



Н.А. Морозов¹,
Н.А. Ходжаева¹,
И.В. Прохорова¹,
А.И. Хрипунов²,
Е.Н. Общия² ✉

¹ Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Буденновск, Ставропольский край, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

✉ obzia@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.03.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023



Nicolai A. Morozov¹,
Nina A. Khodzhaeva¹,
Ivanna V. Prokhorova¹,
Alexander I. Khripunov²,
Elena N. Obshchiya² ✉

¹ Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Budennovsk, Stavropol territory, Russia

² North Caucasus Federal Agrarian Research Centre Mikhailovsk, Stavropol territory, Russia

✉ obzia@mail.ru

Received by the editorial office:
10.03.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Задача сохранения и повышения плодородия почв является актуальной, поскольку тесно связана с урожайностью сельскохозяйственных культур.

Методы. Исследования проводили в засушливой зоне Ставропольского края на Прикумской опытно-селекционной станции в четырех шестипольных севооборотах с 1969 по 2022 г. Цель исследований — изучить влияние насыщения зерновых севооборотов чистым паром на различных фонах питания на плодородие каштановой почвы в условиях Восточного Предкавказья.

Результаты. За 53 года исследований содержание и запасы гумуса в пахотном слое почвы в зернопаровых севооборотах снизились: на контроле — на 0,18–0,22% и 4,7–5,8 т/га, на удобренном фоне — на 0,04–0,08% и 1,0–2,0 т/га, а в севообороте без чистого пара, наоборот, повысились, соответственно, на 0,05% и 1,3 т/га и на 0,21% и 5,5 т/га. На естественном фоне минерализация органического вещества проходила значительно интенсивнее, чем на вариантах с внесением удобрений. Запасы нитратного азота в севооборотах с 50,0% и 33,3% чистого пара снизились на контроле на 7,6 кг/га и 1,3 кг/га, а на удобренном фоне в севообороте с 50,0% чистого пара — на 3,5 кг/га. В остальных вариантах опыта количество азота возросло. Максимальное содержание этого элемента на всех фонах питания отмечалось в севообороте без чистого пара. На всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора и обменного калия повысилось на контроле на 0,7–2,5 мг/кг и 31–62 мг/кг соответственно, а на удобренном фоне — на 7,2–20,0 мг/кг и 12–38 мг/кг почвы. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению запасов фосфора на 13,6–44,6 кг/га и уменьшению калия на 20–63 кг/га по сравнению с контролем.

Ключевые слова: чистый пар, севооборот, минеральные удобрения, гумус, макроэлементы, почвенное плодородие

Для цитирования: Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>

© Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н.

The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil

ABSTRACT

Relevance. The task of preserving and increasing soil fertility is urgent, since it is closely related to crop yields.

Methods. The research was carried out in the arid zone of the Stavropol Territory at the Prikumskaya experimental breeding station in four 6-pole crop rotations from 1969 to 2022. The purpose of the research is to study the effect of saturation of grain crop rotations with pure steam on various nutrition backgrounds on the fertility of chestnut soil in the conditions of the Eastern Caucasus.

Results. Over 53 years of research, the content and reserves of humus in the arable soil layer in grain-steam crop rotations decreased by 0.18–0.22% and 4.7–5.8 t/ha at the control, on a fertilized background — 0.04–0.08% and 1.0–2.0 t/ha, and in crop rotation without pure steam, on the contrary, increased, respectively, by 0.05% and 1.3 t/ha and 0.21% and 5.5 t/ha. On a natural background, the mineralization of organic matter took place much more intensively than on the variants with the introduction of fertilizers. Nitrate nitrogen reserves in crop rotations with 50.0% and 33.3% of pure steam decreased by 7.6 kg/ha and 1.3 kg/ha at the control, and on a fertilized background in crop rotation with 50.0% of pure steam — by 3.5 kg/ha. In other variants of the experiment, the amount of nitrogen increased. The maximum content of this element on all food backgrounds was noted in the crop rotation without pure steam. In all variants of the experiment, the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium increased at the control by 0.7–2.5 and 31–62 mg/kg, and on a fertilized background by 7.2–20.0 and 12–38 mg/kg of soil. The application of mineral fertilizers contributed to an increase in phosphorus reserves by 13.6–44.6 kg/ha and a decrease in potassium by 20–63 kg/ha compared to the control.

Key words: pure steam, crop rotation, mineral fertilizers, humus, macronutrients, soil fertility

For citation: Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I. V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 69–73 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>

© Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I. V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N.

Введение/Introduction

Сложное органическое вещество гумус является интегральным показателем почвенного плодородия, его содержание тесно коррелирует с урожайностью сельскохозяйственных культур. В почвах Ставропольского края его содержится от 2 до 6–7%, он является основой их плодородия и источником важнейших элементов питания растений [1–3].

Значительная роль органических веществ (гумуса) состоит в создании и обеспечении благоприятных физических, физико-химических свойств почвы, их содержание влияет на ее пористость, водоудерживающую и поглотительную способность, тепловые и технологические свойства, буферность и структуру почвы [4].

По запасам гумуса и питательных веществ почвы региона способны обеспечивать урожаи полевых культур еще многие годы, однако при этом неуклонно снижалось бы их потенциальное плодородие (вплоть до полной деградации). Рост продуктивности возможен только на фоне повышения плодородия почв, поэтому необходимо вносить с удобрениями такое количество элементов, которое бы существенно превышало их вынос с урожаем и обеспечивало расширенное воспроизводство [5–8].

В засушливых зонах края при широком распространении зернопаровых севооборотов и высоком насыщении структуры посевных площадей зерновыми культурами (80% и выше) дефицит гумуса на каштановых почвах составляет 800 кг/га и более. Неоснованное применение чистых паров сверх оптимальных размеров увеличивает степень минерализации органического вещества, усиливает эрозионные процессы и снижает эффективность использования пашни [9, 10].

Цель исследований — изучить влияние насыщения зерновых севооборотов чистым паром на различных фонах питания на плодородие каштановой почвы в засушливых условиях Ставрополя.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 1969–2022 гг. на Прикумской опытно-селекционной станции, которая является филиалом ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Почва опытного участка — каштановая среднесуглинистая, карбонатная. Содержание гумуса в пахотном слое почвы до закладки опыта — от 1,45 до 1,62% (по Тюрину, ГОСТ 26213-91¹). Общего азота содержалось от 0,13 до 0,14% (по Грандваль-Ляжу), подвижного фосфора — от 13,8 до 15,0 мг/кг, обменного калия — 265–295 мг/кг (по Мачигину, ГОСТ 26205-91²). Плотность почвы составляла 1,32 г/см³, pH солевой вытяжки — 7,0–7,1. В полуметровом слое почвы карбонатов — 7,14%.

Технология возделывания полевых культур — общепринятая для засушливой зоны. Районированные сорта культур возделывали на удобренном и неудобренном фоне. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию. Расположение делянок — последовательное. Повторность опыта — четырехкратная. Общая площадь делянки — 448,5 м², учетная — 210 м². С 1969 года опыт с шестипольными зерновыми севооборотами развертывался одним полем, а с 1976-го — всеми полями во времени и пространстве (табл. 1).

Климат — среднеконтинентальный со среднегодовым количеством осадков 427 мм, температурой воздуха 11,25 °С и суммой активных температур 3839 °С. За последние 30 лет (1991–2020 гг.) по сравнению с предыдущим 30-летием (1961–1990 гг.) среднегодовая температура воздуха увеличилась на 0,82 °С, сумма активных температур — на 202 °С, годовых осадков — на 25 мм. Основной прирост осадков приходится на январь — май и сентябрь — октябрь, что благоприятно для возделывания озимой пшеницы как главной зерновой культуры региона. Весь вегетационный период (с апреля по октябрь) является очень засушливым (ГТК = 0,68), но наиболее засушлив летне-осенний период (с июля по октябрь) (ГТК = 0,54). Весенне-летний отрезок вегетации (с апреля по июнь) характеризуется как устойчиво влажный (ГТК = 0,92). Агрохимические исследования проводились с начала закладки опыта по настоящее время. Почвенные образцы отбирались в июне — по окончании восьмой ротации севооборотов (2017–2022 гг.). Статистическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову³, используя программу AgCStat для Excel.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенные более чем за 50 лет исследования показали, что на естественном фоне в вариантах с различным насыщением чистым паром исходное содержание и запасы гумуса в слое каштановой почвы 0–20 см достоверно снизились за это время на 0,18–0,22% и 4,7–5,8 т/га. В зернопропашном севообороте без чистого пара наблюдалась тенденция увеличения этих показателей на 0,05% и 1,3 т/га (без математического подтверждения).

На удобренном фоне наблюдалась аналогичная ситуация по гумусу. Однако внесение минеральных удобрений в различных дозах снижало темпы падения содержания гумуса в севооборотах с чистым паром на 0,10–0,15%, а его запасов — на 2,7–4,0 т/га, делая незначимыми различия между исходными данными и данными за восьмую ротацию севооборотов. В севообороте без чистого пара содержание и запасы гумуса достоверно увеличивались на 0,16% и 4,2 т/га по сравнению с контролем. Статистически значимые различия между удобренным фоном и контролем наблюдались в первом севообороте с максимальным насыщением

Таблица 1. Схема изучаемых севооборотов и система удобрений
Table 1. The scheme of the studied crop rotations and the fertilizer system

Севооборот № 1	Севооборот № 2
Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀ Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀ Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀	Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Яровой ячмень
Севооборот № 3	Севооборот № 4
Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Кукуруза на з/к — N ₃₅ P ₆₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Яровой ячмень	Эспарцет на з/к Озимая пшеница — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Кукуруза на з/к — N ₃₅ P ₆₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Яровой ячмень + эспарцет

¹ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

² ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

³ Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Б.А. Доспехова. Москва: Книга по требованию. 2012; 352.

чистым паром и в зернопропашном севообороте без чистого пара (табл. 2).

На контроле минерализация органического вещества происходила значительно интенсивнее, чем на вариантах с внесением удобрений, и повышалась с увеличением количества чистых паров в севообороте. В зернопропашном севообороте с занятым эспарцетовым паром на зеленый корм запасы гумуса на естественном фоне не только не снижались, но на удобренном фоне достоверно повышались. Возделываемый под покровом ярового ячменя эспарцет скашивался на второй год вегетации в фазу максимального вегетативного развития (цветения), оставляя после себя большое количество корневых и растительных остатков. Благодаря благоприятным климатическим изменениям сбор зеленой массы эспарцета после 2000 г. (по сравнению с первыми годами закладки опыта) увеличился в 2,8 раза — с 9,1 до 25,5 т/га.

Таким образом, по сравнению с контролем применение минеральных удобрений в зерновых севооборотах с чистым паром способствовало снижению потерь органического вещества при минерализации гумуса, а возделывание многолетних бобовых культур (эспарцета) в зернопропашном севообороте без чистого пара сохраняло положительный баланс гумуса на естественном фоне и достоверно повышало на удобренном варианте.

Азот почв представлен в основном органическими соединениями (99%), в составе которых 65–80% занимают негидролизуемые и 5–10% трудногидролизуемые фракции. Валовое содержание азота в каштановых почвах в два-три раза ниже (0,12–0,16% и 3,2–3,9 т/га), чем в черноземах (0,36–0,45% и 7,9–9,0 т/га). К тому же он малодоступен для усвоения растениями, что визуально видно рано весной на посевах озимых зерновых. Поэтому внесение на таких посевах азотных удобрений в виде подкормок очень эффективно. Доступными эти соединения становятся лишь после их минерализации. Минеральный азот в почвах представлен в основном $N-NO_3$ и $N-NH_4$ [4].

Последнее определение нитратного азота показало, что его содержание и запасы математически значимо снизились в первом севообороте на контроле на 3,0 кг/га и 7,6 кг/га, а на удобренном фоне — на 1,4 мг/кг и 3,5 кг/га (по сравнению с исходными данными). В третьем севообороте с 16,6% чистого пара и в севообороте без чистого пара запасы нитратного азота достоверно повышались на всех фонах питания, а во втором севообороте с 33,3% чистого пара они изменялись незначительно. На всех фонах питания максимальное содержание этого элемента отмечалось в четвертом севообороте без чистого пара. По мере увеличения количества чистых паров запасы азота уменьшались на естественном фоне в первом севообороте на 14,0 кг/га, во втором — на 7,7 кг/га, в третьем — на 1,3 кг/га, а на удобренном фоне, соответственно, на 12,7 кг/га, 7,2 кг/га и 4,9 кг/га (по сравнению с зернопропашным севооборотом). Применение минеральных

Таблица 2. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы гумуса в пахотном слое почвы на различных фонах питания

Table 2. Effect of degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and reserves of humus in the arable layer of soil for different nutrition backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 гг.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		%	т/га	%	т/га	%	т/га		
1 (50,0)	контроль	1,61	42,2	1,39	36,4	-0,22	-5,8	0,032	0,046
	P ₉₀	1,61	42,2	1,54	40,4	-0,07	-1,8	0,082	
2 (33,3)	контроль	1,63	42,7	1,45	38,0	-0,18	-4,7	0,041	0,062
	N ₃₅ P ₈₀	1,63	42,7	1,59	41,7	-0,04	-1,0	0,098	
3 (16,6)	контроль	1,62	42,4	1,44	37,7	-0,18	-4,7	0,040	0,071
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,62	42,4	1,54	40,4	-0,08	-2,0	0,081	
4 (0)	контроль	1,45	38,0	1,50	39,3	+0,05	+1,3	0,086	0,044
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,45	38,0	1,66	43,5	+0,21	+5,5	0,036	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобренным фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

Таблица 3. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы нитратного азота в пахотном слое почвы на различных фонах питания

Table 3. Effect of degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and stocks of nitrate nitrogen in the arable layer of soil by different nutrition backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 гг.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	7,7	19,6	4,7	12,0	-3,0	-7,6	0,024	0,041
	P ₉₀	7,7	19,6	6,3	16,1	-1,4	-3,5	0,048	
2 (33,3)	контроль	5,6	14,3	5,1	13,0	-0,5	-1,3	0,092	0,114
	N ₃₅ P ₈₀	5,6	14,3	6,4	16,3	+0,8	+2,0	0,084	
3 (16,6)	контроль	3,6	9,2	5,6	14,3	+2,0	+5,1	0,036	0,247
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	3,6	9,2	5,3	13,5	+1,7	+4,3	0,041	
4 (0)	контроль	3,1	7,9	5,6	14,3	+2,5	+6,4	0,031	0,128
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	3,1	7,9	6,9	17,1	+3,8	+9,2	0,016	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобренным фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

удобрений снижало потери азота в севооборотах с 50,0% и 33,3% чистого пара на 1,3–1,6 мг/кг и 3,3 кг/га и 4,1 кг/га и увеличивало его содержание в севообороте без чистого пара на 1,3 мг/кг и 2,8 кг/га (по сравнению с контролем). Существенная разница между фонами питания по запасам нитратного азота отмечалась только в первом севообороте (табл. 3).

Каштановые почвы занимают почти половину сельскохозяйственных земель края. Хорошие запасы валового фосфора в этих почвах представлены в основном труднорастворимыми минеральными солями железа, кальция и алюминия. Для перевода этих солей в доступные формы необходим фермент фосфатаза [11], который выделяют почвенные микроорганизмы в процессе своей деятельности, или минерализация органического вещества в виде гумуса. Но эти почвы плохо обеспечены подвижным фосфором.

Перед закладкой опыта его содержание в пахотном слое почвы по Мачигину не превышало 16,6 мг/кг абсолютно сухой почвы. По окончании восьмой ротации севооборотов содержание и запасы подвижного фосфора на контроле достоверно повышались в первом и четвертом севооборотах, а на удобренном фоне — во всех вариантах опыта. Внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений в разных дозах увеличивало содержание и запасы подвижного фосфора в зернопропашном севообороте на 5,4 мг/кг и 13,6 кг/га, а в зернопаровых севооборотах — на 7,3–17,5 мг/кг и 18,6–44,6 кг/га. Причем чем выше насыщение севооборотов чистым паром, тем больше содержалось и накапливалось фосфора на удобренных вариантах. По сравнению с контролем внесение минеральных удобрений способствовало повышению запасов фосфора: в первом севообороте —

Таблица 4. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы подвижного фосфора в пахотном слое почвы на различных фонах питания
Table 4. Effect of the degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and stocks of mobile phosphorus in the arable soil layer for different nutritional backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 г.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	16,6	42,3	19,1	48,7	+2,5	+6,4	0,028	<0,001
	P ₉₀	16,6	42,3	36,6	93,3	+20,0	+51,0	<0,001	
2 (33,3)	контроль	14,1	36,0	14,8	37,7	+0,7	+1,7	0,094	<0,001
	N ₃₅ P ₈₀	14,1	36,0	24,8	63,2	+10,7	+27,2	<0,001	
3 (16,6)	контроль	15,0	38,3	15,8	40,3	+0,8	+2,0	0,086	<0,001
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	15,0	38,3	23,1	58,9	+8,1	+20,6	<0,001	
4 (0)	контроль	13,8	35,2	15,6	39,8	+1,8	+4,6	0,032	<0,001
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	13,8	35,2	21,0	53,6	+7,2	+18,2	<0,001	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобрением фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

на 91,6%, во втором — на 67,6%, в третьем — на 46,2%, в четвертом — на 34,7%. Достоверное различие между фонами питания наблюдалось на всех изучаемых севооборотах (табл. 4).

Калий — один из трех основных элементов, необходимых для жизнедеятельности растений. Его валовое содержание в пахотном слое каштановой почвы составляет 2,0–2,1%, а запасы — 54,1 т/га, что значительно превышает содержание азота и фосфора. Калий находится в почве в основном в составе первичных и вторичных минералов, таких как полевой шпат, слюда, иллит, вермикулит и др. Для каштановых почв (вследствие более молодого их возраста по сравнению с черноземами) характерна более высокая степень подвижного калия [4].

Возможность этого элемента переходить из обменного в обменное состояние хорошо протекает в чистых парах. Подвижными формами калия обогащают почву растительные остатки зерновых, кормовых культур и многолетних бобовых трав, причем в вегетативной части его содержится в два раза больше, чем в зерне. Растворимые соли этого элемента являются хорошим источником питания растений. При такой высокой обеспеченности почв калием внесение калийных удобрений было малоэффективным, поэтому они в опыте и не вносились.

По сравнению с исходными данными содержание и запасы обменного калия в слое почвы 0–20 см достоверно увеличились на контроле на 31–62 мг/кг и 79–158 кг/га, а на удобренном фоне — на 12–38 мг/кг и 31–97 кг/га. В зернопаровых севооборотах с увеличением количества чистого пара запасы калия повышались на удобренном варианте с 31 кг/га до 95 кг/га, а на естественном фоне — с 79 кг/га до 158 кг/га. Внесение минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания и запасов

Таблица 5. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы обменного калия в пахотном слое почвы на различных фонах питания
Table 5. Effect of the degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and reserves of exchangeable potassium in the arable soil layer for different nutritional backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 г.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	315	803	377	961	+62	+158	<0,001	0,01
	P ₉₀	315	803	352	898	+38	+95	<0,001	
2 (33,3)	контроль	303	773	334	852	+31	+79	<0,001	0,121
	N ₃₅ P ₈₀	303	773	322	821	+19	+48	0,004	
3 (16,6)	контроль	295	752	327	834	+32	+82	<0,001	0,01
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	295	752	307	783	+12	+31	0,036	
4 (0)	контроль	265	676	311	793	+46	+117	<0,001	0,168
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	265	676	303	773	+38	+97	<0,001	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобрением фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

калия в севооборотах с чистым паром, соответственно, на 12–24 мг/кг и 31–63 кг/га, а в севообороте без чистого пара — на 8 мг/кг и 20 кг/га (по сравнению с контролем). Минимальное снижение калия на удобренном фоне наблюдалось в зернопаровом севообороте, а максимальное — при 50%-ном насыщении севооборотов чистым паром. То есть улучшение условий питания способствовало увеличению расхода этого элемента и большего его выноса с более высоким урожаем. Значимость различий между удобренным фоном и контролем отмечалась в первом и третьем севооборотах (табл. 5).

Выводы/Conclusion

Результаты исследований в длительном стационарном опыте в засушливой зоне свидетельствуют о том, что баланс гумуса в пахотном слое каштановой почвы в севооборотах с чистым паром отрицательный, а в зернопаровом севообороте без чистого пара — положительный и зависел от состава возделываемых культур, количества чистого пара в севообороте и условий минерального питания. Темпы минерализации органического вещества на естественном фоне были значительно выше, чем в удобренных вариантах.

Положительный баланс фосфора и калия наблюдался во всех вариантах опыта и фонах питания, азота — на контроле только в севооборотах без чистого пара и с 16,6% чистого пара, а на удобренном фоне — во всех вариантах, кроме первого севооборота с максимальным насыщением чистым паром (50%). Внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений в разных дозах способствовало увеличению содержания и запасов подвижного фосфора, уменьшению обменного калия и неоднозначно влияло на нитратный азот.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куприченко М.Т., Антонова Т.Н., Симбирев Н.Ф., Цыганков А.С. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие. Монография. Ставрополь. 2002; 312. ISBN 5-901563-29-8
2. Багринцева В.Н. Питание зерновых колосовых культур на каштановых почвах Ставрополя. Монография. Москва: Международный институт питания растений в Российской Федерации. 2015; 109. ISBN 978-5-59905417-1-9

REFERENCES

1. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N., Simbirev N.F., Tsygankov A.S. Stavropol land resources and their fertility. Monograph. Stavropol. 2002; 312 (In Russian). ISBN 5-901563-29-8
2. Bagrintseva V.N. Nutrition of grain crops on chestnut soils of Stavropol. Monograph. Moscow: Filial of non-governmental not-for-profit organization International Plant Nutrition Institute in Russian Federation. 2015; 109 (In Russian). ISBN 978-5-59905417-1-9

3. Kuprichenkov M.T. Bonitirovka почв. Монография. Ставрополь: АГРУС. 2005; 281. ISBN 5-9596-0231-8 <https://elibrary.ru/tdqzjr>
4. Kuprichenkov M.T., Simbirev N.F., Tsygankov A.S., Petrova A.S. Мониторинг плодородия земельных ресурсов Ставропольского края. Монография. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство. 2002; 247. ISBN 5-901563-41-7 <https://elibrary.ru/thfyof>
5. Кулинцев В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС. 2013; 518. ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://elibrary.ru/tbgyoz>
6. Шеховцов Г.А., Чайкина Н.Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края. *Земледелие*. 2018; (6): 21–26. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
7. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусовое состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; (10): 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
8. Гагиев Б.В. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017; 54(4): 25–31. <https://elibrary.ru/zxgwun>
9. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние условий минерального питания, чистых и занятых паров на плодородие каштановой почвы Восточного Предкавказья. *Аграрная наука*. 2021; (6): 46–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>
10. Уланов А.К., Будажаров Л.В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приемов основной обработки и удобрений в сухой степи. *Земледелие*. 2019; (1): 15–18. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>
11. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N. Ферменты в почвах Предкавказья. Монография. Ставрополь: АГРУС. 2010; 189. ISBN 978-5-9596-0671-8 <https://elibrary.ru/qlbxdp>
3. Kuprichenkov M.T. Soil bonitization. Monograph. Stavropol: AGRUS. 2005; 281 (In Russian). ISBN 5-9596-0231-8 <https://elibrary.ru/tdqzjr>
4. Kuprichenkov M.T., Simbirev N.F., Tsygankov A.S., Petrova A.S. Monitoring of fertility of land resources of the Stavropol Territory. Monograph. Stavropol: Stavropol Book Publishing House. 2002; 247 (In Russian). ISBN 5-901563-41-7 <https://elibrary.ru/thfyof>
5. Kulintsev V.V. et al. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol territory. Stavropol: AGRUS. 2013; 518 (In Russian). ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://elibrary.ru/tbgyoz>
6. Shexovtsov G.A., Chaikina N.N. Monitoring of Soil Fertility, Dynamics of Application of Mineral and Organic Fertilizers, Balance of Nutrients in Soils of the Eastern Part of Stavropol Krai. *Zemledelie*. 2018; (6): 21–26 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
7. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; (10): 83–87 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
8. Gagiev B.V. et al. Productivity of field rotation of crops depending on fertilizers on leached chernozem. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017; 54(4): 25–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/zxgwun>
9. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Influence of conditions of mineral nutrition, clean and occupied fallows on the fertility of the chestnut soil of the Eastern Ciscaucasia. *Agrarian science*. 2021; (6): 46–49 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>
10. Ulanov A.K., Budajapov L.V. Productivity of chestnut soil depending on moisture conditions under the long-term impact of crop rotations, tillage methods and fertilizers in the dry steppe. *Zemledelie*. 2019; (1): 15–18 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>
11. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N. Enzymes in the soils of the Pre-Caucasus. Monograph. Stavropol: AGRUS. 2010; 189 (In Russian). ISBN 978-5-9596-0671-8 <https://elibrary.ru/qlbxdp>

ОБ АВТОРАХ:

Николай Александрович Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Нина Артёмовна Ходжаева, старший научный сотрудник отдела земледелия и агроэкологии, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Иванна Владимировна Прохорова, младший научный сотрудник отдела земледелия и агроэкологии, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Александр Иванович Хрипунов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агроландшафтов, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия hripunov1955@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Елена Николаевна Общия, старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтов, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия obzia@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

ABOUT THE AUTHORS:

Nikolai Aleksandrovich Morozov, Candidate of Agricultural Sciences, Director, Prikum Experimental Breeding Station, Branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Nina Artyomovna Khodzhaeva, Senior Researcher of the Department of Agriculture and Agroecology, Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Ivanna Vladimirovna Prokhorova, junior researcher of the Department of Agriculture and Agroecology, Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Alexander Ivanovich Khripunov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agricultural Landscapes, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonova Str., Mikhailovsk, Stavropol territory, 356241, Russia hripunov1955@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Elena Nikolaevna Obshchiya, senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Landscapes, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonova Str., Mikhailovsk, Stavropol territory, 356241, Russia obzia@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>