

Александр Артурович Шпедт¹, Василий Николаевич Романов^{2✉},
Юрий Николаевич Трубников³, Татьяна Анатольевна Смыткова⁴

^{1,3}Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

^{2,4}Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

³Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹shpedtaleksandr@rambler.ru

^{2,4}romanov1948@yandex.ru

³trubnikov124@yandex.ru

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАШНИ В ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Цель исследования – поиск оптимальных вариантов регулирования потоков биогенных элементов за счет совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах, рационализации приемов обработки почв, системы удобрений и защиты растений. Опытным путем установлено, что в условиях типичной части Канской лесостепи оптимизация системы удобрений способствовала сохранению показателей почвенного плодородия чернозема выщелоченного, выросла продуктивность культур. Длительное применение полного удобрения ($N_{40}P_{20}K_{20}$) на фоне использования горохо-овсяной смеси в качестве сидератов способствовало сохранению гумуса, улучшило нитрификационную способность почвы ($r = 0,76$) и определило увеличение пятиокиси фосфора ($r = 0,83$). Мининский стационар, полигон агротехнологических исследований в зоне открытой части Красноярской лесостепи, показал, что почвоводоохраняющие технологии, проводимые на основе дифференцированной схемы подготовки почвы на черноземе обыкновенном, существенно сокращают дефляцию почвенного покрова и обуславливают повышение продуктивности пашни на 25 %. Урожайность пшеницы выше при зяблевой обработке поля дискатором, для ячменя предпочтительнее оказался прямой посев, для овса – зяблевая вспашка. Затраты на подготовку почвы дискатором составляли 87,2 % от затрат на вспашку, а расход топлива был ниже на 56,7 %. При технологии прямого посева (No-till) затраты снижались на 41,4 %, а расход топлива – на 20 % от уровня затрат при традиционной обработке почвы. Зареченский стационар, расположенный на кислых почвах в подтаежной зоне, показал, что за счет удобрений продуктивность севооборота на дерново-подзолистых почвах возрастает на 62–84 %, на серых лесных – на 34–57 %.

Ключевые слова: многолетний стационар, агроландшафт, агрохимические свойства, обработка почв, севооборот, удобрения, культура, продуктивность

Для цитирования: Агротехнические приемы повышения продуктивности пашни в Приенисейской Сибири / А.А. Шпедт [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 11–19. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-11-19.

Благодарности: работа выполнена по государственному заданию: 03556-2017- 0745 создание адаптивных систем земледелия и агротехнологий нового поколения на основе цифровизации и регулирования потоков биогенных элементов в агроэкосистемах.

Alexander Arturovich Shpedt¹, Vasily Nikolaevich Romanov^{2✉}, Yuri Nikolaevich Trubnikov³, Tatyana Anatolyevna Smytkova⁴

^{1,3}Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Krasnoyarsk, Russia

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

^{2,4}Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – a separate subdivision of the Federal Research Center of the KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

³Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹shpedtaleksandr@rambler.ru

^{2,4}romanov1948@yandex.ru

³trubnikov124@yandex.ru

AGRICULTURAL TECHNIQUES TO INCREASE YENISEI SIBERIA ARABLE LAND PRODUCTIVITY

The purpose of research is to find the best options for regulating the flow of biogenic elements by improving the technologies for growing crops in field crop rotations, rationalizing soil cultivation methods, fertilizer systems and plant protection. It has been experimentally established that under the conditions of a typical part of the Kansk forest-steppe, the optimization of the fertilizer system contributed to the preservation of soil fertility indicators of leached chernozem, and crop productivity increased. Long-term use of complete fertilizer (N₄₀P₂₀K₂₀) against the background of using a pea-oat mixture as green manure contributed to the preservation of humus, improved the nitrification capacity of the soil ($r = 0.76$) and determined the increase in phosphorus pentoxide ($r = 0.83$). The Minin Station, a polygon for agrotechnological research in the zone of the open part of the Krasnoyarsk forest-steppe, showed that soil and water protection technologies carried out on the basis of a differentiated soil preparation scheme on ordinary chernozem significantly reduce soil cover deflation and cause an increase in arable land productivity by 25 %. The yield of wheat is higher when the field is cultivated in autumn with a disker; for barley, direct sowing turned out to be preferable; for oats, autumn plowing. The cost of preparing the soil with a disker was 87.2 % of the cost of plowing, and fuel consumption was 56.7 % lower. With direct sowing (No-till) technology, costs were reduced by 41.4 %, and fuel consumption by 20 % of the cost level with traditional tillage. The Zarechensky station, located on acidic soils in the subtaiga zone, showed that due to fertilizers, the productivity of crop rotation on soddy-podzolic soils increases by 62–84 %, on gray forest soils – by 34–57 %.

Keywords: long-term hospital, agricultural landscape, agrochemical properties, tillage, crop rotation, fertilizers, culture, productivity

For citation: Agricultural techniques to increase Yenisei Siberia arable land productivity / A.A. Shpedt [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(7): 11–19. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-11-19.

Acknowledgments: the work was carried out according to the state task: 03556-2017- 0745 creation of adaptive farming systems and agrotechnologies of a new generation based on digitalization and regulation of flows of biogenic elements in agroecosystems.

Введение. Основное сельскохозяйственное производство Красноярского края сосредоточено в лесостепных зонах с благоприятной обеспеченностью теплом и влагой. С 2010 г. по урожайности зерновых культур край занимает лидирующее положение в Сибирском федеральном округе. Средняя урожайность зерновых в крае в 2020 г. составила 28,8 ц/га [1]. В силу сложившихся природных различий [2, 3] и материально-технического обеспечения край представляет неоднородную агропроизводственную структуру. В одних хозяйствах урожайность достигает 5,0 т/га, в местах менее благополучных

урожайность ограничивается природным потенциалом 1,5 т/га.

В структуре распаханых почв лесостепи черноземы выщелоченные занимают 1053 тыс. га (33,3 %), черноземы обыкновенные – 647 тыс. га (20,5 %), черноземы оподзоленные – 177 тыс. га (5,6 %) [4].

Гидротермические условия определяют повышенную гумусированность, сопровождаемую укороченным гумусовым горизонтом. Характерны также карманность и языковатость черноземов с высокой степенью распаханности [5]. Около 50 % всех эксплуатируемых черноземов

отличаются значительным распространением эродированных и дефлированных участков.

Серые лесные почвы распространены на площади около 600 тыс. га, агродерново-подзолистые занимают 170 тыс. га. Эти почвы составляют основной пахотный фонд подтаежной зоны и наряду с залежными землями представляют резерв Министерства сельского хозяйства для развития как интенсивного, так и биологического земледелия [6, 7].

Цель исследования – поиск оптимальных вариантов регулирования потоков биогенных элементов за счет совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах, рационализации приемов обработки почв, системы удобрений и защиты растений.

Условия, материалы и методы. Земледелие в различных почвенно-климатических зонах обуславливает необходимость разработки конкретных, научно обоснованных адаптивно-ландшафтных технологий [8, 9]. Результаты, представленные в данном исследовании, получены на многолетних стационарах, представляющих различные агроэкологические комплексы земледельческой зоны региона.

Стационар в с. Н. Солянка, организованный в 1969 г., относится к агроландшафтам типичной части Канской лесостепи. Стационар в Минино заложен в 1978 г. на агроландшафте открытой части Красноярской лесостепи. Стационар на базе СПК «Зареченское» находится в Ачинско-Боготольском природном округе, расположен на серой лесной и дерново-подзолистой почвах.

Агроклиматические ресурсы стационаров оценивались по данным Солянской, Мининской и Тюхтетской гидрометеостанций. Среднегодовая температура воздуха колеблется от $-1,1$ до $0,3$ °С, сумма активных температур – от 1550 до 1661 °С, период вегетации – от 95 до 120 дней.

Высота снежного покрова превышает 0,5 м, а почва промерзает глубже 1 м.

В подтаежной зоне и типичной части лесостепи преобладает доля нормальных (средних) и увлажненных лет. В открытой части лесостепи преобладают годы с нормальными и засушливыми условиями [10, 11].

Агрохимические свойства почв определяли по современным [12] и общепринятым методикам: Н.А. Качинского [13, 14]; Л.Н. Александровой, О.А. Найденовой [15]; Б.А. Доспехова [16]. Использовались современные и традиционные технические средства (трактор МТЗ-82, плуг ПН-3-35, борона дисковая БДМ-6, сеялка СЗС-2,1, СЗП-3.6, опрыскиватель, комбайн САМПО-500, зерноочистительная машина «Петкус»). Приборы и лабораторное оборудование: плотномер Willi, пенетрометр ручной Eikelkamp 06.01.SA, влагомер зерна, почвенный бур для ручного отбора образцов, бюксы алюминиевые, сушильный шкаф, термометры.

Урожай зерновых приводится к 100 % чистоте и 14 % влажности. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Snedecor [17].

Результаты и их обсуждение. Многолетние исследования, проведенные на черноземе выщелоченном Солянского стационара, показали, что наибольшее влияние на продуктивность пашни оказывают азотные удобрения, обеспечивающие увеличение урожайности культур севооборота с 1,9 до 2,5 т зерновых единиц с 1 гектара севооборотной площади. Их влияние на урожайность яровой пшеницы более выражено на непаровых предшественниках, в пахотном слое которых к посеву накапливается до 5 мг/кг нитратного азота. Длительное применение полного удобрения ($N_{40}P_{20}K_{20}$) на черноземе выщелоченном за восемь ротаций шестипольного севооборота оказало существенное влияние на агрохимические свойства почвы (табл. 1).

Таблица 1

Изменение потенциального плодородия чернозема выщелоченного на Солянском стационаре под воздействием минеральных удобрений

Показатель, слой 0–20 см	Исходные данные 1969 г.	Фоны удобрений 1985 г.			НСР ₀₅
		Контроль	NPК	Орг. уд.+NPК	
Гумус, %	6,98	6,94	6,72	7,26	0,3
P ₂ O ₅ , мг/100 г	20,9	23,9	25,4	31,7	4,0
K ₂ O, мг/100 г	16,9	17,4	19,4	17,8	1,7

За период наблюдений на вариантах без удобрений (контроль) и при ежегодном внесении NPK на фоне систематического внесения навоза не происходило увеличения содержания гумуса (0,28 % при $HC_{P05} = 0,3$). При сравнении текущих результатов анализов почв с исходными наблюдениями видно, что систематическое применение минеральных удобрений обеспечивает достоверное увеличение подвижных форм фосфора и калия. Длительное применение навоза также увеличивало содержание пятиокиси фосфора ($r = 0,8$), определенное по методам Чирикова и Карпинского-Замятиной, а также улучшало нитрификационную способность почвы ($r = 0,76$).

Таким образом, систематическое применение минеральных и органических удобрений оказало позитивное влияние на эффективное и потенциальное плодородие чернозема выщелоченного.

В современный период на стационаре в севооборотах пар чистый – пар сидеральный – пшеница – ячмень возделываются современные сорта: пшеница Новосибирская 15 и ячмень Биом. Обработка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 20–22 см, ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию на глубину 10–12 см. Погодные условия типичной части лесостепи последних 3 лет, по данным метеостанции с. Н. Солянка, отличаются от средних многолетних показателей (табл. 2).

Таблица 2

Погодные условия вегетационного периода (с. Н. Солянка)

Период	Осадки, мм				Температура воздуха, °С			
	Многол.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Многол.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Посев – колошение (50 сут)	88	169	229	178	16,6	15,8	16,9	16,9
Колошение – уборка (40 сут)	86	111	72	104	15,8	17,3	17,9	17,5
За вегетацию	174	280	301	282	16,2	17,3	17,4	17,2

Влажность почвы к посеву составила: в 2019 г. – 23–28 %; в 2020 г. – 24–32; в 2021 г. – 23–26 %. За первую половину вегетации (посев – колошение) выпадало по годам исследования соответственно 169, 178 и 127 мм осадков при температуре 16,5 °С, на уровне среднего многолетнего показателя. За период колошение – уборка выпало 111 мм, температура воздуха составила 15,0 °С при средней многолетней 13,8 °С. Температура почвы на глубине 10 см составила 17,8 °С. Количество осадков за период вегетации составило 280 мм и температура воздуха 17,3 °С, что выше средних многолетних значений.

За вегетацию выпадало соответственно 280, 282, 175 мм, температура воздуха составила 17,3 °С при среднем многолетнем показателе около 16,2 °С.

Следует отметить, что регулирование обеспеченности растений продуктивной влагой, важнейшим биогенным элементом технологической платформы возделывания культур, основано на том, что при отсутствии осадков в период с 10 июня по 21 июля урожайность резко снижается. В такие годы поступление осадков после 21 июля урожай не спасает.

В таких условиях возникает необходимость регулирования потока биогенных элементов, обеспечивающих питание растений, в частности азота. Регулирование заключается в том, что при наличии нитратов в почве в период посева культур на уровне средней обеспеченности не требуется внесения большого количества минеральных азотных удобрений, вызывающих полегание пшеницы и ячменя.

Реакция сортов на удобрения высокая, это обстоятельство требует дополнительного изучения, особенно в отношении сортов интенсивного типа. Содержание азота в почве находится на одном уровне, а урожайность от внесения удобрений существенно растет (табл. 3). Урожайность пшеницы под влиянием азотных удобрений повышается на 15 %, в паровом поле – до 44 % после горохо-овсяной смеси. Совместное внесение азотных и фосфорных удобрений ($N_{40}P_{20}$) также положительно отразилось на величине урожая.

Урожайность пшеницы по пару выросла на 18 %, ячменя – на 59 %, в 2019–2021 гг. урожайность ячменя по фону $N_{40}P_{20}$ была выше контроля на 0,8 т/га (30,2 %).

Влияние нитратного азота на урожайность (2019–2021 гг.)

Вариант	Пшеница		Ячмень	
	Урожайность, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг	Урожайность, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг
По чистому пару (контр.):	26,3	6,0	27,6	5,6
N ₄₀	31,0	6,3	36,7	5,5
N ₈₀	30,7	5,7	41,8	6,0
N ₄₀ + P ₂₀ + K ₂₀	30,1	5,4	40,9	5,5
По сидеральному пару:	23,5	5,1	23,7	5,2
N ₄₀	27,4	5,7	36,8	5,3
N ₈₀	27,5	6,1	38,8	6,3
N ₄₀ + P ₂₀ + K ₂₀	28,5	5,8	39,2	6,0
НСР ₀₅ , ц/га	3,8	–	7,7	–

Уровень урожайности овса, замыкающей культуры севооборота, на контрольном варианте составил 1,9 т/га, внесение N₄₀ повысило урожайность на 42 %, N₄₀P₂₀ – на 52,6 %. Эффекта от калийных удобрений на фоне азотных и азотно-фосфорных не зафиксировано, что объяснимо уровнем естественного плодородия чернозема.

В целом отмечено преимущество звена с занятым паром над зернопаровым. Без применения удобрений средняя продуктивность культур на черноземе выщелоченном достигала 2,6 т/га зерновых единиц. На удобренном фоне разница в пользу парового звена составляла 0,6 т/га, на фоне удобрений она увеличилась до 1,1 т/га зерновых единиц.

Уровень урожайности пшеницы обусловлен предшественником и применением минеральных удобрений. Ячмень, размещаемый после пшеницы, второй культурой после пара, по продуктивности выше пшеницы.

Открытая часть Красноярской лесостепи наиболее подвержена интенсивному воздействию комплексной эрозии (рис.). Такая почва особенно нуждается в адаптивно-ландшафтном подходе к разработке и освоению систем земледелия. Наиболее важным элементом такой системы является почвозащитная и влагосберегающая обработка почвы.



Чернозем обыкновенный, водная эрозия парового поля

Эрозия и дефляция постепенно привели к тому, что на значительных площадях заметно снизились агрохимические и агрофизические показатели пахотного горизонта почв. Это послужило главной причиной необходимости перехода на почвозащитные технологии обработки почв, в т. ч. минимальную обработку и прямой посев.

По нашим наблюдениям, минимизация обработки почвы путем зяблевого дискования, а также прямой посев способствуют сохранению доступной влаги в почве к посеву зерновых культур. Так, влажность почвы в слое 0–50 см ко

времени посева сельскохозяйственных культур на участках прямого посева составляла 28 %; при обработке дискатором – 26; по вспашке – 23 %. Таким образом, запасы почвенной влаги снижаются при увеличении механической нагрузки, обусловленной различными приемами обработки почв.

Содержание нитратов весной по вспашке – около 5,2–6,4 мг/кг почвы, что соответствует низкому, 2-му классу обеспеченности; при дисковании – 3,4–3,6 и без обработки – на уровне 2,8–3,2 мг/кг почвы (табл. 4).

Таблица 4

Обеспеченность культур нитратным азотом, мг/кг

Поле севооборота	Весна 23.04	Лето 11.07	Лето 08.08	Уборка 21.09	Осень 18.10
Пар	5,2	12,3	5,5	6,2	2,1
Пшеница	2,2	12,3	4,2	4,3	2,4
Овес	2,1	15,0	5,8	6,2	2,0

Такой уровень содержания нитратов соответствует очень низкой обеспеченности (1-му классу). Низкий уровень обеспеченности отмечался в течение всего вегетационного периода, снижаясь от верхней границы шкалы к нижней. В уборку культур наблюдения показали наличие нитратов по всей метровой толще почвы, в горизонте 80–100 см их содержание составило 3,2 мг/кг.

Обеспеченность подвижным фосфором в течение вегетации культур находилась на повышенном и высоком уровне – 3,5–6,8 мг/100 г. Обеспеченность обменным калием находилась на низком и среднем уровне, составляя 20–23 мг/100 г почвы.

В отличие от нитратного азота обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием выше по минимальным приемам обработки почвы, а к середине вегетации отмечалось повышение содержания по всем вариантам опыта. В нижних горизонтах метрового профиля эти элементы также присутствовали.

Обработка почвы является одним из важнейших элементов адаптивной технологии возделывания культур, позволяющей снизить затраты, которые при использовании дискатора осенью составляют 87,2 % от затрат на вспашку, а расход топлива снижается на 43,3 %. При технологии прямого посева (No-till) затраты

снижаются до 41,4 %, а расход топлива на 1 га составляет 20 % от расхода при вспашке. При этом затраты на обслуживание техники при переходе на дискование и прямой посев снижаются с 14,9 до 12,2 ГДж/га.

Энергетическая оценка показала, что наибольший энергетический коэффициент получен на варианте минимальной обработки с применением аммиачной селитры (4,8) и прямого посева без применения минеральных удобрений (4,4). Оценка различных систем обработки почвы позволяет отметить ощутимую энергетическую эффективность ресурсосберегающих технологий и оценить возможности внедрения их в производство с учетом требований культур.

В многолетних опытах установлено, что на плодородных черноземах обыкновенных культур севооборота по-разному реагировали на способы обработки почвы.

Негативные последствия деградации почв отразились на урожайности сельскохозяйственных культур. Так, если в 1981–1985 гг. XX в. урожайность зерновых культур в ОПХ «Минино» составляла 2,8 т/га, то к началу 20-х гг. XXI в. снизилась до 2,3 т/га, а в засушливые годы – до 1,5 т/га (табл. 5).

Урожайность пшеницы по пару (Минино), т/га

Вариант обработки		1981–1985 гг.	2019–2021 гг.	Среднее
Зяблевая обработка	вспашка	2,8	2,3	2,6
	дискование	3,1	2,4	2,7
Прямой посев		2,9	2,5	2,7
НСР ₀₅		0,1	0,1	–

Существенная прибавка урожая пшеницы отмечена при зяблевой обработке поля дискатом, для ячменя предпочтительнее оказался прямой посев, для овса – зяблевая вспашка. Вариабельность урожайности пшеницы по пару составляла от 1,8 до 3,1 т/га. За период 2019–2021 гг. применение аммиачной селитры в количестве 1 ц/га повышало урожайность пшеницы на 0,3 т/га.

В целом изменчивость погоды во времени, динамика продуктивной влаги и элементов питания в почве могут служить оценкой производительности черноземов обыкновенных Красноярской лесостепи с четко фиксированными параметрами естественного уровня почвенного плодородия.

На нечерноземных почвах под влиянием различных доз и сочетаний минеральных удобрений средняя продуктивность 1 га севооборотной площади с чередованием культур: пар – озимая рожь – ячмень + клевер – клевер 1-го года, клевер 2-го года – лен-долгунец – пшеница – овес, – на агродерново-подзолистых поч-

вах увеличивается на 40–70 %, на агросерых лесных – на 41–58 %.

Внесение полного удобрения в дозе (N₃₀P₃₀K₃₀) существенно увеличивает продуктивность всех культур исследуемого севооборота, что объясняется ограниченным природным потенциалом исследуемых почв. Удвоение дозы удобрений повышает продуктивность всех культур севооборота, за исключением клевера на агросерой лесной почве. Внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах от 30 до 180 кг/га на фоне N₃₀-N₉₀ в восьмипольном севообороте на агродерново-подзолистых и агросерых лесных почвах не повлияло на содержание в них гумуса и кислотность.

Разница с исходным содержанием гумуса незначительна и составила 0,2 % (НСР₀₅ = 0,4), а гидролитическая кислотность – 0,9 мг-экв/100 г почвы (НСР₀₅ = 0,9). Вместе с тем такая доза удобрений обусловила увеличение подвижного фосфора на 2,5 мг, а обменного калия – на 2,0 мг/100 г почвы (табл. 6).

Таблица 6

Агрохимические свойства почв и продуктивность севооборотов опытных стационаров

Гумус, %	рН _{сол.}	Нг	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Продуктивность	
		мг-экв/100 г почвы		мг/100 г почвы		т/га зерн. ед.	
						без удобр.	удобрено
Чернозем выщелоченный, стационар с. Н. Солянка							
6,1	6,4	2,4	48,0	19,8	16,1	1,9	2,6
Чернозем обыкновенный, стационар с. Минино							
8,7	7,4	0,7	54,0	4,8	22,0	2,0	2,6
Серая лесная почва, стационар СПК Зареченское							
4,5	4,7	6,5	16,0	7,4	8,1	1,2	1,9
Дерново-подзолистая почва, стационар СПК Зареченское							
2,2	4,5	4,1	9,0	2,3	6,2	1,0	1,7

Из этого следует, что применение минеральных удобрений на агродерново-подзолистых и

агросерых лесных почвах оказывает положительное влияние как на эффективное, так и на потенциальное плодородие пахотных земель.

Заключение. В типичной части лесостепи на черноземе выщелоченном азотные удобрения обеспечивают увеличение продуктивности севооборота в среднем на 0,6 т/га. Доказано преимущество зернопропашного звена севооборота по сравнению с зернопаровым, на фоне удобрений урожайность увеличилась на 1,1 т/га зерновых единиц.

Почвоохранные технологии в условиях открытой лесостепи, сокращая дефляцию почвенного покрова, обуславливают повышение продуктивности пашни на 25 %. Затраты на подготовку почвы дискатором составляли 87,2 % от затрат на вспашку, а расход топлива был ниже на 56,7 %. При технологии прямого посева (No-till) затраты снижались на 41,4 %, а расход топлива – на 20 % от уровня при традиционной обработке почвы.

Возделывание второй пшеницы после пара в условиях открытой лесостепи показало эффективность технологии вспашки с применением аммиачной селитры и протравителя семян «Оплот Трио». Такая технология обеспечила рост урожайности в сравнении с прямым посевом на 35 % при росте затрат на 41,4 %. На варианте с минимальной обработкой почвы (дискование) урожайность выросла на 24 %, а затраты – на 18,8 %.

На кислых почвах подтаежной зоны продуктивность зерновых культур за счет удобрений увеличивалась на 80–100 %; клевера – на 50–70; льна-долгунца – на 20–30 %. Общая продуктивность полевого севооборота на агродерново-подзолистых почвах увеличивалась на 62–84 %, на агросерых лесных – на 34–57 %.

Список источников

1. Агропромышленный комплекс Красноярского края в 2020 г. Красноярск, 2021. 242 с.
2. Рудой Н.Г. Производительная способность почв Приенисейской Сибири: монография / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2010. 200 с.
3. Трубников Ю.Н. Природные ресурсы и агроэкологический потенциал сельскохозяйственных культур в Красноярском крае // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 6. С. 63.

4. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края: монография / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2002. 332 с.
5. Шпедт А.А., Едимечев Ю.Ф., Трубников Ю.Н. Агроэкологические аспекты проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в условиях Средней Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 5. С. 5–10.
6. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под ред. С.В. Брылева. Красноярск, 2015. С. 27–32.
7. Оценка и технологии освоения залежных земель Красноярского края: науч.-практ. рекомендации / Ю.Н. Трубников [и др.]. Ижевск, 2021. 53 с.
8. Рекомендации по возделыванию пшеницы в Красноярском крае / Н.А. Сурин [и др.]. Красноярск, 2021. 132 с.
9. Романов В.Н. Технологическая платформа возделывания ячменя в Красноярской лесостепи // Agritech – v – 2021. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839 (2021) 042017. DOI: 10.1088/1755-1315/839/4/042017.
10. Агрометеобюллетени АМС «Минино» за 2011–2021 гг. Красноярск, 2022.
11. Интернет ресурс Красноярск метео, 2021 г. URL: <http://meteo.krasnoyarsk.ru>.
12. Руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве. М., 2018. 217 с.
13. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высш. шк., 1970. 360 с.
14. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
15. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Колос, 1967. 350 с.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
17. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.

References

1. Agropromyshlennyy kompleks Krasnoyarskogo kraya v 2020 g. Krasnoyarsk, 2021. 242 s.
2. Rudoy N.G. Proizvoditel'naya sposobnost' pochv Prienisejskoj Sibiri: monografiya / Kras-

- noyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2010. 200 s.
3. *Trubnikov Yu.N.* Prirodnye resursy i agro`ekologicheskij potencial sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Krasnoyarskom krae // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. T. 30, № 6. S. 63.
4. *Krupkin P.I.* Chernozemy Krasnoyarskogo kraya: monografiya / Krasnoyarsk. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2002. 332 s.
5. *Shpedt A.A., Edimeichev Yu.F., Trubnikov Yu.N.* Agro`ekologicheskie aspekty proektirovaniya adaptivno-landshaftnyh sistem zemledeliya v usloviyah Srednej Sibiri // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32, № 5. S. 5–10.
6. Sistema zemledeliya Krasnoyarskogo kraya na landshaftnoj osnove: nauch.-prakt. rekomendacii / pod red. S.V. Bryleva. Krasnoyarsk, 2015. S. 27–32.
7. Ocenka i tehnologii osvoeniya zaleznyh zemel' Krasnoyarskogo kraya: nauch.-prakt. rekomendacii / Yu.N. Trubnikov [i dr.]. Izhevsk, 2021. 53 s.
8. Rekomendacii po vzdelyvaniyu pshenicy v Krasnoyarskom krae / N.A. Surin [i dr.]. Krasnoyarsk, 2021. 132 s.
9. *Romanov V.N.* Tehnologicheskaya platforma vzdelyvaniya yachmenya v Krasnoyarskoj lesostepi // Agritech – v – 2021. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839 (2021) 042017. DOI: 10.1088/1755-1315/839/4/042017.
10. Agrometeobyulleteni AMS «Minino» za 2011–2021 gg. Krasnoyarsk, 2022.
11. Internet resurs Krasnoyarsk meteo, 2021 g. URL: <http://meteo.krasnoyarsk.ru>.
12. Rukovodstvo po provedeniyu registracionnyh ispytanij agrohimikatov v sel'skom hozyajstve. M., 2018. 217 s.
13. *Kachinskij N.A.* Fizika pochv. M.: Vyssh. shk., 1970. 360 s.
14. Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv. M.: Nauka, 1975. 656 s.
15. *Aleksandrova L.N., Najdenova O.A.* Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu. L.: Kolos, 1967. 350 s.
16. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 352 s.
17. *Sorokin O.D.* Prikladnaya statistika na komp'yutere. Novosibirsk, 2004. 162 s.

Статья принята к публикации 29.05.2022 / The article accepted for publication 29.05.2022.

Информация об авторах:

Александр Артурович Шпедт¹, директор; профессор кафедры водных и наземных экосистем; доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

Василий Николаевич Романов², главный научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Юрий Николаевич Трубников³, ведущий научный сотрудник; профессор кафедры почвоведения и агрохимии; доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Татьяна Анатольевна Смыткова⁴, научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий

Information about the authors:

Alexander Arturovich Shpedt¹, Director; Professor at the Department of Aquatic and Terrestrial Ecosystems; Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

Vasily Nikolaevich Romanov², Chief Researcher, Laboratory of Variety Agrotechnologies, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Yuri Nikolaevich Trubnikov³, Leading Researcher; Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry; Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Tatyana Anatolyevna Smytkova⁴, Researcher, Laboratory of Variety Agrotechnologies