

Разработка схемы севооборотов под зерновые культуры в степной зоне Республики Тыва

А. С. Сотпа[✉], Е. Е. Кузьмина

Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Кызыл, Россия

[✉]E-mail: 70cac@mail.ru

Аннотация. Целью работы было обоснование оптимальных севооборотов, обеспечивающих устойчивую урожайность яровой пшеницы и поддержание плодородия темно-каштановых почв в степной зоне Республики Тыва. Установлена возможность использования короткоротационных севооборотов для хозяйств, находящихся на территории Тувы, специализирующихся на производстве зерновых культур. **Методы.** Исследования проводились на опытно-экспериментальных полях Тувинского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН в период с 2022 по 2024 г. Объектом исследований являлись темно-каштановая почва, яровая пшеница. В почвенных образцах определялись продуктивная влажность почвы термостатно-весовым методом, содержание нитратного азота – ионоселективным методом, подвижные соединения фосфора – по методу Мачигина. **Результаты** показали, что в суровых климатических условиях региона целесообразно возделывать яровую пшеницу в структуре зернопаровых двухпольных севооборотов с короткой ротацией. В более засушливые годы двухпольные севообороты (чистый пар – пшеница) дают возможность получать наиболее стабильные урожаи пшеницы (0,71 т/га). В благоприятные по метеоусловиям годы использование трехпольного севооборота (чистый пар – многолетние травы – пшеница) способствует улучшению плодородия темно-каштановых почв, повышению урожаев яровой пшеницы (до 3,10 т/га). Установлено, что применение минеральных удобрений с химической защитой растений не снижает роли севооборота в повышении показателей урожайности яровой пшеницы и улучшении плодородия темно-каштановой почвы. Использование средств химизации увеличивает урожайность мягкой яровой пшеницы, существенная прибавка наблюдалась в зернопаровом двухпольном и бессменном возделывании пшеницы. Использование минеральных удобрений повышает урожайность яровой пшеницы, причем наиболее значительный прирост наблюдается при выращивании в зернопаровом севообороте (двухпольном) и при бессменном возделывании. **Научная новизна.** Определены оптимальные схемы севооборотов для получения стабильных урожаев яровой пшеницы и воспроизводства плодородия темно-каштановой почвы в степной зоне Республики Тыва.

Ключевые слова: яровая пшеница, севообороты, продуктивная влага, урожайность, темно-каштановая почва, агрометеорологические условия, удобрение

Для цитирования: Сотпа А. С., Кузьмина Е. Е. Разработка схемы севооборотов под зерновые культуры в степной зоне Республики Тыва // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1021–1030. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1021-1030>.

Дата поступления статьи: 10.11.2025, **дата рецензирования:** 14.01.2026, **дата принятия:** 07.03.2026.

Development of a crop rotation scheme for grain crops in the steppe zone of the Republic Tuva

A. S. Sotpa[✉], E. E. Kuzmina

Tuvan Scientific Research Institute – a branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russia

[✉]E-mail: 70CAC@mail.ru

Abstract. The purpose of the study was to substantiate optimal crop rotations that ensure stable spring wheat yields and maintain the fertility of dark chestnut soils in the steppe zone of the Republic Tuva. The feasibility of using short-rotation crop rotations for farms in Tuva specializing in grain production was established. **Methods.** Research was conducted on the experimental fields of the Tuan SRI – branch of SFSCA RAS, from 2022 to 2024. Objects of the research were dark chestnut soil and spring wheat. Productive soil moisture was determined using the thermostatic-weight method, the nitrate nitrogen content was determined using the ion-selective method, and the mobile phosphorus compounds were determined using the Machigin method. **Results.** Conducted studies have shown that in the arid conditions of the steppe zone of the republic, it is expedient to cultivate spring wheat in the structure of short-rotation grain-fallow 2-field crop rotations. In the most arid years, 2-field crop rotations: pure fallow-wheat, allow to obtain the most stable yields of wheat (0,71 t/ha). In years with favorable agrometeorological conditions, the use of a grain-fallow-grass crop rotation, consisting of pure fallow, perennial grasses, and wheat, helps to improve the fertility of dark chestnut soils and increase wheat yields (up to 3,10 t/ha). It has been proven that the use of mineral fertilizers and chemical plant protection products does not reduce the role of crop rotation in increasing the yield of spring wheat and restoring the fertility of dark chestnut soil. The use of chemical fertilizers increases the yield of spring wheat, with the most significant increase observed when grown in a grain-fallow crop rotation (two-field) and with continuous cultivation. **Scientific novelty.** Optimal crop rotation schemes have been determined for obtaining stable yields of spring wheat and reproducing the fertility of dark chestnut soil in the steppe zone of the Republic Tuva.

Keywords: spring wheat, crop rotations, productive moisture, yield, dark chestnut soil, agrometeorological conditions, fertilizer

For citation: Sotpa A. S., Kuzmina E. E. Development of a crop rotation scheme for grain crops in the steppe zone of the Republic Tuva. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1021–1030. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1021-1030>. (In Russ.)

Date of paper submission: 10.11.2025, **date of review:** 14.01.2026, **date of acceptance:** 07.03.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Почвенный покров Республики Тыва не отличается многообразием. Большая часть пашни представлена каштановыми почвами (67 %). Вследствие жесткого дефицита атмосферного увлажнения и нагрузки сельскохозяйственной техники каштановые почвы теряют свое естественное плодородие, что приводит к недобору урожая [1–4]. Вся история развития научных основ земледелия и севооборотов показывает, что важнейшей задачей российской аграрной науки была и остается задача сохранения и воспроизводства почвенного плодородия [5; 6]. Продуктивность сельскохозяйственных культур в основном лимитируется питанием растений, и азот как важнейший элемент в составе гумусовых веществ определяет плодородие черноземов и зависит от вариальности факторов среды, вносимых форм и доз удобрений, севооборота и способа обработки [7–10].

В России почти 2 млрд га земли подвержено деградационным процессам. Этому способствовали интенсивное использование пашни, нагрузки тяжелой агротехники проводимых за сезон. Поэтому повысить уровень плодородия деградированных и малозффективных земель возможно в структуре правильно построенного севооборота [11–13].

Севооборот является действенным методом, решающим главные задачи современных систем земледелия. Только в севообороте можно эффективно использовать всю агротехническую работу: систему обработки почвы, внесение удобрений, уничтожение вредителей и предотвращение болезней растений [14–16].

В связи с этим в современных условиях, где постоянно меняются погодные условия, а также агрономические основы ведения сельского хозяйства, стационарные опыты являются важной информационной базой для ведения земледелия на научной ос-

нове. Исследования, проводимые в стационарных опытах, дают возможность выявить изменения в плодородии почвы под действием внесения удобрения и проектировать севообороты, направленные не только на увеличение растениеводческой продукции, но и на реализацию их влияния на почвенное плодородие [17; 18].

Внесение рациональных доз минеральных удобрений является реальной возможностью сохранить почвенное плодородие и повысить урожайность зерновых культур [19; 20]. В Республике Тыва внесение удобрений под яровую пшеницу увеличивает ее урожайность в среднем на 25–30 % [21; 22].

Методология и методы исследования (Methods)

В первый год на опытно-экспериментальных полях Тувинского НИИСХ заложен стационарный полевой опыт. В него были включены различные варианты севооборота:

- 1) зернопаровой двухпольный севооборот (пар – пшеница);
- 2) яровая пшеница бессменно;
- 3) зернопаротравяной трехпольный севооборот (пар – многолетние травы – пшеница);
- 4) зернопаровой трехпольный севооборот (пар – овес – пшеница).

Опыты были проведены на двух фонах химизации: без применения удобрений (контроль, фон 0), применение минеральных удобрений и средств защиты растений (фон 1). Удобрение в виде нитроаммофоски добавляли рано весной из расчета 60 кг д. в. / га. Против комплекса листо-стеблевых инфекций посевы пшеницы обрабатывали в фазу колошения фунгицидом «Тилт» 0,8 л/га. Размещение вариантов в опыте систематическое, повторность трехкратная. Площадь учетной делянки в опыте – 112 м² (2,8 × 40 м). Высевали яровую пшеницу сорта Чагытай. Предпосевная обработка почвы проводилась согласно зональной системе земледелия. До посева на опытных участках проведено закрытие влаги БИГ-3. Посев проводится сеялкой СЗС-2,8. После посева почва прикатывается катками ЗККШ-6А для равномерного появления всходов. Учет урожая яровой пшеницы проводили прямым комбайнированием с приведением зерна ко влажности 14 % и чистоты 100 %.

На опытных участках представлены почвы маломощные, малогумусные, с легким гранулометрическим составом, темно-каштановые. Количество гумуса 4,6–4,7 %, рН 7,0, общий азот 0,20 %. Содержание легко подвижного фосфора по Мачигину среднее (16 мг/кг), обменный калий по Мачигину низкий (138 мг/кг).

Лабораторные исследования почвенных образцов проводились в испытательной лаборатории ФГБУ ГСАС «Тувинская» с использованием спектрометра Spekol-11, иономера ИТАН.

Агроклиматические ресурсы (температура воздуха, осадки) – по данным Сосновской метеостанции.

Агрометеорологические условия 2021–2024 годов: 2021 год – избыточно влажный (ГТК = 1,97); 2022 год – засушливый (ГТК = 0,97); 2023 год – недостаточно влажный (ГТК = 1,06); 2024 год – сильно засушливый (ГТК = 0,37).

Количество осадков в 2021 году превышало среднееголетние значения на 36,1 % и составило 379,6 мм. Наибольшее количество осадков в 2021 году выпало в августе (101,1 мм при 148,7 % от многолетних значений).

За сезон в 2022 году дефицит осадков по сравнению со среднееголетними значениями составил 95,8 мм. Почти полное отсутствие дождей в мае (отклонение от нормы на –16,3 мм) неблагоприятно повлияло на всходы пшеницы. В фазу кущения пшеницы (в I декаде выпало 19,5 мм, или 33,3 % от нормы) несколько улучшили состояния посевов, однако в период трубкования пшеницы высокие температуры воздуха (среднедекадные превышали многолетние значения на 2,6 и 4,0 °C во II и III декадах июня соответственно) угнетающе действовали на пшеницу.

За вегетационный период в 2023 году выпало 344,5 мм осадков. Наименьшее количество осадков наблюдались в III декаде мая (0,5 мм, или 4,5 % от многолетних значений). Очень засушливым был весь июнь, за месяц выпало всего 7,7 мм осадков, отклонение от многолетних составило –40,3 мм. Наибольшее количество осадков наблюдалось в III декаде июля, где выпало в 3,1 раза больше среднееголетних. Самым неблагоприятным периодом оказался июнь, где в I и во II декаде среднесуточные температуры превышали норму на 4,6° и 1,5 °C соответственно, что в сочетании с отсутствием осадков в этот период неблагоприятно повлияло на фазу кущения пшеницы.

Наиболее неблагоприятным годом в развитии пшеницы был 2024 год, так как самые ответственные периоды сопровождалось отсутствием осадков и высокими температурами воздуха. Так, в период кущения не было осадков, а температура воздуха превышала среднееголетние значения на 8,4 °C, в период выхода в трубку выпало 1,8 мм осадков, что на 18,2 мм меньше среднееголетних значений, а температура воздуха была выше средних на 5,1 °C.

Результаты (Results)

Растения пшеницы способны переносить значительные колебания в увлажнении, но, чтобы развить мощную корневую систему из узла кущения, важен достаточный запас продуктивной влаги в момент посева пшеницы.

Результаты наших исследований за 2022–2024 годы показали, что на накопление продуктивной

влаги перед посевом яровой пшеницы существенное влияние оказывали агрометеорологические условия предыдущего года исследования.

В зернопаровых двух- и трехпольных севооборотах наибольшее накопление продуктивной влаги в почве происходило после засушливого 2022 года, чем после влажных 2021 и 2023 годов. Так, к посеву яровой пшеницы в 2023 году в зернопаровом двухпольном севообороте количество продуктивной влаги в почве было в среднем на 45–40,5 % больше, в зернопаровом трехпольном севообороте – на 14,3–39,2 % больше, чем в 2022 и 2024 годах (таблица 1).

В зернопаротравяном и бессменном возделывании пшеницы увеличение продуктивной влаги в почве происходило после избыточно влажного 2021 года. В частности, к посеву яровой пшеницы в 2022 году в зернопаротравяном севообороте содержание влаги в почве было в среднем на 37,6–68,7 % больше, а повторных посевах пшеницы на 26,1–36,1 % больше, чем в 2023 и 2024 годах соответственно.

Внесение минерального удобрения в период посева яровой пшеницы обеспечивало большее увеличение влажности почвы после избыточно влажного 2021 года, чем после засушливых 2022 и 2023 годов. Так, в 2023 году наибольшая разница между удобренными и неудобренными вариантами была отмечена в период посева пшеницы в зернопаровом

двухпольном и зернопаротравяном севообороте: 40,9 и 49,3 мм соответственно. После остальных вариантов эта разница не превышала 11 мм.

Пшеница требовательна к условиям питания. Она преимущественно усваивает азот в форме нитратов. Содержание нитратного азота в почве варьируется в зависимости от климатических факторов, интенсивности почвенных процессов и типа предыдущей культуры.

В наших исследованиях наибольшее количество нитратного азота в посевах пшеницы наблюдалось после избыточно влажного 2021 года, чем после засушливых 2022 и 2023 годов.

В первый год исследований перед посевом пшеницы повышенное содержание азота нитратов в пахотном слое почвы наблюдалось в зернопаротравяном (в среднем 27,7 мг/кг) и зернопаровом двухпольном (в среднем 19,8 мг/кг) севооборотах. В трехпольном севообороте количество азота нитратов в почве было больше на фоне без удобрения (84,6 %), на фоне с удобрением больше (86,3 %) в сравнении с 2023 и 2024 годами. По полученным данным в зернопаровом двухпольном севообороте на фоне без удобрений количество азота нитратов в почве было больше на 46,9 %, на фоне с удобрением больше на 17,5 % в сравнении с 2023 и 2024 годами (таблица 2).

Таблица 1
Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом яровой пшеницы по вариантам опыта, мм

Вариант севооборота (фактор В)	Удобрение (фактор А)	
	0	1
2022 год		
Зернопаровой двухпольный	68,0	108,9
Зернопаротравяной	130,7	180,0
Зернопаровой трехпольный	105,0	114,5
Яровая пшеница бессменно (контроль)	96,1	106,9
НСР ₀₅ А, В	А – 3,687, В – 7,036	
2023 год		
Зернопаровой двухпольный	160,6	161,0
Зернопаротравяной	96,5	97,2
Зернопаровой трехпольный	129,2	126,9
Яровая пшеница бессменно (контроль)	75,9	74,0
НСР ₀₅ А, В	А – 5,052, В – 9,477	
2024 год		
Зернопаровой двухпольный	94,3	96,6
Зернопаротравяной	46,7	50,5
Зернопаровой трехпольный	75,7	80,0
Яровая пшеница бессменно (контроль)	63,3	66,5
НСР ₀₅ А, В	А – 3,834, В – 7,245	

Примечание. Вариант 0 – контроль; 1 – удобрение;
фактор А – удобрение; В – севооборот.

Table 1
Productive moisture reserves in the meter-thick soil layer before sowing spring wheat according to experimental variants, mm

Cropprotationoption (factor B)	Fertilizer (factor A)	
	0	1
2022		
Grain-fallow 2-field	68.0	108.9
Grain-steam-herbal	130.7	180.0
Grain-fallow 3-field	105.0	114.5
Spring wheat continuously (control)	96.1	106.9
LSD ₀₅ A, B	A – 3.687, B – 7.036	
2023		
Grain-fallow 2-field	160.6	161.0
Grain-steam-herbal	96.5	97.2
Grain-fallow 3-field	129.2	126.9
Spring wheat continuously (control)	75.9	74.0
LSD ₀₅ A, B	A – 5.052, B – 9.477	
2024		
Grain-fallow 2-field	94.3	96.6
Grain-steam-herbal	46.7	50.5
Grain-fallow 3-field	75.7	80.0
Spring wheat continuously (control)	63.3	66.5
LSD ₀₅ A, B	A – 3.834, B – 7.245	

Note. Option 0 – control; 1 – fertilizer;
factor A – fertilizer; and factor; B – crop rotation.

Таблица 2
Запасы N-NO₃ в пахотном слое почвы
перед посевом яровой пшеницы
по вариантам опыта, мг/кг

Вариант севооборота (фактор В)	Удобрение (фактор А)	
	0	1
2022 год		
Зернопаровой двухпольный	21,3	18,3
Зернопаротравяной	25,4	30,0
Зернопаровой трехпольный	15,4	17,0
Яровая пшеница бессменно (контроль)	10,0	19,0
НСР ₀₅ А, В	А – 1,375; В – 2,624	
2023 год		
Зернопаровой двухпольный	13,3	20,4
Зернопаротравяной	5,2	5,7
Зернопаровой трехпольный	7,4	19,2
Яровая пшеница бессменно (контроль)	10,0	16,2
НСР ₀₅ А, В	А – 0,285; В – 0,534	
2024 год		
Зернопаровой двухпольный	9,3	9,8
Зернопаротравяной	2,5	2,5
Зернопаровой трехпольный	6,3	6,6
Яровая пшеница бессменно (контроль)	7,1	8,1
НСР ₀₅ А, В	А – 0,225; В – 0,318	

Примечание. Вариант 0 – контроль; 1 – удобрение;
фактор А – удобрение; В – севооборот.

Таблица 3
Запасы P₂O₅ в пахотном слое почвы перед
посевом яровой пшеницы по вариантам
опыта, мг/кг

Вариант севооборота (фактор В)	Удобрение (фактор А)	
	0	1
2022 год		
Зернопаровой двухпольный	23,3	27,7
Зернопаротравяной	23,1	31,7
Зернопаровой трехпольный	25,9	33,0
Яровая пшеница бессменно (контроль)	23,8	28,3
НСР ₀₅ А, В	А – 3,225; В – 6,156	
2023 год		
Зернопаровой двухпольный	16,0	22,0
Зернопаротравяной	6,5	11,0
Зернопаровой трехпольный	11,0	11,0
Яровая пшеница бессменно (контроль)	11,0	11,0
НСР ₀₅ А, В	А – 0,478; В – 0,896	
2024 год		
Зернопаровой двухпольный	28,3	30,0
Зернопаротравяной	7,9	9,0
Зернопаровой трехпольный	20,3	22,0
Яровая пшеница бессменно (контроль)	27,0	30,4
НСР ₀₅ А, В	А – 0,139; В – 0,196	

Примечание. Вариант 0 – контроль; 1 – удобрение;
фактор А – удобрение; В – севооборот.

Table 2
N-NO₃ reserves in the arable soil layer
before sowing spring wheat according
to experimental variants, mg/kg

Crop rotation option (factor B)	Fertilizer (factor A)	
	0	1
2022		
Grain-fallow 2-field	21.3	18.3
Grain-steam-grass	25.4	30.0
Grain-fallow 3-field	15.4	17.0
Spring wheat is constantly (control)	10.0	19.0
LSD ₀₅ A, B	A – 1.375; B – 2.624	
2023		
Grain-fallow 2-field	13.3	20.4
Grain-steam-grass	5.2	5.7
Grain-fallow 3-field	7.4	19.2
Spring wheat is constantly (control)	10.0	16.2
LSD ₀₅ A, B	A – 0.285; B – 0.534	
2024		
Grain-fallow 2-field	9.3	9.8
Grain-steam-grass	2.5	2.5
Grain-fallow 3-field	6.3	6.6
Spring wheat is constantly (control)	7.1	8.1
LSD ₀₅ A, B	A – 0.225; B – 0.318	

Note. Option 0 – control; 1 – fertilizer;
factor A – fertilizer; and factor; B – crop rotation.

Table 3
P₂O₅ reserves in the arable soil layer
before sowing spring wheat according
to experimental variants, mg/kg

Crop rotation option (factor B)	Fertilizer (factor A)	
	0	1
2022		
Grain-fallow 2-field	23.3	27.7
Grain-steam-grass	23.1	31.7
Grain-fallow 3-field	25.9	33.0
Spring wheat continuously (control)	23.8	28.3
LSD ₀₅ A, B	A – 3.225; B – 6.156	
2023		
Grain-fallow 2-field	16.0	22.0
Grain-steam-grass	6.5	11.0
Grain-fallow 3-field	11.0	11.0
Spring wheat continuously (control)	11.0	11.0
LSD ₀₅ A, B	A – 0.478; B – 0.896	
2024		
Grain-fallow 2-field	28.3	30.0
Grain-steam-grass	7.9	9.0
Grain-fallow 3-field	20.3	22.0
Spring wheat continuously (control)	27.0	30.4
LSD ₀₅ A, B	A – 0.139; B – 0.196	

Note. Option 0 – control; 1 – fertilizer;
factor A – fertilizer; and factor; B – crop rotation.

В среднем содержание нитратного азота в почве составило 16,2 мг/кг в зернопаровом севообороте и 14,5 мг/кг при бессменном выращивании пшеницы. Разница между этими показателями указывает на влияние севооборота на азотный режим почвы. В 2022 году в рамках зернопаротравяного трехпольного севооборота содержание нитратного азота в почве было выше на 55,2 % при отсутствии удобрений и на 24,1 % при их внесении по сравнению с показателями 2023 и 2024 годов. В условиях бессменного возделывания пшеницы содержание нитратного азота в почве в период 2023–2024 годов показало увеличение по сравнению с контролем (без удобрений) на 14 % и на 32,3 % на фоне применения удобрений. Наряду с азотным питанием для формирования урожая пшеницы нужно применять еще фосфорное питание.

Проведенные наши исследования показали, что содержание легкоподвижных фосфатов в почве существенно зависело от вида севооборотов и условий года.

В зернопаровом двухпольном севообороте содержание P_2O_5 перед посевом пшеницы за три года исследования было относительно стабильным: в пахотном слое почвы в 2022 году оно в среднем составило 25,5 мг/кг, в 2023 году – 19 мг/кг, в 2024 году – 29,2 мг/кг.

В зернопаровом трехпольном и зернопаротравяном севообороте наибольшие запасы P_2O_5 наблюдались после влажного года, чем после засушливых годов. Так, в зернопаротравяном севообороте в 2023 году после избыточно влажного 2021 года запасы P_2O_5 в почве на фоне без удобрения были больше на 68,8 %, на фоне с удобрением больше на 68,5 % в сравнении с 2023 и 2024 годами. В зернопаровом трехпольном севообороте запасы P_2O_5 на фоне без удобрений в 2023 году были больше на 26,6 %, на фоне с удобрением больше на 50 % в сравнении с 2023–2024 годами.

В бессменном возделывании пшеницы характер накопления P_2O_5 в пахотном слое почвы был волнообразным. Наибольшие запасы легкоподвижного фосфора были отмечены после избыточно влажного 2021 года и недостаточно влажного 2023 года. Результаты исследований установили, что запасы легкоподвижного фосфора в почве в 2022 и 2024 годах были больше в среднем на 59,4 % в сравнении с 2023 годом (таблица 3).

Наши исследования, проведенные в 2022–2024 годах, показали, что максимальный урожай яровой пшеницы был получен в 2022 году в зернопаротравяном севообороте. Средняя урожайность в этом варианте составила 3,10 т/га. Этому сопутствовало высокое содержание в 2022 году азота нитратов в почве и высокие запасы продуктивной влаги (таблица 4).

Таблица 4
Урожайность яровой пшеницы в зависимости от севооборотов и удобрений, мг/кг

Вариант севооборота (фактор В)	Удобрение (фактор А)	
	0	1
2022 год		
Зернопаровой двухпольный	1,90	2,01
Зернопаротравяной	3,09	3,11
Зернопаровой трехпольный	0,87	0,91
Яровая пшеница бессменно (контроль)	1,01	1,70
НСР ₀₅ А, В	А – 1,375; В – 2,624; АВ – 4,492	
2023 год		
Зернопаровой двухпольный	1,19	1,68
Зернопаротравяной	1,09	1,36
Зернопаровой трехпольный	1,14	1,38
Яровая пшеница бессменно (контроль)	0,78	1,58
НСР ₀₅ А, В	А – 0,285; В – 0,534; АВ – 0,903	
2024 год		
Зернопаровой двухпольный	0,71	0,70
Зернопаротравяной	0,32	0,29
Зернопаровой трехпольный	0,41	0,40
Яровая пшеница бессменно (контроль)	0,29	0,27
НСР ₀₅ А, В	А – 0,225; В – 0,318; АВ – 0,450	

Примечание. 0 – контроль; 1 – удобрение;
А – удобрение; В – севооборот.

Table 4
Yield of spring wheat depending on crop rotations and fertilizers, mg/kg

Crop rotation option (factor B)	Fertilizer (factor A)	
	0	1
2022		
Grain-fallow 2-field	1.90	2.01
Grain-steam-grass	3.09	3.11
Grain-fallow 3-field	0.87	0.91
Spring wheat continuously (control)	1.01	1.70
LSD ₀₅ A, B	A – 1.375; B – 2.624; AB – 4.492	
2023		
Grain-fallow 2-field	1.19	1.68
Grain-steam-grass	1.09	1.36
Grain-fallow 3-field	1.14	1.38
Spring wheat continuously (control)	0.78	1.58
LSD ₀₅ A, B	A – 0.285; B – 0.534; AB – 0.903	
2024		
Grain-fallow 2-field	0.71	0.70
Grain-steam-grass	0.32	0.29
Grain-fallow 3-field	0.41	0.40
Spring wheat continuously (control)	0.29	0.27
LSD ₀₅ A, B	A – 0.225; B – 0.318; AB – 0.450	

Note. Option 0 – control; 1 – fertilizer;
factor A – fertilizer; and factor; B – crop rotation.

Зернопаровые двухпольные севообороты обеспечивали высокую урожайность яровой пшеницы в сильно засушливые годы. Так, в 2024 году (ГТК = 0,37) средняя урожайность пшеницы по этому варианту составила 0,71 т/га, в зернопаротравяном севообороте урожайность пшеницы оказалась на 0,40 т/га ниже, чем в зернопаровом двухпольном севообороте, где снижение составило 0,30 т/га. Наименьший показатель урожайности (в среднем 0,28 т/га) был зафиксирован в условиях сильной засухи 2024 года при повторных посевах пшеницы.

Применение минерального удобрения оказывало существенное влияние на урожайность яровой пшеницы. Наибольшие прибавки в урожайности пшеницы были отмечены в 2023 году (ГТК = 1,06) в зернопаровом двухпольном севообороте и бессменном возделывании: увеличение составило 0,49 т/га и 0,80 т/га соответственно.

Следует отметить, что применение средств химизации в сильно засушливом 2024 году (ГТК = 0,37) снижало урожайность пшеницы по всем вариантам опыта в среднем на 5 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В условиях Республики Тыва запасы продуктивной влаги в почве весной существенно зависели от агрометеорологических условий предыдущего года исследований. После засушливых годов зернопаровые двух- и трехпольные севообороты накапливают в среднем на 74,8–42,1 мм больше влаги в почве в сравнении с зернопаротравяными и бессменным возделыванием пшеницы.

2. Мобилизация нитратного азота в почве определялась погодными условиями предыдущего года исследования. В годы с хорошей влагообеспеченностью наблюдалось повышенное содержание нитратного азота в пахотном слое почвы весной перед посевом мягкой яровой пшеницы в зернопаротравяном севообороте в среднем 27,7 мг/кг, в зернопаровом двухпольном – 19,8 мг/кг. В засушливые годы максимальная концентрация нитратного азота (16,9 мг/кг) была зафиксирована исключительно в двухпольном севообороте.

3. Содержание легкоподвижных фосфатов в почве весной перед посевом пшеницы зависело от фактора «севооборот», а также от погодных условий предыдущего года исследования. В зернопаровом двухпольном севообороте наблюдались наиболее стабильные показатели P_2O_5 в почве в среднем за 2022–2024 годы (24,6 мг/кг).

Установлено, что в степной зоне Республики Тыва целесообразно возделывать яровую пшеницу в зернопаровом двухпольном севообороте (чистый пар – пшеница) и зернопаротравяном севообороте (чистый пар – многолетние травы – пшеница). Двухпольные севообороты в засушливые годы обеспечивают урожайность яровой пшеницы до 0,71 т/га, трехпольные севообороты – до 3,10 т/га только в благоприятные по агрометеорологическим условиям годы. Использование средств химизации в засушливые годы снижало урожайность пшеницы по всем вариантам опыта в среднем на 5 %.

Библиографический список

1. Козлова А. А., Жуланова В. Н., Белозерцева И. А., Куткина Н. В., Иванова Т. С. Сравнительная почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель Иркутской области, Республики Бурятия, Хакасии и Тыва // Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов: сборник материалов международной научно-практической конференции. Улан-Удэ, 2022. С. 208–212.
2. Жуланова В. Н. Свойства агропочв равнинных ландшафтов Тувы // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала. Иркутск, 2021. С. 32–33.
3. Жуланова В. Н. Агрогумусовый потенциал почв Тувы // Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда почвоведов им. Докучаева и Школы молодых ученых. Ч. 3. Москва – Сыктывкар, 2021. С. 602–603.
4. Жуланова В. Н. Зональные особенности агроземных почв Центрально-Тувинской котловины // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России: материалы XXII международной научно-практической конференции (Грозный, 04–06 ноября 2020). Махачкала, 2020. С. 32–33.
5. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации и биологизации земледелия // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 4 (55). С. 10–14. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-10-14.
6. Турусов В. И., Богатых О. А., Дронова Н. В., Балюнова Е. А. Роль пожнивно-корневых остатков в восстановлении плодородия почвы // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.03.
7. Волынкина О. В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 13–16. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.04.

8. Новоселов С. И., Кузьминых А. Н., Еремеев Р. В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки почвы и севооборота // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06.
9. Завалин А. А., Дридигер В. К., Белобров В. П., Юдин С. А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146.
10. Еремин Д. И., Демина О. Н. Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного чернозема в лесостепи Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 26–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32.
11. Шаталина Л. П., Анисимов Ю. Б., Мошкина Ю. С. Влияние севооборотов на плодородие щелочных черноземов Южного Урала // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 01. С. 32–45. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-32-45.
12. Тиньгаев А. Б., Давыдов А. С., Чепрунова Ю. В. Исследование влияния органических отходов на урожайность редьки масличной на малопродуктивных и деградированных землях с использованием информационно-логического анализа // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 2. С. 126–141. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-2-907.
13. Семинченко Е. В. Урожайность зерна и сидеральной массы полевых культур в севооборотах Нижнего Поволжья // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, № 3. С. 358–373. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-832.
14. Kokunova I. V., Zhukov A. A., Fedorova-Semenova T. E. Increasing efficiency of soil bioremediation // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14, No. 4. Pp. 215–227. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-215-227.
15. Заикин В. П., Лисина А. Ю., Борисова Е. Е., Мартынычев А. А. О законе севооборота: уточнение формулировки, роли клевера лугового при создании плодосменных звеньев // Вестник НГИЭИ. 2023. № 9. С. 30–42. DOI: 10.24412/2227-9407-2023-9-30-42.
16. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В. Эффективность возделывания зерновых культур в структуре травяно-пропашных севооборотов в зонах неустойчивого увлажнения // Известия НВАУК. 2023. № 2. С. 134–141. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15.
17. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Светлаков Е. В. Влияние биологической интенсификации на баланс элементов питания дерново-подзолистых почв в полевых севооборотах // Аграрная наука Северо-Востока. 2022. № 5. С. 467–477. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.527-537.
18. Привалов Ф. И., Скируха А. Ч. Стационарному опыту по севообороту 40 лет: Основопологающие разработки для земледельческой науки и практики // Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2018. № 1. С. 38–50.
19. Попов Ф. А., Козлова Л. М., Светлакова Е. В. Возделывание клевера лугового в длительном стационарном опыте с удобрениями // Пермский аграрный вестник. 2023. № 2. С. 51–57. DOI: 10.47737/2307-2873-2023-42-51.
20. Васбиева М. Т. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении удобрений // Почвоведение. 2021. № 1. С. 90–99. DOI: 10.31857/S0032180X21010135.
21. Романов В. Н., Козулина Н. С., Василенко А. В. Интенсификация возделывания яровой пшеницы на земледельческой территории Сибири // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 17–27. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-17-27.
22. Самбуу А. Д., Дапылдай А. Д., Нажик М. К. Мониторинг запасов углерода в почвах агроценозов Тувы // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов XIX международной научно-практической конференции. Курск, 2024. С. 259–262.

Об авторах:

Аржаана Сонгукчиевна Сотпа, старший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства и земледелия, Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Кызыл, Россия;

ORCID 0009-0001-3797-0700, AuthorID 782971. E-mail: 70cac@mail.ru

Елена Евгеньевна Кузьмина, кандидат биологических наук, директор, Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Кызыл, Россия; ORCID 0000-0003-3209-1288, AuthorID 173878. E-mail: kuzminaee@sfsca.ru

References

1. Kozlova A. A., Zhulanova V. N., Belozertseva I. A., Kutkina N. V., Ivanova T. S. Comparative soil and environmental assessment of agricultural land in the Irkutsk region, Republic of Buryatia, Khakasia and Tuva. *Land management, real estate cadastre and monitoring of land resources: proceedings of the international scientific and practical conference*, 2022. Pp. 208–212. (In Russ.)
2. Zhulanova V. N. Properties of agro-soils of lowland landscapes of Tuva. *Soil as a link between the functioning of natural and anthropogenic-transformed ecosystems: a collection of materials from an international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Department of Soil Science and Land Resources Assessment at ISU and Baikal Day*. Irkutsk, 2021. Pp. 32–33. (In Russ.)
3. Zhulanova V. N. Agrohumus potential of Tuva soils. *Soils are a strategic resource of Russia: abstracts of the VIII Congress of Soil Scientists named after V. V. Dokuchaev and the School of Young Scientists*. Part 3. Moscow – Syktyvkar, 2021. Pp. 602–603. (In Russ.)
4. Zhulanova V. N. Zonal features of agrozems soils of the central Tuva basin. *Biological diversity of the Caucasus and southern Russia: proceedings of the XXII international scientific and practical conference* (Groznyy, 4–6 November 2020). Makhachkala, 2020. Pp. 32–33. (In Russ.)
5. Akhmetzyanov M. R., Talanov I. P. Efficiency of field crop rotations at different levels of intensification and biologization of agriculture. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 4 (55): 10–14. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-10-14. (In Russ.)
6. Turusov V. I., Bogatykh O. A., Dronova N. V., Balyunova E. A. Role of crop-root residues in the restoration of soil fertility. *Plodorodie*. 2020; 4 (115): 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.03. (In Russ.)
7. Volynkina O. V. The nutrient balances on sowing of agricultural crops. *Plodorodie*. 2020; 4 (115): 13–16. DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.04. (In Russ.)
8. Novoselov S. I., Kuzminykh A. N., Ereemeev R. V. The influence of fallow types and methods of primary tillage on soil fertility and productivity crop rotation. *Plodorodie*. 2019; 6 (111): 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06. (In Russ.)
9. Zavalin A. A., Dridiger V. K., Belobrov V. P., Yudin S. A. Nitrogen in chernozems under traditional and direct seeding cropping systems: a review. *Eurasian Soil Science*. 2018; 12: 1506–1516. DOI: 10.1134/S0032180X18120146. (In Russ.)
10. Eremin D. I., Demina O. N. The influence of mineral fertilizers on the content of easily hydrolyzed nitrogen and nitrification capacity of arable chernozem in the forest-steppe of Trans-Urals. *Bulletin of KSAU*. 2021; 2 (167): 26–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32. (In Russ.)
11. Shatalina L. P., Anisimov Yu. B., Moshkina Yu. S. The influence of crop rotations on the fertility of leached chernozems of the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (1): 32–45. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-32-45. (In Russ.)
12. Tingaev A. B., Davydov A. S., Cheprunova Yu. V. Research on the impact of organic waste on oilseed radish yield on low-productive and degraded lands using information-logic analysis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024; 16 (2): 126–141. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-2-907. (In Russ.)
13. Seminchenko E. V. Grain yield and sidual mass of field crops in crop rotations of the Lower Volga region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024; 16 (3): 358–373. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-832. (In Russ.)
14. Kokunova I. V., Zhukov A. A., Fedorova-Semenova T. E. Increasing efficiency of soil bioremediation. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022; 14 (4): 215–227. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-215-227.
15. Zaikin V. P., Lisina A. Yu., Borisova E. E., Martyanychev A. A. About the law of crop rotation: clarification of the wording, the role of meadow clover in the creation of fruit-bearing links. *Bulletin NGIEI*. 2023; 9: 30–42. DOI: 10.24412/2227-9407-2023-9-30-42. (In Russ.)
16. Aytpaeva A. A., Tyutyuma N. V. Efficiency of cultivation of grain crops in the structure of grass-tilled crop rotations in areas of unstable moisture. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023; 2: 134–141. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15. (In Russ.)
17. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Svetlakov E. V. Influence of biological intensification on the balance of sod-podzolic soil nutrient elements in field crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (4): 527–537. DOI: 10.30766/2072-9081-2022-23-4-527-537. (In Russ.)
18. Privalov F. I., Skirukha A. Ch. 40 years of stationary crop rotation experiment: fundamental development results for agricultural science and practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2018; 1: 38–50. (In Russ.)

19. Popov F. A., Kozlova L. M., Svetlakova E. V. Cultivation of meadow clover in a long-term stationary experiment with fertilizers. *Perm Agrarian Journal*. 2023; 2: 51–57. DOI: 10.47737/2307-2873-2023-42-51. (In Russ.)
20. Vasbieva M. T. Change of agrochemical properties in soddy-podzolic soil owing to long-term application of fertilizers. *Eurasian Soil Science*. 2021; 1: 90–99. DOI: 10.31857/S0032180KH21010135. (In Russ.)
21. Romanov V. N., Kozulina N. S., Vasilenko A. V., Demidenko G. A. Spring wheat cultivation intensification in the agricultural territory of Siberia. *Bulletin of KSAU*. 2022; 5: 17–27. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-17-27. (In Russ.)
22. Sambuu A. D., Dapylday A. D., Nazhik M. K. Monitoring of carbon reserves in soils of agro-cenoses of Tuva. *Actual problems of soil science, ecology and agriculture: collection of reports of the XIX international scientific and practical conference*. Kursk, 2024. Pp. 259–262. (In Russ.)

Authors' information:

Arzhaana S. Sotpa, senior researcher at the laboratory of forage production and agriculture, Tuvan Scientific Research Institute – a branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, Russia; ORCID 0009-0001-3797-0700, AuthorID 782971. *E-mail: 70cac@mail.ru*

Elena E. Kuzmina, candidate of biological sciences, director, Tuvan Scientific Research Institute – a branch of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences., Kyzyl, Russia; ORCID 0000-0003-3209-1288, AuthorID 173878. *E-mail: kuzminaee@sfscs.ru*