 3–8.
4. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Шишова Е.А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зеленой массы суданской травы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 39–40.
5. Агафонов В.А., Викторovich Б.Е. Агротехнические приемы возделывания суданской травы в агроценозах с пелюшкой в условиях Прибайкалья // Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 10–14.
6. Аветисян А.Т. Питательная ценность бобово-злаковых смесей в лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2015. № 12 (111). С. 123–128.
7. Уразалиев Р.В., Конопьянов К.Е. Особенности водного режима почвы на различных видах паров // Земледелие. 2001. № 5. С. 32.
8. Корчагин В.А. Оптимизация полевых севооборотов в адаптивных системах земледелия степных районов Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5 (3). С. 1065–1069.
9. Скороходов В.Ю. Накопление и использование нитратного азота различными видами пара в период их парования на черноземах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство. 2018. Т. 101, № 1. С. 204–212.
10. Агафонов В.А. Суданская трава в агроценозах – надежный источник кормов в Прибайкалье // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9. С. 38–44.

References

1. Vliyanie razlichnyh vidov para na nakoplenie produktivnoj vlagi v sevooborotah na chernozemah yuzhnyh stepnoj zony Yuzhnogo Urala / V.Yu. Kaftan [i dr.] // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2012. № 1 (75). S. 114–117.
2. Zashchita parovogo polya ot `erozii na chernozemah yuzhnyh Orenburgskogo Predural'ya / V.Yu. Kaftan [i dr.] // Povyshenie `effektivnosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v stepnoj zone Urala: mat-ly nauch.-prakt. konf., posvyasch. 75-letiyu GNU «Orenburgskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva». Orenburg, 2012. S. 144–147.
3. Skorohodov V.Yu., Zorov A.A. Osobennosti vliyaniya parovogo polya na formirovanie agrocenoza i produktivnost' yarovoj pshenicicy v polevyh sevooborotah regiona s neustojchivym uvlazhneniem // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2021. № 5. S. 3–8.
4. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Shishova E.A. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na urozhajnost' i kachestvo zelenoj massy sudanskoj travy // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 3. S. 39–40.
5. Agafonov V.A., Viktorovich B.E. Agrotehnicheckie priemy vozdel'yvaniya sudanskoj travy v agrocenozah s pelyushkoj v usloviyah Pribajkal'ya // Kormoproizvodstvo. 2021. № 2. S. 10–14.

6. *Avetisyan A.T.* Pitatel'naya cennost' bobovo-zlakovyh smesej v lesostepi // *Vestnik KrasGAU*. 2015. № 12 (111). S. 123–128.
7. *Urazaliev R.V., Konop'yanov K.E.* Osobennosti vodnogo rezhima pochvy na razlichnyh vidah parov // *Zemledelie*. 2001. № 5. S. 32.
8. *Korchagin V.A.* Optimizaciya polevyh sevooborotov v adaptivnyh sistemah zemledeliya stepnyh rajonov Srednego Povolzh'ya // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2014. T. 16, № 5 (3). S. 1065–1069.
9. *Skorokhodov V.Yu.* Nakoplenie i ispol'zovanie nitratnogo azota razlichnymi vidami para v period ih parovaniya na chernozemah yuzhnyh Orenburgskogo Predural'ya // *Zhivotnovodstvo*. 2018. T. 101, № 1. S. 204–212.
10. *Agafonov V.A.* Sudanskaya trava v agrocenozah – nadezhnyj istochnik kormov v Pribajkal'e // *Vestnik KrasGAU*. 2021. № 9. S. 38-44.

Статья принята к публикации 22.05.2023 / The article accepted for publication 22.05.2023.

Информация об авторах:

Скорородов Виталий Юрьевич, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Skorokhodov Vitaly Yurievich, leading researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences

