

Виталий Юрьевич Скороходов^{1✉}, Александр Алексеевич Зоров²,
Николай Алексеевич Максютлов³, Дмитрий Владимирович Митрофанов⁴,
Юрий Васильевич Кафтан⁵, Наталья Анатольевна Зенкова⁶

^{1,2,3,4,5,6} Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

¹ skorohodov.vitali1975@mail.ru

² zorov78@yandex.ru

³ maksyutov.n@mail.ru

⁴ dvm.80@mail.ru

⁵ yura.kaftan@mail.ru

⁶ natalya.zenkova1977mail@mail.ru

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ПРИ КОНТУРНО-БУФЕРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛЯ В ОРЕНБУРГСКОМ ЗАУРАЛЬЕ

Цель исследования – разработка эффективных мер по сохранению и повышению плодородия почвы, защите ее и посевам от эрозии, ослаблению действия засухи и получению высоких урожаев в Оренбургском Зауралье. Объектами исследования являются почва, пары и полевые культуры (озимая пшеница, рожь, твердая, мягкая пшеница, горох и ячмень) в системе 5-польного зернопарового севооборота. Изучены почвозащитный, сидеральный и занятый пары в 5-польном зернопаровом севообороте при контурно-буферно-полосной (КБП) организации поля при крутизне склонов 1–3°. Схема опытного участка представлена в виде шести 5-польных зернопаровых севооборотов: пары – культуры (озимая пшеница, рожь, твердая пшеница) – мягкая пшеница – горох – ячмень. Схема опыта трехфакторная: 3А × 4В × 6С, где А – часть склона (верхняя, средняя, нижняя); В – вид пара (чистый, почвозащитный, сидеральный, занятый); С – полевые культуры (озимая пшеница, рожь, твердая пшеница, мягкая пшеница, горох, ячмень). Стерневые агрофоны и КБП организация полей на северо-восточном склоне крутизной 1–3° способствуют дополнительному накоплению и увеличению снежного покрова эрозионно незащищенных полей, что является высокоэффективным приемом. Усвоение атмосферных осадков паровыми полями в среднем за 5 лет составляет: за первый год парования в чистом пару – 19 %, в занятых парах – 40–44 %; за второй год в чистом пару – 40 %, в занятых – 49–50 %. Почвозащитный и сидеральный пары в сравнении с чистым паром способствуют повышению продуктивности пашни, не снижая при этом урожайности твердой пшеницы. С учетом дополнительной продукции, полученной на этих парах в год парования, продуктивность 1 га выше, чем чистого пара, на 16,6–21,8 ц к.е., или в 1,7–1,9 раза. На основе экспериментальных данных и производственной проверки их на полях Оренбургского Зауралья разработана почвозащитная технология возделывания яровой твердой пшеницы по почвозащитному, сидеральному пару.

Ключевые слова: почвозащитное земледелие, контурно-буферно-полосная организация поля, продуктивность склоновой пашни, ресурсосберегающие технологии, почвозащитный пар, сидеральный пар, урожайность, севооборот

Для цитирования: Продуктивность полевых культур при контурно-буферной организации поля в Оренбургском Зауралье / В.Ю. Скороходов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 21–30. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-21-30.

Благодарности: исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2022–2024 гг. ФГБНУ БСТ РАН (№ 0526-2022-0014).

Vitaly Yurievich Skorokhodov^{1✉}, Alexander Alekseevich Zorov², Nikolay Alekseevich Maksyutov³, Dmitry Vladimirovich Mitrofanov⁴, Yuri Vasilievich Kaftan⁵, Natalia Anatolyevna Zenkova⁶

^{1,2,3,4,5,6} Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹ skorokhodov.vitali1975@mail.ru

² zorov78@yandex.ru

³ maksyutov.n@mail.ru

⁴ dvm.80@mail.ru

⁵ yura.kaftan@mail.ru

⁶ natalya.zenkova1977mail@mail.ru

FIELD CROPS PRODUCTIVITY WITH CONTOUR-BUFFER FIELD ORGANIZATION IN IN THE ORENBURG TRANS-URALS

The purpose of the study is to develop effective measures to preserve and increase soil fertility, protect it and crops from erosion, weaken the effect of drought and obtain high yields in the Orenburg Trans-Urals. The objects of research are soil, fallow and field crops (winter wheat, rye, durum, soft wheat, peas and barley) in the system of 5-field grain-fallow crop rotation. Soil-protecting, green manure and full fallows were studied in a 5-field grain-fallow crop rotation with a contour-buffer-strip (KBP) field organization with a slope steepness of 1–3°. The scheme of the experimental plot is presented in the form of six 5-field grain-fallow crop rotations: fallows - crops (winter wheat, rye, durum wheat) – soft wheat – peas – barley. The experimental scheme is three-factor: 3A × 4B × 6C, where A is a part of the slope (upper, middle, lower); B – type of fallow (clean, soil-protective, green manure, full fallow); C – field crops (winter wheat, rye, durum wheat, soft wheat, peas, barley). Stubble agrophones and the organization of fields on the northeastern slope with a steepness of 1–3° contribute to the additional accumulation and increase in the snow cover of erosion-unprotected fields, which is a highly effective technique. The assimilation of atmospheric precipitation by fallow fields on average over 5 years is: for the first year of fallowing in clean fallow – 19 %, in full fallows- 40–44 %; in the second year in pure fallow – 40 %, in full fallows – 49–50 %. Conservation and green manure fallows, in comparison with pure fallow, contribute to an increase in the productivity of arable land, without reducing the yield of durum wheat. Taking into account the additional production obtained on these fallows in the year of fallowing, the productivity of 1 ha is higher than that of pure fallow, by 16.6–21.8 centners of a c.u., or 1.7–1.9 times. On the basis of experimental data and their production check in the fields of the Orenburg Trans-Urals, a soil-protective technology of cultivation of spring durum wheat on a soil-protective, green manure fallow has been developed.

Keywords: soil-protective agriculture, contour-buffer-strip organization of the field, productivity of slope arable land, resource-saving technologies, soil-protective fallow, green manure fallow, productivity, crop rotation

For citation: Field crops productivity with contour-buffer field organization in in the Orenburg Trans-Urals / V.Yu. Skorokhodov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(1):21–30. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-21-30.

Acknowledgments: research is carried out in accordance with the research plan for 2022–2024 of the FSBSI Federal Research Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (No. 0526-2022-0014).

Введение. В районах Оренбургского Зауралья: Адамовском, Кваркенском, Светлинском, Ясенском, Домбаровском, Новоорском, Гайском (в административном делении на сегодняшний день), – размещается 22 % пашни области (1,3 млн га). Практически вся она эродирована и эрозионно-дефляционно опасна. Более 860 тыс. га пашни (66 %) расположено на склонах 1–5° и нуждается в эффективной про-

тивоэрозионной защите [1–3]. Наиболее важными направлениями ресурсосбережения и снижения затрат является переход на адаптивно-ландшафтное земледелие [4–6]. Благодаря освоению почвозащитной системы земледелия, урожайность зерновых культур в Оренбургской области возрастает в среднем от 0,80 до 1,18 т/га [7–10].

Практика целинных хозяйств после освоения почвозащитного земледелия с 1960–1970 гг. показывает, что на склоновых землях во многих случаях усиливается водная эрозия, особенно на чистых парах. Во время весеннего снеготаяния и ливневых дождей паровые поля теряют более 100 т с 1 га плодородной почвы. Потери естественных осадков, упавших на чистые пары под яровую пшеницу за период парования, составляют более 65–70 % (350–400 мм), больше среднемноголетней годовой нормы. Недобор урожая от потерь влаги составляет более 2 т зерна с 1 га. Прямой ущерб от потерь почвы в компенсирующей дозе удобрений на 1 га составляет: перепревший навоз – 45 т, минеральных туков – 4,5 т, – на общую сумму более 100 тыс. руб. по ценам 2021 г. [11, 12].

На склоновых землях значительно изменяются показатели плодородия почв. На склоне наблюдается снижение гумуса: на слабосмытых почвах – около 25 %; среднесмытых – 45 и сильносмытых – 70 % по сравнению с нормальным уровнем плодородия [13, 14].

Эффективность агротехнических и лесомелиоративных средств достигает максимума только в системе контурной организации территории. Потери влаги сокращаются на 30 %, потери почвы – на 50 %. Прибавка урожая зерновых культур от внедрения обработки почвы, по данным ВНИИЗиЗПЭ, составляет 0,32 т/га [15, 16].

Цель исследования – разработать эффективные меры по сохранению и повышению плодородия почвы, ослаблению действия засухи, получению высоких и устойчивых урожаев в Оренбургском Зауралье.

Задачи: установить продуктивность полевых культур в пятипольных севооборотах при контурно-буферной организации поля; определить усвоение атмосферных осадков почвой, их потери в паровых полях и под культурами севооборотов; выявить особенности сохранения и повышения плодородия почвы склоновых участков.

Методы, объекты и условия проведения исследования. В течение пяти лет (2017–2021 гг.) была проведена научно-исследовательская работа на опытном стационаре по почвозащитному земледелию в ФГУП «Советская Россия» Адамовского района в типичных для Оренбургского Зауралья почвенно-климатических условиях (координаты: 51°45'53" с.ш., 59°44'34" в.д.). Склон северо-восточной экспози-

ции, крутизной 1–3°, рельеф спокойно ровный. Почва – чернозем южный среднemocный, тяжелосуглинистый. Мощность пахотного горизонта составляет 27–30 см. Содержание гумуса в 0–10 см слое почвы – 4,3 % и в 20–30 см – 3,7 %.

Объектами исследований являлись почва, пары и полевые культуры (озимая пшеница; рожь; твердая, мягкая пшеница; горох и ячмень) в системе пятипольного зернопарового севооборота.

Полевые опыты закладывались в системе контурно-полосного земледелия. Схема опытного участка представлена в виде 6 пятипольных зернопаровых севооборотов: пары – культуры (озимая пшеница, рожь, твердая пшеница) – мягкая пшеница – горох – ячмень. Схема опыта трехфакторная: 3А × 4В × 6С, где А – часть склона (верхняя, средняя, нижняя); В – вид пара (чистый, почвозащитный, сидеральный, занятый); С – полевые культуры (озимая пшеница, рожь, твердая пшеница, мягкая пшеница, горох, ячмень).

Делянки имели прямоугольную форму размером 80 м шириной и 160,7 м длиной. На трех повторениях опыта систематически размещались делянки 1, 2, 3, 4 и т. д. Делянки располагались по всей длине склона. Общая площадь полевого опыта составляет 60 га. Исследуемый участок разделен на три части склона: верхний уклон – 0–400 м (2–3°); средний уклон – 400–800 м (1–2°); нижний уклон – 800–1200 м (0–1°). На всех частях склона размещены пятипольные зернопаровые севообороты. Перед закладкой полевого опыта на каждой части склона по границам делянок высевали буферные полосы из многолетних трав, шириной 20 м, длиной 500 м. По оси (середине) каждой буферной полосы высаживали однорядную кустарниковую кулису из смородины золотистой. Расстояние между кулисами по склону составляло 100 м. Многолетние травы и кулисы являлись одновременно эффективной противэрозионной защитной полосой и границей поля на склоне.

В опыте изучались следующие виды пара: чистый пар – контроль; почвозащитный (суданской трава на сено); сидеральный (горох с ячменем); занятый (бобово-злаковая смесь на сенаж). Для посева стерневыми сеялками (СЗС-2,1) применялись районированные сорта зерновых культур (озимая пшеница – Поволжская 86, рожь – Безенчукская 87, твердая пшеница – Оренбургская 10, мягкая пшеница – Са-

ратовская 42, горох – Ямал, ячмень – Первоцелинник) с нормой высева 4,0; 4,5, 4,0; 4,5; 1,2 и 3,8 млн шт. всхожих семян на 1 га соответственно. Уборка зерна полевых культур проводилась прямым комбайнированием (КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12) с измельчением соломы. Применяемая агротехнология и агротехника в пятипольных севооборотах – рекомендуемая для восточной зоны Оренбуржья.

В эксперименте для определения содержания подвижных питательных веществ (макроэлементов питания) отбирались почвенные образцы на каждой делянке (ручные пробоотборники) с трех скважин глубиной 0–30 см почвы на первом и третьем повторении опыта. Проводился анализ почвенных проб в лаборатории центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (URL: <https://цкп-бст.рф>). Содержание питательных веществ в отобранных образцах почвы определялось следующими методами: нитратный азот – ионометрическим по Тюрину, подвижный фосфор – по Мачигину, обменный калий – по Масловой. Фракционно-групповой состав гумуса определялся по методу Тюрина.

Бункерный вес зерна комбайна с каждой делянки приводился к относительной влажности и чистоте, определяя тем самым точную урожайность с 1 га пашни. Продуктивность зерна с 1 га рассчитывалась с помощью состава и питательности кормов (в 1 кг) сельскохозяйственных животных по рекомендуемым нормативным показателям А.П. Калашникова. Наблюдения, учеты, отборы образцов, анализы велись по общепринятым методикам.

Полученные данные статистически обрабатывались дисперсионным анализом и множественной регрессией с помощью программы Statistica 12.0. В результате находилась зависимость урожайности зерна твердой пшеницы от содержания подвижных форм питательных веществ в почвенном горизонте.

Результаты и их обсуждение. Для характеристики сложившихся агрометеорологических условий в годы исследований были использованы данные двух ближайших метеостанций, обслуживающих данную территорию: ГМС «Айдырля» – в 35 км северо-восточнее и МП «Адамовка» – в 30 км юго-восточнее от опытного стационара.

Погодные условия в 2017–2021 гг. значительно отличались от среднемноголетних показателей в целом за сельскохозяйственный год и по периодам года. В среднем за пять лет количество выпавших осадков за сельскохозяйственный год по данным ГМС Айдырля составляло 252 мм, или 80 % от среднемноголетней (316 мм) нормы. Из них четыре года (2017, 2018, 2020, 2021) выпадало осадков меньше нормы (222–286 мм) 70 %. В 2019 г. наблюдалось количество осадков (195 мм) еще меньше нормы – 62 %.

По данным МП Адамовка: выпадало осадков 366 мм, 118 % от среднемноголетней (311 мм) нормы, на 114 мм (45 %) больше, чем по ГМС Айдырля. Из них: 4 года (2018, 2019, 2020, 2021) осадков выпадало больше нормы (от 332 до 451 мм) на 7–45 %, один год (2017) – норма составляла 100 % (310 мм).

Обеспеченность потребности растений во влаге за счет влажности почвы и выпавших осадков за вегетационный период в 2020 г. – самая высокая (57,6 %), в 2021 г. – самая низкая (18,9 %). Неустойчивость в выпадении осадков за вегетационный период приводила к большому колебанию урожаев полевых культур.

При оценке по гидротермическому коэффициенту (ГТК), согласно Г.Т. Селянинову, условия увлажнения вегетационного периода в 2020 г. считаются засушливыми (ГТК равен 0,8–0,5) и в 2017, 2018, 2019, 2021 гг. являются сухими (ГТК < 0,5) при среднемноголетней норме 0,7.

Максимальная температура воздуха находилась в пределах 30–37 °С, на поверхности почвы 50–63 °С, и ежегодно была отмечена в июне, июле и августе. Во все годы исследования в критическую по влагообеспеченности фазу (колошение) роста и развития яровой пшеницы, проходит во второй декаде июля, максимальная температура воздуха доходила до 30–37 °С и температура на поверхности почвы – до 50–62 °С. Такие высокие температуры воздуха и на поверхности почвы, особенно при недостаточном количестве или полном отсутствии атмосферных осадков в это время, способствуют развитию воздушной и почвенной засухи, глубокому иссушению, затвердению и уплотнению почвы, угнетению растений и резкому снижению урожайности возделываемых культур и порой приводят к частичной или полной гибели урожая.

В среднем за пять лет, по данным ГМС Айдырля, зимних осадков выпадало 73 мм, или 111 % к среднемноголетней норме 66 мм. Из них: три зимы (2019, 2020, 2021 гг.) многоснежные, две зимы (2017, 2018 гг.) малоснежные. Зимних осадков выпадало соответственно 167–117 и 54–73 % от среднемноголетней нормы.

По данным МП Адамовка: выпадало зимних осадков 130 мм, или 178 % к среднемноголетней норме 73 мм, на 57 мм (78 %) больше, чем по ГМС Айдырля. Три зимы (2019, 2020, 2021 гг.) многоснежные, выпадало осадков 200–134 мм (274–184 % к среднемноголетней норме), одна зима (2017 г.) находилась на уровне среднемноголетней нормы – 72 мм, одна зима (2018 г.) малоснежная, составляет 59 мм, или 81 % от нормы.

Стерневые агрофоны, контурно-буферно-полосная организация полей на склоне крутизной 1–3°, как снегозадерживающий агрокомплекс, способствовали дополнительному накоплению и увеличению снежного покрова на полях. Это происходило за счет задержания принесенного зимними ветрами снега с других, эрозийных незащищенных полей и оказывалось высокоэффективным в подобные зимы. По результатам снегомерной съемки средняя высота снега по всем агрофонам составляла 36 см, по годам: от 26 см – в малоснежные зимы, до 41 см – в многоснежные. Запас воды в снеге составлял 110 мм. Коэффициент снегоотложения по отношению к осадкам в ГМС Айдырля составлял 1,51, в МП Адамовка – 0,85.

В многоснежные зимы этот агрокомплекс не может обеспечить стопроцентного задержания зимних осадков на месте их выпадения. Он не может противостоять активной ветровой деятельности в зимний период, и выпавшие в большом количестве зимние осадки сносятся в другие места, например, в 2017 и 2020 гг. они составляли 123 и 103 мм соответственно (МП Адамовка). По-видимому, максимальная снегозадерживающая возможность применяемого агрокомплекса ограничивается в пределах 103–132 мм снеговой воды при высоте снега в 34–41 см и его плотности 0,30–0,35 г/см³.

Рассмотрим данные по усвоению атмосферных осадков почвой, их потери в паровых полях и под культурами после пара пятипольного зернопарового севооборота. В год подъема плоскорезного чистого пара на 14–16 см в период ухода пашни в зиму наблюдался сильно иссу-

шенный метровый слой почвы. Три года (2016, 2018, 2019) отмечалось отсутствие продуктивной влаги. Остаточные запасы общей влаги просматривались в интервале между влажностью завядания (ВЗ) и максимальной гигроскопичностью. Два года (2017, 2020) продуктивная влага находилась в пределах 12,6–23,5 мм в 0–30 см слое почвы. Усвоение талых вод почвой во время весеннего снеготаяния в среднем за 5 лет по всем агрофонам составляло 60 %, или 66 мм из 110 мм накопленных снеговых запасов. За начало парования, с 10.04 по 20.05, после снеготаяния в среднем за пять лет выпало 68,4 мм осадков, из них было усвоено почвой 43–44 мм (63–64 % от выпавших осадков). Мелкий (14–16 см) обработанный слой плоскорезного чистого пара легко переполнялся талой и дождевой водой. Вода застаивалась на поверхности и в значительной мере терялась на вымерзание и испарение. Этому способствовала низкая водопроницаемость нижних слоев почвы за счет их высокой плотности сложения (20–60 см = 1,47 г/см³; 60–100 см = 1,55 г/см³).

Усвоение атмосферных осадков в паровом поле в среднем за пять лет составляло за первый год парования в чистом пару 19 % (74 из 396 мм), почвозащитном, сидеральном, занятом парах – 44–40 %, за второй год парования в чистом пару – 40 % (104 из 258 мм), почвозащитном, сидеральном, занятом парах – 50–49 %. Всего за период парования в чистом пару усвоение осадков составляло 27 % (178 из 654 мм); почвозащитном, сидеральном, занятом парах – 47–43 %.

Использование атмосферных осадков для получения урожая от начала парования до уборки твердой пшеницы составляло: по чистому пару – 36 % (266 из 742 мм) и по почвозащитному, сидеральному, занятому парам с учетом расхода влаги на получение дополнительной продукции парозанимающих культур в год парования – 53–50 %.

Атмосферных осадков для получения урожая второй, третьей, четвертой культур после пара в среднем содержится 57 % (217 из 379 мм), из них 34 % (129 мм) составляли запасы влаги в почве перед посевом и 23 % (88 мм) – летние осадки за период июнь – август.

За вегетационный период происходило частичное потребление питательных веществ (NO₃, P₂O₅, K₂O) на рост и развитие твердой

пшеницы. Одна часть макроэлементов питания расходовалась на получение урожайности полевых культур, другая уходила в нижние горизонты почвы. Увеличение содержания питательных веществ наблюдается на делянках твердой пшеницы после сидерального пара на

1,0–3,5 мг/100 г почвы (табл. 1). Это накопление за период вегетации твердой пшеницы происходило за счет разложения корневых и пожнивных остатков сидеральных культур (горох с ячменем) в севообороте.

Таблица 1

Содержание подвижных форм питательных веществ под посевами твердой пшеницы в зависимости от предшествующего вида пара и части склона в 0–30 см слое почвы (2017–2021 гг.)

Часть склона	Вид пара	Содержание и расход макроэлементов за период вегетации, мг/100 г почвы								
		NO ₃ ⁻			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		в посев	в уборку	расход	в посев	в уборку	расход	в посев	в уборку	расход
Верхняя с уклоном 2–3° (К)	Чистый	11,8	5,7	6,1-	4,2	3,0	1,2-	34,0	31,7	2,3-
	Почвозащитный	8,7	4,3	4,4-	4,0	2,8	1,2-	32,0	30,2	1,8
	Сидеральный	12,2	13,2	1,0+	4,3	4,6	0,3+	31,0	32,7	1,7+
	Занятый	9,6	8,5	1,1-	3,8	3,4	0,4-	29,6	24,3	5,3
Средняя с уклоном 1–2°	Чистый	12,3	7,8	4,5-	4,3	3,2	1,1-	36,5	33,8	2,7
	Почвозащитный	9,4	7,7	1,7-	4,1	3,7	0,4-	34,5	31,2	3,3
	Сидеральный	13,1	14,2	1,1+	4,4	4,8	0,4+	31,2	34,0	2,8+
	Занятый	10,1	8,8	1,3-	4,2	3,6	0,6-	32,1	29,0	3,1-
Нижняя с уклоном 0–1°	Чистый	13,6	7,4	6,2-	4,4	3,5	0,9-	36,9	32,5	4,4-
	Почвозащитный	9,8	7,9	1,9-	4,5	4,0	0,5-	35,4	29,1	6,3-
	Сидеральный	14,0	16,1	2,1+	4,7	5,2	0,5+	32,1	35,6	3,5+
	Занятый	11,2	8,9	2,3-	4,3	3,8	0,5-	33,1	30,0	3,1-

Примечание: К – контроль; (–) – расход макроэлементов; (+) – увеличение содержания макроэлементов в почве.

Наибольшее содержание гумуса в почве отмечалось в нижней части склона от 3,65 до 3,81 % (табл. 2). Преимущество по содержа-

нию гумуса имел сидеральный пар и на верхней части склона составлял 3,20 %; на средней – 3,31; на нижней – 3,81 %.

Таблица 2

Влияние вида пара и части склона на содержание гумуса в пахотном слое почвы, % (2017–2021 гг.)

Вид пара	Часть склона		
	верхняя (контроль)	средняя	нижняя
Чистый	3,17	3,21	3,65
Почвозащитный	3,18	3,25	3,72
Сидеральный	3,20	3,31	3,81
Занятый	3,19	3,28	3,75

Данные учета урожайности показали, что из четырех возможных урожаев озимой пшеницы и ржи по чистому пару получен только один в 2019 г. Урожайность озимой пшеницы (Поволжская 86) и ржи (Безенчукская 87) составляет соответственно 2,04 и 1,96 т/га, на 0,40 и 0,48 т меньше, чем у твердой пшеницы (Оренбургская 10) по чистому пару. В 2018 и 2021 гг. озимые культуры вымерзли и погибли. Под урожай 2020 г. их не высевали из-за иссушенности 0–30 см слоя почвы на чистом пару в 2019 г. Подтверждается многолетняя практика целинного земледелия (более 40 лет) о неоправданности риска возделывания озимых культур в жестких

климатических условиях степной и сухостепной зон Оренбургского Зауралья. Стабильных урожаев озимых культур, даже по чистому пару, получить не удастся.

Урожайность яровых зерновых культур с 1 га в среднем за пять лет (2017–2021 гг.) по вариантам опыта составила: твердая пшеница (Оренбургская 10) – 2,02 т, практически одинаковая по всем видам пара (чистый, почвозащитный, сидеральный, занятый); мягкая пшеница (Саратовская 42), вторая культура после пара – 1,71; горох (Ямал), третья культура после пара – 0,96; ячмень (Первоцелинник), четвертая культура после пара – 1,74 т (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность яровых зерновых культур в пятипольных севооборотах в зависимости от вида пара в среднем по склону, т/га

Паровое поле	Полевая культура			
	Твердая пшеница	Мягкая пшеница	Горох	Ячмень
Чистый пар (контроль)	2,02	1,71	0,96	1,74
Почвозащитный пар	2,19	1,80	1,15	1,82
Сидеральный пар	2,25	1,88	1,27	1,85
Занятый пар	1,98	1,66	0,90	1,70
НСР ₀₅	0,92	0,18	0,82	0,55

Максимальная разница в урожайности с 1 га от последствия различных видов пара составила: у мягкой пшеницы (Саратовская 42) – 0,06 т (3,6 %) в пользу чистого пара; у гороха (Ямал) – 0,03 т (3,2 %) в пользу почвозащитного; у ячменя (Первоцелинник) – 0,04 т (3,4 %) в пользу чистого и почвозащитного. То есть разница прослеживалась, но она была незначительна и для практики земледелия большого значения не имела. Средняя урожайность зерновых культур по опыту составила 1,61 т, в том числе яровой пшеницы – 1,86 т/га. Выход зерна с 1 га севооборота находился в пределах 1,29 т.

В результате рассчитанной множественной регрессии установлена взаимосвязь между почвенными макроэлементами питания и урожайностью твердой пшеницы, так как уровень значимости меньше 0,01 при стандартной ошибке оценки 0,7. На основании обработки результатов выявлено совместное влияние подвижных форм питательных веществ на увеличение урожайности зерна твердой пшеницы, их доля составила: по нитратам – 30,6 %; оксиду фосфора – 28,6 и оксиду калия – 39,5 % (табл. 4).

Зависимость урожайности зерна твердой пшеницы после сидерального пара в пятипольном севообороте на склоне в зависимости от подвижных форм питательных веществ за вегетационный период (2017–2021 гг.)*

Независимая переменная	Множественная регрессия							Доля влияния, %
	Коэффициент			Стандартная ошибка		Стьюдента (2)	р-уровень	
	бета	регрессии	дельта	β	b			
Свободный член	–	52,7	–	–	5,1	10,3	0,00	–
NO ₃ ⁻	1,2	2,5	0,3	0,1	0,2	8,9	0,01	30,6
P ₂ O ₅	0,5	4,3	0,2	0,0	0,6	6,4	0,02	28,6
K ₂ O	-1,4	-1,9	0,4	0,1	0,1	-11,2	0,00	39,5

*Коэффициент корреляции – 0,9; детерминации – 0,9; критерий Фишера (3,2) – 57,2; стандартная ошибка оценки – 0,7 при $p < 0,01$.

Урожайность парозанимающих культур с 1 га в среднем за 5 лет составила: зеленой массы суданской травы в почвозащитном паре – 9,85 т (2,17 тыс. корм. ед.); зеленой массы бобово-злаковой смеси (горох с ячменем) в занятом и сидеральном парах – 7,95 (1,67), зеленой массы суданской травы в буферных полосах – 10,25 т (2,26 тыс. корм. ед.).

Продуктивность различных видов пара с учетом основной и дополнительной продукции, полученной в почвозащитном, сидеральном и занятом парах в год парования в предыдущем году (твердая пшеница по пару и парозанимающая культура), в кормовых единицах с 1 га составляет: 1) чистый пар (контроль, без дополнительной продукции) – 2,54 тыс.; 2) почвозащитный, с летним посевом суданской травы – 4,70 тыс.; 3) занятый и сидеральный с весенним посевом бобово-злаковой смеси – 4,37–4,32 тыс.

В среднем продуктивность почвозащитного, сидерального и занятого паров за первую ротацию севооборота (2017–2021 гг.) составила 4,46 тыс. корм. ед/га, или 175,5 % по отношению к чистому пару.

Заключение. Таким образом, на основании изучения сохранения и рационального расходования влаги установлено усвоение атмосферных осадков паровыми полями, и в среднем за 5 лет оно составило за первый год парования в чистом пару 19 %; в занятых парах – 40–44; за второй год в чистом пару – 40 %; в занятых – 49–50 %. Почвозащитный, сидеральный и занятый пары, в сравнении с чистым, способствуют повышению продуктивности пашни, не снижая урожайности зерна твердой пшеницы. С учетом дополнительной продукции, по-

лученной на этих парах в год парования, увеличивается продуктивность 1 га пашни в сравнении с чистым паром на 1,66–2,18 тыс. корм. ед., или в 1,7–1,9 раза. Исследованиями подтверждена многолетняя практика целинного земледелия о неоправданности риска возделываемых культур в жестких климатических условиях сухостепной зоны Оренбургского Зауралья, из четырех урожаев озимой пшеницы и ржи по чистому пару получен только один в 2019 г. – соответственно 2,04 и 1,96 т/га. Включение в пятипольные севообороты на склоновых почвах занятых паров способствует сохранению и повышению почвенного плодородия. Содержание гумуса в севообороте с сидеральным паром увеличивается на 0,12 %, с почвозащитным – на 0,07 % по сравнению с чистым паром в нижней части склона.

Список источников

1. Гулянов Ю.А. Предпосылки и перспективы реализации природоподобных приемов обработки почвы в агротехнологиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2(22). С. 37–49.
2. Агротехнические приемы предотвращения эрозионных процессов в степной зоне Южного Урала / Н.А. Максютов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3(83). С. 9–13.
3. Кирюшин В.И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3–7.
4. Cropping-plan decision-making on irrigated crop farms: a spatio-temporal analysis /

- J. Dury, F. Garcia, A. Reynaud, J.E. Bergez // European journal of agronomy. 2013. Vol. 50. P. 1–10.*
5. Assessing the information in crop model and meteorological indicators to forecast crop yield over Europe / *R. Lecerf [et al.] // Agricultural systems. 2019. Vol. 168. P. 191–202.*
 6. Гулянов Ю.А. Современный уровень природосбережения и пути воспроизводства почвенных ресурсов в зональных агротехнологиях постцелинных регионов Урала и Западной Сибири // *Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1 (25). С. 73–84.*
 7. Assessment of the state of agroecosystem sustainability using landscape indicators: a comparative study of three rural areas in Greece / *R. Mancinelli [et al.] // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2018. No. 25 (1). P. 35–46.*
 8. Гулянов Ю.А. Эффективность природоподобных влагосберегающих приемов в ландшафтно-адаптивных системах земледелия степной зоны Оренбургского Предуралья // *Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3(23). С. 79–92.*
 9. Скороходов В.Ю. Биологический фактор воспроизводства гумуса и поддержания плодородия почвы в условиях степной зоны Южного Урала // *Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 55–60.*
 10. Использование катенарных особенностей агроландшафта для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия в лесостепной зоне Средней Сибири / *В.В. Чупрова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 45–50.*
 11. Assessing sustainability in agricultural landscapes: a review of approaches / *S.E. Inwood [et al.] // Environmental Reviews. 2018. No. 26 (3). P. 299–315.*
 12. Скороходов В.Ю., Зенкова Н.А. Образование и содержание гумуса в паровых полях севооборотов и бесменном пару на черноземах южных Оренбургского Предуралья // *Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 28–31.*
 13. Демьяненко Т.Н., Кураченко Н.Л., Колесник А.А. Оценка комплексности почвенного покрова агроландшафта Красноярской лесостепи // *Вестник КрасГАУ. 2021. № 6. С. 33–38.*
 14. Кураченко Н.Л., Демьяненко Т.Н., Колесник А.А. Современное состояние плодородия агрочерноземов Красноярской лесостепи как основа рационального землепользования // *Вестник КрасГАУ. 2021. № 5. С. 28–36.*
 15. High-resolution trade-off analysis and optimization of ecosystem services and disservices in agricultural landscapes / *T.H. Nguyen [et al.] // Environmental modelling & software. 2018. Vol. 107. P. 105–118.*
 16. Петелько А.И. Влияние обработки почвы в системе контурных лесополос на показатели весеннего стока // *Вестник Воронежского государственного университета. 2012. № 1. С. 109–112.*

References

1. *Gulyanov Yu.A. Predposylki i perspektivy realizacii prirodopodobnyh priemov obrabotki pochvy v agrotehnologiyah stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ya // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 2(22). S. 37–49.*
2. *Agrotehnicheskie priemny predotvrascheniya `erozionnyh processov v stepnoj zone Yuzhnogo Urala / N.A. Maksyutov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 3(83). S. 9–13.*
3. *Kiryushin V.I. Sostoyanie i problemy razvitiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledelie. 2021. № 2. S. 3–7.*
4. *Cropping-plan decision-making on irrigated crop farms: a spatio-temporal analysis / J. Dury, F. Garcia, A. Reynaud, J.E. Bergez // European journal of agronomy. 2013. Vol. 50. P. 1–10.*
5. *Assessing the information in crop model and meteorological indicators to forecast crop yield over Europe / R. Lecerf [et al.] // Agricultural systems. 2019. Vol. 168. P. 191–202.*
6. *Gulyanov Yu.A. Sovremennyy uroven' prirodosberezheniya i puti vosproizvodstva pochvennyh resursov v zonal'nyh agrotehnologiyah postcelinnyh regionov Urala i Zapadnoj Sibiri // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2021. №1(25). S. 73–84.*
7. *Assessment of the state of agroecosystem sustainability using landscape indicators: a comparative study of three rural areas in Greece / R. Mancinelli [et al.] // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2018. No. 25 (1). P. 35–46.*
8. *Gulyanov Yu.A. `Effektivnost' prirodopodobnyh vlagosberegayuschih priemov v landshaftno-adaptivnyh sistemah zemledeliya Stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ya // Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 3(23). S. 79–92.*

9. Skorohodov V.Yu. Biologicheskij faktor vosпроизводства gumusa i podderzhaniya plodorodiya pochvy v usloviyah stepnoj zony Yuzhnogo Urala // Plodorodie. 2021. № 2 (119). S. 55–60.
10. Ispol'zovanie katenarnyh osobennostej agrolandshafta dlya razrabotki adaptivno-landshaftnyh sistem zemledeliya v lesostepnoj zone Srednej Sibiri / V.V. Chuprova [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2019. № 3. S. 45–50.
11. Assessing sustainability in agricultural landscapes: a review of approaches / S.E. Inwood [et al.] // Environmental Reviews. 2018. No. 26 (3). P. 299–315.
12. Skorohodov V.Yu., Zenkova N.A. Obrazovanie i sodержanie gumusa v parovyh polyah sevooborotov i bessmennom paru na chernozemah yuzhnyh Orenburgskogo Predural'ya // Plodorodie. 2019. № 6 (111). S. 28–31.
13. Dem'yanenko T.N., Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Ocenka kompleksnosti pochvennogo pokrova agrolandshafta Krasnoyarskoj lesostepi // Vestnik KrasGAU. 2021. № 6. S. 33–38.
14. Kurachenko N.L., Dem'yanenko T.N., Kolesnik A.A. Sovremennoe sostoyanie plodorodiya agrochernozemov Krasnoyarskoj lesostepi kak osnova racional'nogo zemlepol'zovaniya // Vestnik KrasGAU. 2021. № 5. S. 28–36.
15. High-resolution trade-off analysis and optimization of ecosystem services and disservices in agricultural landscapes / T.H. Nguyen [et al.] // Environmental modelling & software. 2018. Vol. 107. R. 105–118.
16. Petel'ko A.I. Vliyanie obrabotki pochvy v sisteme konturnyh lesopolos na pokazateli vesennego stoka // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 1. S. 109–112.

Статья принята к публикации 03.12.2022 / The article accepted for publication 03.12.2022.

Информация об авторах:

Виталий Юрьевич Скороходов¹, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Александр Алексеевич Зоров², ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Николай Алексеевич Максютов³, главный научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Дмитрий Владимирович Митрофанов⁴, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Юрий Васильевич Кафтан⁵, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Наталья Анатольевна Зенкова⁶, старший научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Vitaly Yurievich Skorokhodov¹, Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences

Alexander Alekseevich Zorov², Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences

Nikolay Alekseevich Maksyutov³, Chief Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Dmitry Vladimirovich Mitrofanov⁴, Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences

Yuri Vasilievich Kaftan⁵, Leading Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences

Natalia Anatolyevna Zenkova⁶, Senior Researcher at the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Candidate of Agricultural Sciences