

УДК 631.82+631.58:631.452

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>

Краткий обзор/Brief review

Морозов Н.А.¹,
Ходжаева Н.А.¹,
Хрипунов А.И.²,
Общая Е.Н.²

¹ Прикумская опытно-селекционная станция,
356803, Ставропольский край, г. Буден-
новск, Буденовский район, ул. Вавилова 4,
E-mail: fgupposs@mail.ru

² ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
356241, Ставропольский край, г. Михай-
ловск, ул. Никонова, 49
E-mail: sniish@mail.ru

Ключевые слова: севооборот, мине-
ральные удобрения, гумус, содержание
фосфора, запасы калия, почвенное
плодородие

Для цитирования: Морозов Н.А., Ход-
жаева Н.А., Хрипунов А.И., Общая Е.Н.
Влияние условий минерального питания,
чистых и занятых паров на плодородие
каштановой почвы Восточного Предкав-
казья. Аграрная наука. 2021; 350 (6): 46–49.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>**Конфликт интересов отсутствует**

Nicolai A. Morozov¹,
Nina A. Khodzhaeva¹,
Alexander I. Khripunov²,
Elena N. Obshchiya²

¹ Prikumskaya Experimental Breeding
Station, 356803, Russia, Stavropol Territory,
Budenovsk, str. Vavilova, 4, E-mail: fgupposs@
mail.ru, ² North Caucasus Federal Agrarian
Research Centre 356241, Russia, Stavropol
Territory, Mikhailovsk, str. Nikonova, 49, E-mail:
sniish@mail.ru

Key words: crop rotation, mineral fertilizers,
humus, phosphorus content, potassium
reserves, soil fertility

For citation: 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; 350
(6): 46–49. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>**There is no conflict of interests**

Влияние условий минерального питания, чистых и занятых паров на плодородие каштановой почвы Восточного Предкавказья

РЕЗЮМЕ

В условиях дефицита навоза и высоких цен на минеральные удобрения, сохранение и повышение плодородия почв является актуальной проблемой земледелия. Исследования проводили на Прикумской опытно-селекционной станции в двух 6-польных севооборотах с 1969 по 2019 гг. Цель исследований — изучить в длительном стационарном опыте на различных фонах питания влияние зерновых севооборотов с чистым и занятым паром на плодородие каштановой почвы засушливой зоны Ставропольского края. В зернопаропропашном севообороте с 16,6% чистого пара снижение содержания гумуса на контроле составило 0,10%, запасов гумуса 2,6 т/га, на удобренном фоне — 0,09%, 2,3 т/га, а с занятым паром, наоборот, повысилось на 0,10%, 2,6 т/га и 0,11%, 2,8 т/га. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы на контроле с чистым паром повысилось на 1,7 мг/кг, запасы — на 4,3 кг/га, с занятым паром — 3,4 мг/кг и 8,7 кг/га, а на удобренном варианте — 7,5 мг/кг, 19,1 кг/га и 7,4 мг/кг и 18,9 кг/га. Содержание и запасы обменного калия увеличились на 3 — 46 мг/кг и 8 — 115 кг/га. В севообороте с чистым паром они были ниже на контроле в 4,2–4,1 раза, а на удобренном фоне в 13,7–13,0 раз по сравнению с занятым паром. Внесение удобрений способствовало снижению содержания калия в севообороте с чистым паром в 3,7 раза, запасов в 3,5 раза, а с занятым паром всего на 12,2 и 10,6%. Эспарцетовый пар значительно увеличивал содержание и запасы калия в почве на контроле и существенно уменьшал его расход на удобренном варианте.

Influence of conditions of mineral nutrition, clean and occupied fallows on the fertility of the chestnut soil of the Eastern Ciscaucasia

ABSTRACT

In conditions of a shortage of manure and high prices for mineral fertilizers, the preservation and improvement of soil fertility is an urgent problem of agriculture. The studies were carried out at the Prikumsk experimental selection station in two 6-field crop rotations from 1969 to 2019. The purpose of the research is to study, in a long-term stationary experiment on various nutritional backgrounds, the effect of grain crop rotations with clean and busy fallow on the fertility of the chestnut soil in the arid zone of the Stavropol Territory. In the grain-and-row crop rotation with 16.6% of pure fallow, the decrease in the humus content in the control was 0.10%, the humus reserves were 2.6 t/ha, against the fertilized background — 0.09%, 2.3 t/ha, and with the occupied fallow on the contrary, it increased by 0.10%, 2.6 t/ha and 0.11%, 2.8 t/ha. The content of mobile phosphorus in the topsoil in the control with clean fallow increased by 1.7 mg/kg, stocks — by 4.3 kg/ha, with occupied fallow — 3.4 mg/kg and 8.7 kg/ha, and on the fertilized variant — 7.5 mg/kg, 19.1 kg/ha and 7.4 mg/kg and 18.9 kg/ha. The content and reserves of exchangeable potassium increased by 3 — 46 mg/kg and 8 — 115 kg/ha. In the crop rotation with clean fallow, they were 4.2–4.1 times lower on the control, and 13.7–13.0 times lower on the fertilized background, compared with the occupied fallow. The application of fertilizers contributed to a decrease in the potassium content in the crop rotation with clean fallow by 3.7 times, reserves by 3.5 times, and with busy fallow by only 12.2 and 10.6%. Sainfoin fallow significantly increased the content and reserves of potassium in the soil in the control and significantly reduced its consumption in the fertilized variant.

Поступила: 2 апреля
После доработки: 15 июня
Принята к публикации: 10 сентября

Received: 2 April
Revised: 15 June
Accepted: 10 september

Введение

Основу почвенного плодородия составляет органическое вещество — гумус, который является источником минеральных элементов питания для растений и улучшает агрофизические свойства почвы. Поэтому вся хозяйственная деятельность человека должна быть направлена на увеличение запасов гумуса в почве и его сохранение [1,2].

Основные потери гумуса происходят в результате эрозии и дефляции почв, что является свидетельством экологического неблагополучия и не адаптивности сельскохозяйственной деятельности к природным условиям. Изменение климата, его дестабилизация и экстремальность проявления способствовали усилению водной эрозии, а снижение количества осадков в летне-осенний период при одновременном ускорении темпа роста температур увеличивает опасность проявления дефляции почв [3].

В связи с уменьшением объемов применения органических удобрений, сокращением площади кормовых культур, расширением площади чистых паров сверх оптимальных размеров резко ухудшился баланс гумуса. Ежегодный его дефицит в каштановых почвах доходит до 800 кг/га, а нередко в коротко ротационных зернопаровых севооборотах и более тонны [4].

Снизить интенсивность минерализации гумуса в зернопаровых севооборотах засушливых зон можно за счет посева многолетних бобовых трав, зернобобовых культур, оставления соломы, применения сидератов, замены части чистых на занятые пары [5].

Влияние предшественников на пищевой режим обусловлен тем, что они используют различное количество элементов питания, а также оставляют после себя пожнивные остатки с различным химическим составом и особенностями их разложения. Длительное применение минеральных удобрений воздействует на свойства и плодородие почвы, на вынос элементов питания с урожаем и на количество растительных остатков [6–9].

Цель исследований — изучить в длительном стационарном опыте на различных фонах питания влияние зерновых севооборотов с чистым и занятым паром на плодородие каштановой почвы засушливой зоны Ставропольского края.

Материал и методы исследования

Исследования проводились на Прикумской опытно-селекционной станции, которая является филиалом ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Климат средне континентальный с суммой активных температур 3758° и среднемноголетней суммой осадков за год 434 мм. Почва опытного участка каштановая среднесуглинистая, карбонатная, бедна подвижной формой фосфора. Содержание гумуса в пахотном слое почвы до закладки опыта составляло от 1,45 до 1,62 % (по Тюрину). Общего азота содержалось от 0,13 до 0,14%, подвижного фосфора от 13,8 до 15,0 мг/кг (по Мачигину), обменного калия — 265–295 мг/кг. Плотность почвы составляла 1,32 г/см³, рН солевой вытяжки — 7,0–7,1. В полуметровом слое почвы карбонатов содержится 7,14%. Расположение делянок последовательное. Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки — 448,5 м², учетная — 210 м². Технология возделывания полевых культур — общепринятая для засушливой зоны. Районированные сорта культур возделывали на удобренном и неудобренном фоне. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию. Опыт с 6-польными севооборотами заложен в 1969 году и развертывался постепенно ежегодно одним полем. С 1976 г. опыт развернут всеми полями во времени и пространстве. Агрохимические исследования проводились с 1969 г. по настоящее время. Отборы почвенных образцов проводились в июне месяце, по окончании ротации севооборотов на первых трех полях в 2017–2019 гг. Изучаемые севообороты отличаются только наличием паров: чистого или занятого (табл. 1).

Таблица 1. Схема изучаемых севооборотов

Table 1. Scheme of the studied crop rotations

Чередование культур в севообороте и система удобрений	
Севооборот №1.	Севооборот №2.
Чистый пар,	Эспарцет на з/м,
Озимая пшеница — Р40,	Озимая пшеница — Р40,
Озимая пшеница — N35,	Озимая пшеница — N35,
Кукуруза на з/к — N35 Р60,	Кукуруза на з/к — N35Р60,
Озимая пшеница — N35,	Озимая пшеница — N35,
Яровой ячмень	Яровой ячмень + эспарцет

Таблица 2. Изменение содержания и запасов гумуса по севооборотам и фонам питания (среднее по 3 полям)

Table 2. Change in the content and reserves of humus by crop rotation and nutritional backgrounds (average for 3 fields)

№ севооборота	Дозы удобрений за севооборот, кг/га в д.в.	Исходные данные(1969 г.)		Конец 8-ой ротации (2017–2019гг.)		Отклонение(+/-)		p*	p#
		%	т/га	%	т/га	%	т/га		
1	контроль	1,62	41,8	1,52	39,2	- 0,10	-2,6	0,047	0,963
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,62	41,8	1,53	39,5	- 0,09	-2,3	0,054	
2	контроль	1,45	37,4	1,55	40,0	+ 0,10	+2,6	0,045	0,935
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,45	37,4	1,56	40,2	+ 0,11	+2,8	0,043	

* — Статистическая значимость различий между показателями 2017–2019 гг. и исходными данными при p<0,05 (критерий Манна-Уитни).

— Статистическая значимость различий между показателями опытной и контрольной групп по данным 2017–2019 гг. при p<0,05 (критерий Манна-Уитни).

Результаты исследований. В зернопаропропашном севообороте с 16,6% чистого пара, снижение содержания гумуса на неудобренном фоне было достоверным и составило 0,10%, запасов гумуса 2,6 т/га или 6,2%, а на удобренном фоне не существенным, соответственно, 0,09%, 2,3 т/га или 5,5%.

В севообороте, где чистый пар заменен занятым эспарцетовым паром на зеленый корм, содержание гумуса на контроле, наоборот, повысилось на 0,10%, запасы гумуса на 2,6 т/га или 7,0%, а на удобренном фоне, соответственно, на 0,11%, 2,8 т/га или 7,5% и все эти изменения были достоверными на всех фонах питания. Различия по запасам гумуса между фонами питания в севооборотах в последний отбор были не существенными (табл. 2).

В севообороте с чистым паром внесение за ротацию азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{105}P_{100}$ способствовало увеличению запасов гумуса на 0,3 т/га, а с занятым паром на 0,2 т/га по сравнению с контролем. Минерализация органического вещества на контрольном варианте протекает значительно сильнее, чем на удобренном фоне и интенсивнее в чистых парах по сравнению с занятыми парами. Эспарцет высевался под покровом ярового ячменя и убирался на второй год в фазе цветения в конце мая. За это время он формировал мощную корневую систему и вегетационную массу, после уборки оставлял большое количество растительных и корневых остатков. Урожайность эспарцета на зеленый корм в начале исследований (1971–1980 гг.) составляла всего 8,6 т/га, а в 2011–2020 гг. уже 24,4 т/га.

Таким образом, от набора культур в полевых севооборотах зависит снижение или увеличение органического вещества в почве. Повышение его обеспечивают многолетние бобовые культуры, минеральные удобрения, солома, корневые и растительные остатки. На всех фонах питания занятые эспарцетом пары не только сохраняют положительный баланс гумуса, но и повышают его содержание и запасы в почве засушливой зоны.

Каштановые почвы хорошо обеспечены валовым фосфором. Перед закладкой опыта в пахотном слое его содержание составляло 0,13% (1300 мг P_{2O5} на кг почвы), но бедны подвижным фосфором из-за того, что минеральные фосфаты находятся в виде труднорастворимых солей Al, Ca, Fe. Органические фосфаты в виде гумуса доступны растениям после минерализации органического вещества. Переход органических фосфорсодержащих соединений в доступную форму происходит за счет фермента фосфатазы, которую выделяют микроорганизмы [10].

Содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы перед закладкой опыта составляло от 13,8 до 15,0 мг/кг абсолютно сухой почвы по Мачигину. Исследованиями установлено, что в конце восьмой ротации севооборотов в сравнении с исходными данными содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы на неудобренном фоне с чистым паром статистически достоверно повысилось на 1,7 мг/кг почвы, запасы — на 4,3 кг/га, а с занятым паром — 3,4 мг/кг и 8,7 кг/га. На удобренном варианте достоверное повышение составило, соответственно, 7,5 мг/кг, 19,1 кг/га и 7,4 мг/кг и 18,9 кг/га. То есть внесение минеральных удобрений сглаживает разницу в содержании и запасах фосфора в севооборотах с парами, тогда как на контроле в севообороте с занятым паром фосфора содержалось и накапливалось в 2 раза больше, чем с чистым паром. Различия по запасам фосфора между фонами питания в севооборотах в конце 8 ротации были математически доказуемы (табл. 3).

Азотно-фосфорные удобрения изменяли фосфатный режим каштановой почвы, увеличивали доступный растениям фосфор. Запасы подвижного фосфора на удобренных вариантах в севообороте с чистым паром увеличивались в 4,4 раза, а с занятым паром в 2,2 раза по сравнению с контролем. Причем в севообороте с чистым паром запасы подвижного фосфора за счет внесения удобрений увеличивались в 3,4 раза, тогда как с занятым паром всего на 17,3% по сравнению с влиянием пара.

Одним из главных элементов жизнедеятельности растений является калий, его валовое содержание в почве больше, чем азота и фосфора. Каштановые почвы имеют большие запасы калия (до 2,0%), который находится в минеральной части и для растений наилучшим источником питания являются его растворимые соли. Для таких почв характерна более высокая степень подвижного калия, т.е. возможность переходить из обменного в обменное состояние. Особенно хорошо протекает этот процесс в чистых парах. У озимой пшеницы, ярового ячменя содержание калия в нетоварной части растений почти в 2 раза больше, чем в зерне. Кроме зерновых культур почву обогащают подвижными формами калия растительные пожнивные остатки бобовых и кормовых культур.

В стационарном опыте, в связи с высокими запасами калия в почве, калийные удобрения не вносились. При сравнении содержания обменного калия в конце восьмой ротации с исходными данными установлено, что по всем севооборотам и вариантам опыта его содержание и запасы в пахотном слое почвы увеличились на 3 —

Таблица 3. Изменение содержания и запасов подвижного фосфора по севооборотам и фонам питания (среднее)

Table 3. Change in the content and reserves of mobile phosphorus by crop rotations and nutritional backgrounds (average)

№ севооборота	Дозы удобрений за севооборот, кг/га в д.в.	Исходные данные (1969 г.)		Конец 8-ой ротации (2017–2019 гг.)		Отклонение (+/-)		p*	p#
		%	т/га	%	т/га	%	т/га		
1	контроль	15,0	38,3	16,7	42,6	+1,7	+4,3	0,046	0,016
	$N_{105}P_{100}$	15,0	38,3	22,5	57,4	+7,5	+19,1	0,028	
2	контроль	13,8	35,2	17,2	43,9	+3,4	+8,7	0,039	0,021
	$N_{105}P_{100}$	13,8	35,2	21,2	54,1	+7,4	+18,9	0,031	

* — Статистическая значимость различий между показателями 2017–2019 гг. и исходными данными при $p < 0,05$ (критерий Манна-Уитни).

— Статистическая значимость различий между показателями опытной и контрольной групп по данным 2017–2019 гг. при $p < 0,05$ (критерий Манна-Уитни).

Таблица 4. Изменение содержания и запасов обменного калия по севооборотам и фонам питания (среднее)

Table 4. Change in the content and reserves of exchangeable potassium by crop rotations and nutritional backgrounds (average)

№ севооборота	Дозы удобрений за севооборот, кг/га в д.в.	Исходные данные(1969 г.)		Конец 8-ой ротации (2017–2019 гг.)		Отклонение(+/-)		Р*	Р#
		%	т/га	%	т/га	%	т/га		
1	контроль	295	752	306	780	+11	+28	0,036	0,853
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	295	752	298	760	+3	+8	0,052	
2	контроль	265	676	311	791	+46	+115	0,001	0,794
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	265	676	306	780	+41	+104	0,001	

* — Статистическая значимость различий между показателями 2017–2019 гг. и исходными данными при $p < 0,05$ (критерий Манна-Уитни).

— Статистическая значимость различий между показателями опытной и контрольной групп по данным 2017–2019 гг. при $p < 0,05$ (критерий Манна-Уитни).

46 мг/кг и 8 — 115 кг/га. Причем такое повышение запасов калия в севообороте с чистым паром на контроле, а с занятым паром на всех фонах питания было статистически достоверным, тогда как различия между удобренным и неудобренным вариантом в конце 8 ротации по севооборотам были не существенными.

По сравнению с занятым паром содержание и запасы калия в севообороте с чистым паром были ниже на контроле в 4,2–4,1 раза, а на удобренном фоне в 13,7–13,0 раз. Внесение азотно-фосфорных удобрений способствует снижению содержания обменного калия в севообороте с чистым паром в 3,7 раза, запасов в 3,5 раза, тогда как с занятым паром это снижение составило всего 12,2 и 10,6% (табл.4).

По сравнению с чистым паром занятый эспарцетовый пар значительно увеличивал содержание и запасы калия в почве на контроле и существенно уменьшал его расход при внесении минеральных удобрений.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что за счет различного количества корневых и пожнивных остатков растений сельскохозяйственные культуры, возделываемые в длительных севооборотах, и пары оказывали существенное влияние на повышение или снижение гумуса в пахотном слое почвы (0–20 см). Применение чистого пара усиливало минерализацию гумуса на всех фонах питания, тогда как занятый пар повышал его содержание в почве.

Содержание и запасы фосфора и калия возрастали на всех видах пара и условиях питания. Внесение азотно-фосфорных удобрений в дозе N₁₀₅P₁₀₀ за 6-летнюю ротацию увеличивало запасы фосфора в севообороте с чистым паром в 4,4 раза, калия снижало в 3,5 раза, а в севообороте с занятым паром, соответственно, фосфора в 2,2 раза и калия на 10,6% по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Куприченко М.Т., Антонова Т.Н., Симбирев Н.Ф. и др. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие. Ставрополь. 2002. 164с. [Kuprichenkov M.T., Antonova T.N., Simbirev N.F. and others Land resources of the Stavropol region and their fertility. Stavropol. 2002. 164 p. (In Russ.)]
2. Багринцева В.Н. Питание зерновых колосовых культур на каштановых почвах Ставрополя. Москва. 2015. 109 с. [Bagrintseva V.N. Nutrition of cereal crops on the chestnut soils of the Stavropol Territory. Moskva. 2015. 109 p. (In Russ.)]
3. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: Агрус. 2013. 520с. [Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I. and others. The new generation farming system of the Stavropol Territory. Stavropol: Agrus. 2013. 520 p. (In Russ.)]
4. 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. [Shekhovtsov G. A., Chaikina N. N. Monitoring of soil fertility, the dynamics of the use of mineral and organic fertilizers, the balance of nutrients in the soils of the eastern part of the Stavropol Territory. Zemledelie. 2018; 6: 21–26. (In Russ.)]
5. 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. [Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. The influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. Agrarnaya nauka. 2020; 10: 83-87. (In Russ.)]

6. Хрипунов А.И., Желнакова Л.И., Федотов А.А. Эффективность чистых и занятых паров в условиях Ставропольского края. Достижения науки и техники АПК. 2014; 9: 26-30. [Khripunov A.I., Zhelnakova L.I., Fedotov A.A. Efficiency of clean and occupied vapors in the conditions of the Stavropol Territory. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014; 9: 26-30. (In Russ.)]
7. Ходжаева Н.А., Довгаль В.Н. Эффективность минеральных удобрений в зернопаровых севооборотах на каштановых почвах засушливой зоны. Ставрополь. 1985. 105 с. [Khodzhaeva N.A., Dovgal V.N. The effectiveness of mineral fertilizers in grain-fallow crop rotations on chestnut soils in the arid zone. Stavropol. 1985. 105 p. (In Russ.)]
8. Уланов А. К., Будажапов 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. [Ulanov A.K., Budazhapov L.V. Productivity of chestnut soil depending on moisture conditions under long-term influence of crop rotations, methods of basic processing and fertilizers in dry steppe. Zemledelie. 2019; 1: 15–18. (In Russ.)]
9. Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. Известия Горского ГАУ. 2017; 4 (54): 25-31. [Gagiev B.V., Kanukov Z.T., Lazarov T.K. and others. Productivity of field crop rotation depending on fertilizers on leached black earth. Izvestiya Gorskogo GAU. 2017; 4 (54): 25-31. (In Russ.)]
10. Куприченко М.Т., Антонова Т.Н. Ферменты в почвах Предкавказья. Ставрополь: Агрус. 2010. 67с. [Kuprichenkov M.T., Antonova T.N. Enzymes in the soils of the Ciscaucasia. Stavropol: Agrus. 2010. 67 p. (In Russ.)]