

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА НА МАЛОГУМУСНОМ МАЛОКАРБОНАТНОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ЗАБАЙКАЛЬЯ

© 2022 г. Н. Г. Пилипенко

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири—филиал СФНЦА РАН
672010 Чита, ул. Кирова, 49, Россия

E-mail: vetinst@mail.ru

Поступила в редакцию 13.03.2021 г.

После доработки 21.09.2021 г.

Принята к публикации 15.11.2021 г.

Представлены результаты сравнительной оценки различных видов паров с использованием соломы зерновых культур в полевом севообороте (пар—пшеница—овес—однолетние травы (овес)) на мало-гумусном малокарбонатном черноземе (low carbonate chernozem) лесостепной зоны Забайкалья, проведенных в 1996—2003 гг. в научно-исследовательском институте ветеринарии Восточной Сибири. Работа посвящена изучению влияния отвального, плоскорезного, занятого, сидерального пара с использованием соломы пшеницы на основные показатели плодородия почвы, продуктивность агроценозов и экономическую эффективность. Установлено, что редька масличная, выращиваемая в полевом севообороте при достаточной влагообеспеченности почвы, может формировать урожайность зеленой массы до 22.5 т/га и оставлять в почве корневых и стерневых остатков до 2.9 т/га, в менее благоприятные годы — в 1.5—2.0 раза меньше. Обогащение почвы в виде зеленой массы, корневых и стерневых остатков, а также соломы пшеницы существенно повысило содержание органического вещества (до 2.57—2.92%), коэффициент структурности (1.39—2.12), активизировало биологическую активность почвы (выделение CO_2 — 1.44—1.66 кг/га/ч) и усилило мобилизацию нитратов (NO_3^- — 30.7—37.2 мг/кг почвы). Наиболее высокие экономические показатели получены от применения занятого пара и от плоскорезного с внесением соломы: сбор кормовых единиц с 1 га севооборотной площади составил соответственно 2.07, 1.75 т, рентабельность — 16—18%.

Ключевые слова: пары, органическое вещество, биологическая активность, структура почвы, питательный режим, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188122020120

ВВЕДЕНИЕ

Большая протяженность Забайкальского края в широтном и меридианном направлениях, сильная расчлененность рельефа, особенности климатических условий, неоднородный характер растительности и значительное разнообразие горных пород обусловили формирование очень сложного и различного по характеру почвенного покрова. В связи с этим почвенный покров слагают самые различные типы почв: от горно-тундровых до каштановых [1—27]. Особенности провинциальных типов этих почв заключены в маломощности гумусовых горизонтов, близком залегании горных коренных пород, довольно высокой степени скелетности профиля, отсутствии в профиле почв гипса и белоглазки, характерных для степных почв западного региона, в слабой ин-

тенсивности микробиологических процессов в весенне-летний период [3].

В пахотном фонде Забайкальского края значительные площади занимают малокарбонатные черноземы (low carbonate chernozem), которые формируются под лугово-степной растительностью, по географическому положению среди почв черноземного типа они аналогичны черноземам оподзоленным и выщелоченным. Рассматриваемые почвы отличаются от других подтипов черноземов отсутствием сплошного карбонатного горизонта, вскипание наблюдается только в нижней части профиля, на отдельных участках. Они наиболее широко распространены в восточных районах Забайкалья [5, 21].

В гранулометрическом составе малокарбонатные черноземы (low carbonate chernozem) имеют

Таблица 1. Схема опыта

Поля севооборота			
пар	пшеница	овес	однолетние травы
Способ обработки почвы			
Отвальный	ПН-4-35 на 20–22 см	ПН-4-35 на 20–22 см	ПН-4-35 на 20–22 см
Плоскорезный	КПГ-250 на 25–27 см	КПГ-250 на 25–27 см	КПГ-250 на 25–27 см
Занятый	ПН-4-35 на 20–22 см	ПН-4-35 на 20–22 см	КПГ-250 на 25–27 см
Занятый	ПН-4-35 на 20–22 см (запашка соломы)	ПН-4-35 на 20–22 см	КПГ-250 на 25–27 см
Сидеральный	ПН-4-35 на 20–22 см	ПН-4-35 на 20–22 см	КПГ-250 на 25–27 см
Сидеральный	ПН-4-35 на 20–22 см (запашка соломы)	ПН-4-35 на 20–22 см	КПГ-250 на 25–27 см
Плоскорезный	ПН-4-35 на 20–22 см (запашка соломы)	КПГ-250 на 25–27 см	КПГ-250 на 25–27 см
Отвальный по пласту многолетних трав	ПН-4-35 на 20–22 см	ПН-4-35 на 20–22 см	КПГ-250 на 25–27 см

высокое содержание песка и пыли. Наличие крупных фракций щебня и хряща влияет на водно-физические и химические свойства почвы. Структурно-агрегатное состояние обусловлено подверженностью легких почв ветровой эрозии. Содержание гумуса в пахотном слое меняется от 2–3 до 5%. Почвенный гумус беден гуминовыми кислотами. Отношение содержания гуминовых кислот и фульвокислот в подпахотном горизонте снижается до 0.41%. Отношение С : N составляет 10–12, это является следствием бедности почв азотом, содержание подвижного фосфора – недостаточное (свыше 50% фосфора в групповом составе содержится в органической форме), обменного калия – среднее. Малокарбонатные черноземы (low carbonate chernozem) содержат очень мало легкорастворимых соединений. Величина плотного остатка изменяется от 0.04 до 0.10%. Обедненность водорастворимыми соединениями послужило основанием их названия “черноземы промытые” [24].

Повышение плодородия исследованных почв невозможно без внесения органического вещества. Учитывая острый дефицит органических удобрений, важнейшими мерами, направленными на восстановление, поддержание и увеличение почвенного плодородия, является использование почвозащитных технологий обработки почвы, многолетних трав, сидеральных и парозанимающих культур, запашки соломы зерновых в полевых севооборотах [7, 10–16, 19, 20]. Цель работы – изучение влияния длительного применения элементов биологизации на основные показатели плодородия почвы и про-

дуктивность севооборота на малогумусном малокарбонатном черноземе Забайкалья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые агротехнические опыты проведены в стационарном 4-польном полевом севообороте (пар–пшеница–овес–однолетние травы (овес)), где изучали различные виды пара: чистый ранний отвальный, чистый ранний плоскорезный, занятый, сидеральный с внесением и без внесения соломы пшеницы, чистый ранний отвальный пар после многолетних трав (костреца 4-го года пользования). В занятом и сидеральном пару использовали редьку масличную.

Климат зоны – резко континентальный с малоснежной холодной зимой, жарким летом и недостатком атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода – 90–110 сут. Сумма положительных температур >10°C составляет 1500–1800°C. Годовая сумма осадков – 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в теплый период, максимальное – в июле–августе, минимальное – в мае–июне.

В условиях Забайкалья критический период при возделывании зерновых культур – кушение–выход в трубку – приходится на конец мая–первую половину июня. Этот период за годы исследования был типичным для местности (ГТК вегетационного периода 0.8–0.9), в 1999, 2001, 2003 гг. – даже в сторону ужесточения с резким недостатком почвенной и атмосферной влаги (ГТК вегетационного периода 0.4–0.6) [3].

Таблица 2. Поступление элементов питания в почву с надземной массой, корневыми и стерневыми остатками культур севооборота (1996–2003 гг.)

Биомасса	Сухое вещество, т/га	Содержание основных элементов питания, %			Внесено элементов, кг/га		
		N	P	K	N	P	K
Редька масличная							
надземная масса	1.6	2.23	0.45	2.05	35.6	7.2	32.8
корневые остатки	1.3	1.73	0.32	1.96	22.5	4.2	25.5
Всего	2.9	—	—	—	58.1	11.4	56.3
Многолетние травы							
корневые остатки	2.15	1.20	0.05	0.58	25.8	1.1	12.5
Солома пшеницы	1.75	0.94	0.11	0.95	16.4	1.9	16.6

Почва опытного участка – чернозем малогумусный малокарбонатный (low carbonate chernozem), маломощный легкий суглинок. Обеспеченность растений подвижными формами фосфора и калия – средняя, комковатость почвы – ниже порога устойчивости к ветровой эрозии.

Повторность опыта трехкратная, посевная площадь делянки – 0.1 га, расположение вариантов – рандомизированное. Поля в севообороте располагались как в пространстве, так и во времени. Приемы основной обработки почвы представлены в схеме опыта (табл. 1).

Культуры в севообороте возделывали по общепринятой в зоне агротехнике, основную обработку почвы проводили согласно схеме опыта. Для посева использовали семена районированных сортов: яровая пшеница – сорт Бурятская 79, овес на зерно и зеленый корм – сорт Золотой дождь, с нормой высева культур соответственно – 5.0, 5.0, 5.5 млн всхожих зерен/га. Срок посева яровой пшеницы – 2-я декада мая, овса на зерно – 3-я декада мая, овса на зеленую массу – 3-я декада июня. Минеральные удобрения вносили одновременно с посевом из расчета N30P30 – под пшеницу, овес, однолетние травы и N12P52 – под редьку масличную.

В качестве парозанимающей культуры высевали редьку масличную сорта Тамбовчанка. Подготовка почвы под занятые и сидеральные пары заключалась в основной обработке плугом ПН-4-35 на глубину 20–22 см в первой декаде мая, предпосевной культивации КПЭ-3,8 и прикатывания ЗККШ-6А. Посев проводили во 2-й декаде мая на глубину 5–6 см, нормой высева 3.0 млн всхожих семян/га. При посеве с семенами вносили минеральные удобрения в соотношении 1:3. В занятых парах редьку масличную убирала на корм, в сидельных – использовали на зеленое удобрение.

Биологическую массу запахивали в период массового цветения (в конце июля).

Солому пшеницы вносили в севооборотах с занятым, сидеральным и чистым плоскорезным паром. Запашку соломы проводили после уборки пшеницы плугом ПН-4-35 на глубину 20–22 см с компенсацией азотных удобрений (N15). В опыте применяли неизмельченную солому (1/75 т/га) [3].

Экспериментальная работа выполнена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с зерновыми и кормовыми культурами. В исследовании использовали апробированные методики: методика полевого опыта [8], методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [17], агрофизические методы исследования почв [2], агрохимические методы исследования почв [1].

Содержание нитратов в почвах определяли ионометрическим экспресс-методом (ГОСТ 26951-86), фосфор и калий – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-84), органическое вещество – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91, п. 1) [18], биологическую активность почвы – методом льяных полотен по Мишустину–Петровой, определение углекислого газа – методом Штатного [4, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показали, что редька масличная, выращиваемая в полевых севооборотах после однолетних трав при достаточной влагообеспеченности пахотного слоя почвы может формировать урожайность зеленой массы до 22.5, сбор сухого вещества – 2.4 и оставлять в почве корневых и стерневых остатков до 2.9 т/га. В менее благоприятные по влагообеспеченности годы урожайность ее снижалась до 13.5–17.0, сбор сухого вещества – до

Таблица 3. Влияние различных видов пара на содержание органического вещества в почве (1996–2003 гг.)

Вариант пара	Органическое вещество, %			
	1-я ротация		2-я ротация	
	Слой почвы, см			
	0–20	20–40	0–20	20–40
Исходный показатель	2.40	2.20	2.40	2.20
Отвальный (контроль)	2.28	2.01	2.23	1.98
Плоскорезный пар	2.53	1.88	2.68	1.90
Занятый пар	2.70	2.59	2.81	2.70
Сидеральный пар	2.78	2.48	2.92	2.61
Плоскорезный пар + солома	2.59	2.13	2.57	2.17
Отвальный пар (после многолетних трав)	2.55	2.02	2.59	2.05
<i>HCP</i> ₀₅	0.12	0.09	0.18	0.14

1.50–1.90, поступление корневых и стерневых остатков – до 1.42–1.82 т/га.

Учет количества поступавшего в почву сухого вещества показал, что в сидеральном пару внесено: органического вещества с надземной массой и корневыми остатками редьки масличной – 2.9 т/га, азота – 58.1, фосфора – 11.4, калия – 56.3 кг/га; в занятом пару – 1.3 т/га и 22.5, 4.2, 25.5 кг/га; после многолетних трав – 2.15 т/га и 25.8, 1.1, 12.5 кг/га; с соломой пшеницы – 1.75 т/га и 16.4, 1.9, 16.6 кг/га соответственно (табл. 2).

Существенное обогащение почвы органическим веществом в виде зеленой массы, корневых и стерневых остатков, а также соломы зерновых культур на фоне минеральных удобрений позволило в течение 2-х ротаций зернопарового севооборота снизить дефицит баланса гумуса в севообороте с занятым паром на 0.75, занятым паром + солома – на 1.15, сидеральным – на 0.91, сидеральным + солома – на 1.30, плоскорезным + солома – на 0.43 т/га (в севообороте с

чистым отвальным паром дефицит баланса гумуса составил –2.84 т/га).

Установлено, что запашка сидерата, корневых и стерневых остатков, плоскорезная обработка и внесение соломы пшеницы оказали существенное влияние на содержание органического вещества (табл. 3). В 1-й ротации севооборота достоверное превышение к исходному показателю в пахотном слое почвы составило от 0.13 до 0.38%, во 2-й – от 0.17 до 0.52% (исходный показатель – 2.40%). В нижнем подпахотном горизонте достоверное превышение получено только после занятого и сидерального пара (в 1-й ротации – 0.28–0.39%, во 2-й – 0.41–0.50% при исходном показателе – 2.20%).

Результаты исследования подтвердили мнение многих исследователей об отвальной обработке парового поля как факторе интенсивного использования потенциального плодородия почв, где процессы распада органического вещества преобладают над синтезом [9, 12]. В этом варианте по сравнению с исходными показателями в изученных слоях почвы было отмечено снижение содержания органического вещества: в 1-й ротации – на 0.12 и 0.19%, во 2-й – на 0.17 и 0.22% соответственно.

Биологическую активность почвы определяли в посевах пшеницы с помощью льняной тестовой ткани и продуцированию углекислого газа (табл. 4). Наблюдение за динамикой выделения CO₂ в посевах пшеницы в период вегетации показало, что более активное ее выделение было при наличии высоких запасов влаги и органического вещества. В течение всего вегетационного периода лучшей влагообеспеченности посевов пшеницы после плоскорезного и занятого пара в слое 0–50 см (24.8–27.1 мм) соответствовали более высокие показатели выделения CO₂ (1.56–1.66 кг CO₂/га/ч). Низкое содержание влаги под посевами пшеницы после сидерального пара сдерживало биологическую активность (1.360 кг CO₂/га/ч).

Таблица 4. Биологическая активность почвы после различных видов пара за вегетационный период в посевах пшеницы (слой 0–30 см, 1996–2003 гг.)

Вариант пара	Объемная масса почвы, г/см ³	Распад ткани, %	CO ₂ , кг/га/ч				Мобилизация NO ₃ ⁻ , мг/кг почвы
			1-й срок	2-й срок	3-й срок	Среднее	
Отвальный (контроль)	1.33	20.2	1.46	1.28	1.06	1.26	22.0
Плоскорезный	1.35	20.8	1.93	1.60	1.46	1.66	30.7
Занятый	1.24	21.6	1.57	1.66	1.46	1.56	33.9
Сидеральный	1.24	21.7	1.34	1.47	1.50	1.44	37.2
Отвальный (после многолетних трав)	1.39	14.8	1.60	1.36	1.12	1.360	13.0

Таблица 5. Изменение структурного состава почвы в севообороте в зависимости от различных видов пара (1996–2003 гг.)

Вариант пара	Содержание структурных фракций, %			Коэффициент структурности
	<0.25	0.25–10	>10	
Отвальный (контроль)	7.1	55.8	37.1	1.26
Плоскорезный	6.3	54.7	39.0	1.21
Занятый	8.0	61.1	30.9	1.57
Сидеральный	7.8	68.0	24.2	2.12
Плоскорезный + солома	6.3	58.2	35.5	1.39
Отвальный после многолетних трав	5.4	60.8	33.8	1.60
<i>HCP</i> ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	3.5	2.8	0.32

Корреляционная зависимость степени распада льняной ткани от объемной массы и влажности почвы в значительной степени определялась условиями года. В 1997 г., благоприятном по выпадению и распределению осадков, между степенью разложения ткани и содержанием влаги в почве имела место прямая зависимость ($R = 0.92 \pm 0.13$) и обратная – с объемной массой ($R = -0.57 \pm 0.21$). При неравномерном распределении осадков (1998, 2000, 2001 гг.) распад ткани в большей степени был обусловлен влажностью почвы ($R = 0.70 \pm 0.15, 0.78 \pm 0.14, 0.46 \pm 0.24$) и в меньшей – объемной массой ($R = 0.12 \pm 0.09, -0.13 \pm 0.14, -0.44 \pm 0.21$) соответственно. В 2002 г. при остром дефиците влаги во второй половине вегетации распад ткани во всех вариантах имел очень низкие показатели и существенно не различался – 9.1–12.4%. Расчеты взаимосвязи продуцирования углекислого газа и влаги в период вегетации показали, что увеличение выделения CO_2 было обусловлено изменением содержания влаги в почве. В посевах пшеницы наиболее тесную взаимосвязь наблюдали в начальный период вегетации ($R = 0.56 \pm 0.14$), в период колошения и в конце вегетации корреляционная связь была незначительной ($R = 0.28 \pm 0.11, 0.29 \pm 0.24$ соответственно). Количество нитратов в почве под посевами пшеницы было тесно сопряжено с количеством выделившегося углекислого газа ($R = 0.87 \pm 0.21$).

Улучшение биологических показателей плодородия почвы сопровождалось позитивными изменениями ее агрофизических свойств. Использование сидеральных, занятых паров и соломы способствовало увеличению структурной фракции почвы по отношению к чистым парам на 2–13% и повышению коэффициента структурности на 0.13–0.31 и 0.18–0.36 соответственно. Плоскорезная обработка в севообороте способствовала увеличению глыбистой фракции, особенно в засушливые годы и снижению коэффициента структурности до 1.21 (табл. 5).

Макроструктура во многом определяет и другие физические свойства почвы, в частности, ее объемную массу. Показано, что процесс уплотнения был выражен тем ярче, чем хуже структура почвы ($R = -0.75 \pm 0.18$). В период парования запашка сидерата, корневых и стерневых остатков приводила к снижению объемной массы по сравнению с чистыми парами в слое 0–30 см почвы на 0.14–0.15 г/см³. В этих же пределах различались показатели в изученных слоях (0–10, 10–20, 20–30 см) почвы. Разница объемной массы почвы с занятым паром составила от 0.01 до 0.04 г/см³ (табл. 6).

Плотность почвы, созданная осенью в паровых полях, сохраняла свои различия и перед посевом пшеницы: в чистых парах в слое 0–30 см – 1.33–1.35, в сидеральном и занятом пару – 1.24–1.24 г/см³. Действие сидерации прослежено в 3-м и 4-м полях севооборота. Более высокая плотность в слое 10–20 см (1.41–1.50 г/см³) отмечена под посевами пшеницы после плоскорезного пара.

Со структурой почвы тесно связана влажность почвы. Лучшим предшественником для яровой пшеницы в отношении накопления влаги в почве в условиях Забайкальского края считается чистый пар. Установлено, что количество влаги в

Таблица 6. Влияние различных видов пара на изменение объемной массы почвы в период парования, г/см³ (1996–2003 гг.)

Вариант пара	Слой почвы, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Отвальный пар (контроль)	1.22	1.36	1.37	1.32
Плоскорезный пар	1.23	1.34	1.39	1.32
Занятый пар	1.14	1.19	1.25	1.18
Сидеральный пар	1.10	1.18	1.22	1.17
Отвальный пар после многолетних трав	1.33	1.36	1.39	1.36
<i>HCP</i> ₀₅	0.02	0.03	0.03	0.03

Таблица 7. Динамика содержания нитратов в пахотном слое почвы под культурами севооборота в зависимости от различных видов пара (1996–2003 гг.), мг/кг

Вариант пара	Период посева (начало парования)	Всходы	Кущение (уборка и запашка сидератов)	Колошение, выметывание (конец парования)	Средние за вегетационный период
Пар					
Отвальный	21	–	30	27	26
Плоскорезный	22	–	32	30	28
Занятый	23	–	34	28	28
Сидеральный	22	–	32	28	27
Показатель варьирования	1–2	–	2–4	1–5	1–2
Пшеница					
Отвальный	20	23	28	25	24
Плоскорезный	27	26	45	35	33
Занятый	25	29	43	32	33
Сидеральный	27	29	47	38	35
Показатель варьирования	5–7	3–6	15–19	7–13	9–11
Овес					
Отвальный	16	20	30	25	23
Плоскорезный	17	20	36	28	25
Занятый	20	22	38	33	28
Сидеральный	22	28	40	33	31
Плоскорезный с соломой	20	28	34	34	29
Показатель варьирования	1–6	2–8	4–10	3–9	2–8
Однолетние травы (овес)					
Отвальный	24	22	26	19	23
Плоскорезный	28	28	29	23	27
Занятый	34	38	35	30	34
Сидеральный	38	40	39	34	38
Плоскорезный с соломой	32	28	32	27	30
Показатель варьирования	4–14	6–18	3–13	4–15	4–15

почве, накопленной за период парования, заметно различалось в зависимости от вида пара и зависело от условий года. В благоприятные 1996 и 2001 гг. по запасам влаги в слое 0–50 см (38.8–46.0 мм) преимущество имел сидеральный пар с редькой, в условиях засушливой 2-й половины парования (1997, 1998, 2000, 2002 гг.) выделялись чистый

плоскорезный и занятый пар (22.7–40.2 мм). В острозасушливом 2003 г. выделялся чистый отвальный пар (79.5 мм). Лучшая влагообеспеченность посевов пшеницы в период вегетации в слое 0–20 см (8.2–11.2 мм) и в слое 0–50 см (29.2–31.8 мм) отмечена после плоскорезного и занятого пара.

Таблица 8. Динамика содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы под культурами севооборота в зависимости от различных видов пара (1996–2003 гг.), мг/кг

Вариант пара	Период посева (начало парования)	Всходы	Кущение (уборка и запашка сидератов)	Колошение, выметывание (конец парования)	Средние за вегетационный период
Пар					
Отвальный	57	–	60	74	64
Плоскорезный	66	–	73	84	74
Занятый	70	–	82	79	77
Сидеральный	77	–	86	80	81
Показатель варьирования	9–20	–	13–26	5–10	10–17
Пшеница					
Отвальный	72	74	75	73	74
Плоскорезный	83	74	96	95	87
Занятый	81	85	94	99	90
Сидеральный	95	78	97	96	92
Показатель варьирования	9–23	4–11	19–22	22–26	13–18
Овес					
Отвальный	92	80	88	84	86
Плоскорезный	94	99	94	93	94
Занятый	96	89	104	98	97
Сидеральный	94	97	116	92	99
Плоскорезный с соломой	102	102	99	95	99
Показатель варьирования	2–10	9–29	6–28	9–14	8–13
Однолетние травы (овес)					
Отвальный	71	77	80	77	76
Плоскорезный	90	82	88	78	84
Занятый	86	90	89	85	88
Сидеральный	83	96	99	96	94
Плоскорезный с соломой	93	89	87	83	88
Показатель варьирования	12–31	12–19	7–19	1–19	8–18

В условиях короткого безморозного периода наличие доступных форм основных элементов питания в почве, является одним из главных условий высокой продуктивности агроценозов. В нашем исследовании состояние азотной обеспеченности почвы оценивали по количеству продуцируемых нитратов, содержание которых в

большей степени зависело от поступления органического вещества, условий увлажнения и особенностей температурного режима исследованной почвы. Установлено, что наибольшую активность микробиологической деятельности в почве по сравнению с чистым отвальным паром наблюдали в занятом, сидеральном и плоскорезном па-

Таблица 9. Динамика содержания обменного калия в пахотном слое почвы под культурами севооборота в зависимости от различных видов пара (1996–2003), мг/кг

Вариант пара	Период посева (начало парования)	Всходы	Кущение (уборка и запашка сидератов)	Колошение, выметывание (конец парования)	Средние за вегетационный период
Пар					
Отвальный	70	–	68	67	68
Плоскорезный	72	–	69	67	69
Занятый	74	–	67	69	70
Сидеральный	70	–	68	68	68
Показатель варьирования	2–4	–	1–0	1–2	1–2
Пшеница					
Отвальный	53	58	58	73	61
Плоскорезный	67	60	63	77	67
Занятый	64	63	67	79	68
Сидеральный	73	60	71	82	72
Показатель варьирования	11–20	2–5	5–13	4–9	6–11
Овес					
Отвальный	66	58	59	70	63
Плоскорезный	74	76	80	72	76
Занятый	72	80	64	73	72
Сидеральный	68	66	64	74	68
Плоскорезный с соломой	74	64	63	78	70
Показатель варьирования	2–8	6–12	4–21	2–8	5–13
Однолетние травы (овес)					
Отвальный	54	52	55	53	54
Плоскорезный	59	74	56	58	62
Занятый	63	60	70	56	62
Сидеральный	65	60	58	70	63
Плоскорезный с соломой	60	59	60	55	59
Показатель варьирования	5–11	70–22	1–15	2–17	5–9

рах с внесением соломы пшеницы (табл. 7). В среднем за вегетационный период увеличение содержания нитратов составило: в паровом поле – на 1–2, посевах пшеницы – на 9–11, овса – на 2–8, однолетних трав – на 4–15 мг/кг почвы. В отвальном пару, в следствие малого поступления органического вещества с корневыми и стерневыми остатками и низких показателях коэффициента структурности, содержание нитратов бы-

ло меньше – 23–24 мг/кг почвы. Последствия сидерации отмечены во всех полях севооборота. В целом в севообороте обеспеченность нитратами была низкой.

Аналогичные результаты получили и для содержания подвижного фосфора. Во всех полях севооборота достаточно четко проявились положительное влияние последствия сидерации и внесения соломы пшеницы (табл. 8). В среднем за

вегетационный период повышение содержания подвижного фосфора в варианте чистого отвального пара составило: в паровом поле – 10–17, в посевах пшеницы – 13–18, овса – 8–13, однолетних трав – 8–18 мг P_2O_5 /кг почвы. В вариантах с отвальной обработкой почвы соответственно содержалось 64, 74, 86 и 76 мг P_2O_5 /кг почвы.

Содержание обменного калия в паровых полях севооборота находилось на уровне исходных показателей – 68.7 мг/кг почвы, под посевами пшеницы, овса и однолетних трав преимущество по данному показателю имели варианты с плоскорезным, занятым и сидеральным паром (на 6–11, 5–13, 5–9 мг/кг почвы соответственно) (табл. 9).

Средообразующее влияние различных видов паров на урожайность пшеницы было обусловлено главным образом различием водно-физических свойств, питательного режима и биологической активностью почвы. Лучшим предшественником для пшеницы в севообороте был чистый плоскорезный пар (урожайность зерна – 1.62 т/га), но в сравнительно благоприятные годы и в годы с преимущественным выпадением осадков во 2-й половине вегетации преимущество имели занятый и плоскорезный пар с соломой (1.71–2.04 т/га). Преимущество занятого и сидерального пара выразилось в последствии на 2-ю и 3-ю культуры севооборота. Разница к чистому отвальному и плоскорезному пару составила: урожайности зерна овса – 0.37–0.5, 0.24–0.56 т/га, урожайности зеленой массы однолетних трав – 1.1–1.6, 0.4–0.9 т/га, сбора сухого вещества – 0.6–0.8, 0.3–0.5 т/га, кормовых единиц (к.е.) – 0.5–0.62, 0.32–0.44 т/га соответственно [22, 23, 25–27].

Расчеты экономической эффективности различных видов пара в полевом севообороте показали, что сумма затрат на подготовку 1 га чистых паров была меньше занятого и сидерального паров. Существенная разница в затратах обусловлена главным образом дополнительными расходами на выращивание сидеральной и парозанимающей культуры (ГСМ, удобрения, семена, уборка, транспортные расходы). При стоимости 2.0 руб./к.е. все варианты пара, за исключением сидерального пара в чистом виде и с внесением соломы, обеспечили получение условного чистого дохода и рентабельность производства. Наибольший выход кормовых единиц с 1 га севооборотной площади – 1.75–2.07 т при рентабельности 16–18% получен в вариантах занятого пара и плоскорезного с внесением соломы зерновых культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение продуктивности полевого севооборота при одновременном повышении плодородия пахотных глубокопромерзающих малогумусных малокарбонатных черноземов (low carbonate chernozem) Восточного Забайкалья невозможно без использования органических удобрений в виде сидерации, почвозащитной обработки почвы и соломы зерновых культур.

Сидеральный, занятый, плоскорезный пар и внесение в почву соломы пшеницы существенно повысили содержание органического вещества в пахотном слое почвы к исходному показателю (2.40%): в 1-й ротации севооборота – на 0.13–0.38, во 2-й – на 0.17–0.52% (в отвальном пару произошло снижение его содержания на 0.12 и 0.17% соответственно). Продуцирование углекислого газа в этих вариантах увеличилось до 1.44–1.66 кг/га/ч (в отвальном пару – 1.263 кг/га/ч).

Улучшение биологических показателей почвы сопровождалось позитивными изменениями ее агрофизических и агрохимических свойств: коэффициент структурности к варианту чистых паров повысился на 0.37–0.89 ед., содержание нитратов в полях севооборота – на 1–2 и 9–11 мг/кг почвы, подвижного фосфора – на 8–10 и 13–18, обменного калия – на 5–6 и 9–13 мг/кг почвы. Наибольший выход кормовых единиц – 1.75–2.07 т/га при рентабельности 16–18% получен в вариантах занятого пара и плоскорезного с внесением соломы пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследований почв. М.: Наука, 1966. 259 с.
2. Агрофизические методы исследований почв. М.: Наука, 1965. 257 с.
3. *Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В.* Зональные системы земледелия Читинской области. Чита, 1988. 182 с.
4. *Вадюнина А.Р., Карчагина З.А.* Определение газообмена по содержанию CO_2 в приземном слое воздуха // Методы исследования физических свойств почв. М., 1986. С. 268–271.
5. *Важенин И.Г., Важенина Е.А.* Агрохимическая характеристика почв СССР (Восточная Сибирь). М.: Наука, 1969. 210 с.
6. *Воробьев С.А.* Методы учета растительных остатков в процессе их разложения // Практикум по земледелию. М., 1971. С. 223–270.
7. *Довбан К.И.* Зеленое удобрение в современном земледелии. Вопросы теории и практики. Минск: Беларус. наука, 2009. 404 с.
8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.

9. *Егорова. Р.А., Чимитдоржиева. Г.Д.* Влияние чистого пара на содержание и состав гумуса черноземных и лугово-черноземных почв Забайкалья // *Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования*. Новосибирск: СО РАСХН, 2009. С. 271–275.
10. *Зеленин И.Н., Чернышов А.В.* Эффективность смесей бобово-капустных культур в звене сидеральный пар—озимая пшеница // *Земледелие*. 2011. № 8. С. 38–40.
11. *Ивенин В.В.* Роль чистых и занятых паров при интенсивном возделывании яровой пшеницы // *Земледелие*. 2011. № 5. С. 31–32.
12. *Куликов А.И., Корсунов В.М., Дугаров В.И.* Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогнозирование продуктивности. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1997. 312 с.
13. *Лопачев Н.А., Наумкин В.Н.* О биологизации земледелия // *Земледелие*. 1999. № 6. С. 16–17.
14. *Лошаков В.Г.* Зеленое удобрение в земледелии России. М.: ВНИИА, 2015. 300 с.
15. *Лошаков В.Г.* Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения // *Усп. совр. науки*. 2017. Т. 1. № 10. С. 24–31.
16. *Лукин С.В.* Биологизация земледелия в Белгородской области: итоги и перспективы // *Достиж. науки и техн. АПК*, 2016. Т. 3. № 7. С. 20–23.
17. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. М.: Колос, 1985. 267 с.
18. *Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения*. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.
19. *Новиков М.Н.* Сидераты в СССР сегодня и завтра // *Земледелие*. 1991. № 1. С. 63–64.
20. *Новиков М.Н., Тужилин В.М., Самохина О.А.* Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне // *Владимир: ВНИПТИОУ*, 2004. 260 с.
21. *Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
22. *Постников П.А.* Биологизированные севообороты – залог повышения урожаев // *Земледелие*. 2010. № 1. С. 7–8.
23. *Скорочкин Ю.П.* Сидеральный пар и солома – элементы биологизации земледелия в условиях Северо-Восточной части ЦЧР // *Земледелие*. 2011. № 3. С. 20–21.
24. *Уфимцева К.А.* Почвы межгорных котловин южной тайги Забайкалья. Иркутск, Чита: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1967. 102 с.
25. *Шнаар Д., Лошаков В.Г., Постников А.Н.* Возобновляемое растительное сырье. СПб.—Пушкин, 2006. Кн. 1. 416 с. Кн. 2. 382 с.
26. *Oberlander H.E.* Humus und organische Dungkung im intensiver Ackerbau // *Der Forderungsdienst*. 1977. V. 25. № 11. S. 327–330.
27. *Schmalzfuss K., Kolbe G., Schmalzfuss K.* Feldversuche mit Strohdüngung. Deutch-Landwirtsch, 1959. № 10. 343 s.

Comparative Assessment of Ways to Improve Soil Fertility and Productivity of Arable Land in Grain Steam Crop Rotation in Forest-Steppe Zone of Transbaikalia

N. G. Pilipenko

*State Scientific Establishment Research Institute of Veterinary Sciences of East Siberian FSC RAS
ul. Kirova 49, Chita 672010, Russia*

E-mail: vetinst@mail.ru

The results of a comparative assessment of various types of vapors with the use of straw of grain crops in the field crop rotation (steam-wheat—oats—annual grasses (oats)) are presented on low-humus low-carbonate chernozem (low carbonate chernozem) of the forest-steppe zone of Transbaikalia, conducted in 1996–2003 at the Research Institute of Veterinary Medicine in Eastern Siberia. The work is devoted to the study of the influence of dump, flat-cut, busy, sideral steam using wheat straw on the main indicators of soil fertility, productivity of agrocenoses and economic efficiency. It has been established that oilseed radish grown in field crop rotation with sufficient soil moisture supply can form a yield of green mass up to 22.5 t/ha and leave up to 2.9 t/ha of bark and stubble residues in the soil, in less favorable years – 1.5–2.0 times less. The enrichment of the soil in the form of green mass, root and stubble residues, as well as wheat straw significantly increased the organic matter content (up to 2.57–2.92%), the structural coefficient (1.39–2.12), activated the biological activity of the soil (CO₂ release – 1.44–1.66 kg/ha/h) and increased the mobilization of nitrates (NO₃⁻ – 30.7–37.2 mg/kg of soil). The highest economic indicators were obtained from the use of employed steam and from flat-cutting with the introduction of straw: the collection of fodder units from 1 ha of crop rotation area amounted to 2.07, 1.75 tons, respectively, profitability – 16–18%.

Key words: vapors, organic matter, biological activity, soil structure, nutrient regime, yield.