

Научная статья

УДК 631.445.4:631.82 /.87]:631.582 (470.62)

DOI: 10.25230/2412-608X-2022-2-190-51-56

**Влияние минеральных
и органических удобрений
в зернопропашном севообороте
на свойства чернозема
выщелоченного
Западного Предкавказья**

Василий Михайлович Кильдюшкин¹
Валерий Никифорович Слюсарев²
Олег Анатольевич Подколзин²
Александр Валентинович Осипов²

¹ФГБНУ «НИЦ им. П.П. Лукьяненко»,
Россия, 350012, Краснодар, ул. Звездная, 36
kniish@kniish.ru

²ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
Россия, 350044, Краснодар, ул. Калинина, 13
mail@kubsau.ru

Аннотация. Цель исследований – дать оценку гумусовому состоянию и функционированию почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного за период ротации шестипольного зернопропашного севооборота. Использовались традиционные методы исследования почвы в полевом многолетнем опыте. Применялись средние и высокие нормы минеральных удобрений, а также органические удобрения (подстилочный, жидкий навоз, солома) и их сочетания с минеральными туками. Внесение минеральных удобрений за ротацию севооборота способствовало увеличению всех видов почвенной кислотности. Применение подстилочного навоза и соломы существенно снижало показатели активной, обменной и гидролитической кислотности – соответственно на 6,8–1,7; 15,2–13,0 и 18,4–8,2 % относительно контроля. Совместное внесение органических и минеральных удобрений тормозит темпы подкисления почвы, но не устраняет их. Применение подстилочного навоза и его комбинации с минеральными удобрениями обусловило увеличение содержания углерода гумуса соответственно на 3,9 и 11,6 %. Использование соломы в

совместном применении с минеральным фоном и жидким навозом повышало содержание углерода гумуса соответственно на 1,4 и 14,5 % относительно контроля. Степень гумификации с увеличением норм минеральных удобрений снижалась с 24,2 до 22,3, а с применением органических удобрений увеличивалась с 22,3 до 25,2.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, минеральные, органические удобрения, солома, подстилочный навоз, почвенная кислотность, качество гумуса, зернопропашной севооборот

Для цитирования: Кильдюшкин В.М., Слюсарев В.Н., Подколзин О.А., Осипов А.В. Влияние минеральных и органических удобрений в зернопропашном севообороте на свойства чернозема выщелоченного Западного Предкавказья // Масличные культуры. 2022. Вып. 2 (190). С. 51–56.

UDC 631.445.4:631.82 /.87] : 631.582 (470.62)

The influence of mineral and organic fertilizers in the grain crop rotation on the properties of leached chernozem of the Western Caucasus.

V.M. Kildyushkin¹, doctor of agriculture
V.N. Slyusarev², doctor of agriculture
O.A. Podkolzin², doctor of agriculture
A.V. Osipov², PhD in agriculture

¹P.P. Lukyanenko National Research Center
36, Zvezdnaya str., Krasnodar, 350012, Russia,
kniish@kniish.ru

²Kuban State Agrarian University
13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia,
mail@kubsau.ru

Abstract. The purpose of the research is to assess the humus state and functioning of the soil absorbing complex of leached chernozem during the rotation period of the six-field grain crop rotation. Traditional methods of soil research were used in field long-term experience. The medium and high rates of the mineral fertilizers of nitrogen, phosphorus, potassium, as well as the organic fertilizers (litter, liquid manure, straw) and their combinations with mineral solid fertilizers were used. The application of the mineral fertilizers for a circle of the crop rotation contributed to an increase in all types of soil acidity. The use of the litter manure and straw significantly reduced the indicators of an active, metabolic and hydrolytic acidity, respectively, by 6.8-1.7, 15.2-13.0, and 18.4-8.2% relative to the control. The joint application of the organic and mineral fertilizers slows down the rate of acidification of the soil, but does not eliminate them. The use of the litter manure and its combination with a mineral fertilizer caused an increase in the carbon content of humus, respectively, by 3.9 and 11.6%. The use of the straw in a combination with the mineral fertilizer and liquid manure increased the carbon content of humus, respectively, by 1.4 and 14.5% relative to the control.

The degree of humification with increasing rates of the mineral fertilizers decreased from 24.2 to 22.3, and with the use of the organic fertilizers increased from 22.3 to 25.2.

Keywords: chernozem leached, mineral organic fertilizers, straw, litter manure, soil acidity, quality humus, grain-tillage crop rotation

Введение. Интенсификация земледелия, которая имела место в 1970–1990 гг. на Кубани, привела к изменению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур. Отрицательное влияние на плодородие черноземов Краснодарского края в наибольшей степени проявилось на черноземе выщелоченном, который с точки зрения эволюционного развития является одним из древних подтипов черноземов. Резкое падение уровня содержания гумуса, потери поглощенного кальция повлекли за собой ухудшение состояния почвенного поглощающего комплекса (ППК), обусловили низкую буферную способность почвы и, как следствие, привели к деградации их структурного состояния и физических свойств [1].

Применение больших доз азотных удобрений в виде аммиачной селитры (NH_4NO_3) без должного применения органических удобрений способствовало росту уровня урожайности сельскохозяйственных культур, но не повышало плодородие черноземов выщелоченных. Одновалентные катионы калия и аммония традиционных минеральных удобрений, являясь активными пептизаторами, дезагрегировали почвенную структуру, а одновалентные анионы хлора и нитрат-анионы, формируя растворимые соли, вымывались из почвы, вынося эквивалентное количество кальция, который так необходим для образования нерастворимых гуматов – солей гуминовой кислоты, участвующих в накоплении гумуса и строительстве почвенной структуры [1; 2].

Целью исследований было выявить действие минеральных и органических удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его гумусовое

состояние за период ротации зернопашного севооборота (1989–1995 гг.).

Материалы и методы. Опыт заложен на стационарном участке поля агротехнического отдела Научного центра зерна им. П.П. Лукьяненко. Исследования проводили в шестипольном зернопашном севообороте, изучали влияние минеральных, органических удобрений и их комбинаций на гумусовое состояние и кислотность чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоголинистого на лессовидных глинах.

В опыте использовали минеральные (сильвин, аммиачная селитра, суперфосфат) и органические (измельченная солома, подстилочный и жидкий навоз) удобрения. Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянок под зерновыми культурами $34,0 \text{ м}^2$, под пашными – $47,6 \text{ м}^2$. Размещение вариантов по делянкам опыта систематическое. Агротехника возделывания культур в севообороте рекомендуемая в центральной природно-климатической зоне Краснодарского края. В севообороте предусмотрена следующая схема чередования полевых культур: озимая пшеница – подсолнечник – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимая пшеница – соя.

Состав гумуса определяли по ускоренной методике М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой, предусматривающей обработку почвы раствором $0,1 \text{ M Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 0,1 \text{ M NaOH}$, имеющим рН 13. Количество переходящих в вытяжку гумусовых веществ сопоставимо с суммой веществ, переходящих в декальцинат и вытяжку № 2 в методе И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (1968), то есть сумме фракций 1а, 1, 2. Активную ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) и обменную (pH_{KCl}) кислотность определяли потенциометрическим методом, гидролитическую кислотность – по методу Каппена [3; 4; 5].

Результаты и обсуждение. В годы исследования отмечен устойчивый тренд в увеличении температуры воздуха и среднегодового количества атмосферных осадков, особенно в период с 1986 по 2010 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Динамика метеоусловий опытного поля КНИИСХ (1936–2020 гг.)

Климатические показатели	Годы			
	1936–1960	1961–1985	1986–2010	2010–2020
Среднегодовая температура воздуха, °С	+11,2	+11,7	+12,1	+13,4
Среднегодовое количество осадков, мм	623,3	618,8	728,7	649,3

Результаты исследований показали, что за период с 1989 по 1995 гг. гидролитическая кислотность почвы повышалась в вариантах с применением средней нормы минеральных удобрений на 15,7 % относительно контроля (табл. 2). Установлено, что при внесении повышенной нормы азота совместно со средними дозами фосфора и калия ($N_{140}P_{54}K_{32}$) гидролитическая кислотность в слое 0–20 см возросла на 23,5 относительно контроля. Увеличение нормы минеральных удобрений по всем трем элементам в два раза ($N_{140}P_{108}K_{64}$) способствовало росту гидролитической кислотности только на 11,8 % относительно контроля.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на кислотность почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	pH _{H2O}	Отклонение от контроля, ±	pH _{KCl}	Отклонение от контроля, ±	Hг*, мг-экв/100 г	Отклонение от контроля, ±
Без удобрений	0–20	6,1	–	4,9	–	5,1	–
	20–40	6,2	–	5,0	–	4,6	–
$N_{70}P_{54}K_{32}$	0–20	5,9	-0,2	4,7	-0,2	5,9	+0,8
	20–40	6,3	+0,3	4,9	0,0	4,8	+0,2
$N_{140}P_{54}K_{32}$	0–20	5,5	-0,6	4,7	-0,2	6,3	+1,2
	20–40	6,0	-0,1	4,9	0,0	4,7	+0,1
$N_{140}P_{108}K_{64}$	0–20	5,7	-0,4	4,7	-0,2	5,7	+0,6
	20–40	6,0	-0,1	5,0	+0,1	4,3	-0,2
НСР ₀₁	0–20		0,20		0,19		0,21

*Hг – гидролитическая кислотность

Внесение минеральных удобрений также способствовало росту уровня обменной кислотности (pH_{KCl}) в слое 0–20 см на 4,0 % относительно контроля.

Систематическое применение минеральных удобрений способствовало повышению не только видов потенциальной (обменной и гидролитической) кислотности, но и явилось причиной роста уровня активной кислотности. Особенно четко эта закономерность проявлялась при удвоении норм удобрений: в вариантах внесения $N_{140}P_{54}K_{32}$ и $N_{140}P_{108}K_{64}$ увеличение этого вида кислотности составило соответственно 6,6 и 9,8 %.

Результаты изучения влияния органических удобрений и их комбинаций с минеральными туками на уровни активной и потенциальной кислотности почвы дали неоднозначные результаты (табл. 3).

Таблица 3

Влияние органических и минеральных удобрений на кислотность почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Hг*, мг-экв/100 г
Без удобрений	0–20	5,9	4,6	4,9
	20–40	5,1	4,8	4,7
Подстилочный навоз, 40 т/га	0–20	6,3	5,3	4,0
	20–40	6,3	5,1	4,2
Солома, 50 т/га	0–20	6,0	5,2	4,5
	20–40	6,3	5,1	3,9
$N_{70}P_{54}K_{32}$ – фон	0–20	5,5	4,7	5,8
	20–40	6,2	5,1	4,4
Фон + подстилочный навоз, 40 т/га	0–20	5,7	4,9	5,1
	20–40	5,9	4,9	4,8
Фон + жидкий навоз, 50 т/га + солома, 6 т/га	0–20	5,5	4,7	5,8
	20–40	5,8	4,8	5,3
НСР ₀₁		0,19	0,17	0,23

*Hг – гидролитическая кислотность

Так, внесение подстилочного навоза и соломы без применения минеральных удобрений существенно снижали в слое 0–20 см показатели активной, обменной и гидролитической кислотности – соответственно на 6,8–1,7; 15,2–13,0 и 18,4–8,2 %. Внесение только минеральных удобрений обусловило рост уровня тех же видов почвенной кислотности соответственно на 6,8; 2,2 и 18,4 %.

Совместное внесение подстилочного навоза на фоне полного минерального удобрения снижало рост уровня всех

видов почвенной кислотности, но не устранило полностью. Так, увеличение активной, обменной и гидролитической кислотности составило в данном варианте соответственно 3,4; 2,2 и 18,4 % относительно контроля.

Применение жидкого навоза в комплексе с соломой на фоне полного минерального удобрения снижало уровень активной кислотности на 6,8 %, однако существенно повышало обменную и гидролитическую кислотность – соответственно на 2,2 и 18,4 %.

В условиях интенсивного сельскохозяйственного производства большое значение приобретает оптимизация гумусового состояния почв как важнейшего фактора их плодородия [6; 7]. Определение содержания углерода гумуса в почве показало, что за полную ротацию зерно-пропашного севооборота его содержание в слое 0–20 см при внесении органических и минеральных удобрений увеличилось на 0,24–0,30 % относительно контроля (табл. 4).

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на количество и качественный состав гумуса (углерод, %)

Вариант опыта	Слой почвы, см	Углерод гумуса	Сумма Сгк+Сфк	Сгк*	Сфк*	Сгк / Сфк	Степень гумификации %
Без удобрений	0–20	2,07	0,79	0,46	0,33	1,39	22,2
	20–40	1,93	0,76	0,43	0,33	1,30	22,2
Подстилочный навоз, 40 т/га	0–20	2,15	0,85	0,50	0,35	1,43	23,3
	20–40	1,96	0,81	0,45	0,36	1,25	23,0
Солома, 50 т/га	0–20	2,10	0,83	0,53	0,30	1,77	25,2
	20–40	1,98	0,76	0,46	0,30	1,53	23,2
Фон – N ₇₀ P ₅₄ K ₃₂	0–20	2,10	0,79	0,46	0,33	1,39	21,9
	20–40	1,93	0,74	0,39	0,35	1,11	20,2
Фон + подстилочный навоз, 40 т/га	0–20	2,31	0,90	0,54	0,36	1,50	23,4
	20–40	2,24	0,89	0,50	0,39	1,30	22,3
Фон + жидкий навоз, 50 т/га + солома, 5 т/га	0–20	2,37	0,92	0,52	0,40	1,30	21,9
	20–40	2,29	0,85	0,48	0,38	1,26	21,0
НСР ₀₁	0–20	0,08					
	20–40	0,02					

*Сгк, Сфк – углерод гуминовой и фульвокислоты

В условиях опыта минеральные удобрения не оказали существенного влияния на содержание углерода гуминовых кислот, но с удвоением их норм наблюдалась тенденция увеличения количества углерода фульвокислот. В целом это отразилось на степени гумификации, которая в пахотном слое с увеличением норм минеральных удобрений снизилась с 24,2 до 22,3 %. В слое 20–40 см такой тенденции не установлено.

Навоз и другие органические удобрения, стимулируя рост сельскохозяйственных культур, повышая в почве содержание органического вещества, активизируют биологическую деятельность, положительно воздействуют на структурное состояние почв, причем большое значение имеет не только количество, но и качество гумуса.

Применение навоза и соломы за ротацию способствовало увеличению содержания углерода гумуса в черноземе соответственно на 3,9 и 1,4 % (табл. 4).

Более выраженный эффект в повышении содержания углерода гумуса установлен в вариантах с применением подстилочного навоза на фоне N₇₀P₅₄K₃₂ и комбинированным внесением жидкого навоза и соломы на том же фоне. В этих вариантах опыта установлено увеличение углерода гумуса – соответственно на 11,6 и 14,5 % относительно контроля.

Такие тенденции сохранились и в изменении содержания углерода гуминовых кислот. В вариантах с внесением подстилочного навоза и соломы содержание Сгк возрастало на 8,7 и 15,2 %, а в вариантах с использованием подстилочного навоза на фоне N₇₀P₅₄K₃₂ и комбинированным внесением жидкого навоза и соломы на том же фоне – соответственно на 17,4 и 13,0 %.

Содержание углерода фульвокислот (Сфк), также как и углерода гуминовых кислот (Сгк), имело тенденцию к увеличению в зависимости от видов удобрений.

При внесении подстилочного навоза и соломы содержание С_{фк} возрастало одинаково – на 6,1 %, а в вариантах с использованием подстилочного навоза на фоне N₇₀P₅₄K₃₂ и комбинированным внесением жидкого навоза и соломы на том же фоне – соответственно на 9,1 и 21,1 %.

В отличие от применения минеральных удобрений внесение органических и комбинация их с минеральными удобрениями повышали степень гумификации чернозема выщелоченного. Так, в вариантах с использованием подстилочного навоза и соломы она возросла с 22,2 до 23,3 и 24,0, а с применением подстилочного навоза на фоне минерального удобрения – на 23,4. Исключением был вариант с комбинированным внесением жидкого навоза и соломы на том же фоне, где показатель степени гумификации уменьшился с 22,2 до 21,9. Вероятно, в этом варианте это можно объяснить резким возрастанием содержания углерода фульвокислот, которые отличаются своей лабильностью и не способствуют накоплению гумуса.

Выводы. Установлено, что применение органических и минеральных удобрений в 6-польном зернопропашном севообороте за его ротацию в значительной мере оказало существенное влияние на состояние почвенного поглощающего комплекса и гумусовое состояние чернозема выщелоченного.

Внесение минеральных удобрений в нормах N₇₀P₅₄K₃₂, N₁₄₀P₅₄K₃₂ и N₁₄₀P₁₀₈K₆₄ за ротацию севооборота способствовало увеличению в слое 0–20 см гидролитической кислотности соответственно на 15,7; 23,5 и 11,8 %. Увеличение обменной кислотности (рН_{КС1}) не превышало 4,0 %. Показатели активной кислотности (рН_{Н2О}) увеличивались на 6,6–9,8 % относительно контроля.

Применение подстилочного навоза и соломы без минеральных удобрений существенно снижало в слое 0–20 см по-

казатели активной, обменной и гидролитической кислотности – соответственно на 6,8–1,7; 15,2–13,0 и 18,4–8,2 %.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений тормозит темпы подкисления почвы, но не устраняет их. Применение же жидкого навоза с соломой на фоне минеральных удобрений повышает уровни обменной и гидролитической кислотности соответственно на 2,2 и 18,4 %.

Содержание углерода гумуса в слое 0–20 см при внесении органических и минеральных удобрений за ротацию севооборота увеличилось на 0,24–0,30 % относительно контроля. Количество углерода гуминовых и фульвокислот в этих вариантах варьировало в несущественных пределах. Степень гумификации с увеличением норм минеральных удобрений снижалась с 24,2 до 22,3.

Применение подстилочного навоза и его комбинации с минеральными удобрениями за ротационный период обусловило увеличение содержания углерода гумуса в черноземе соответственно на 3,9 и 11,6 %.

Использование соломы в совместном применении с минеральным удобрением и жидким навозом повышало содержание углерода гумуса соответственно на 1,4 и 14,5 % относительно контроля. Степень гумификации с применением органических удобрений увеличивалась с 22,3 до 25,2.

Список литературы

1. Подколзин О.А., Слюсарев В.Н., Соколова И.В., Осипов А.В. [и др.]. Мониторинг и оценка состояния почв степных агроландшафтов Северо-Западного Кавказа // *Агротехнический вестник*. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 11–15.
2. Цуркан М.А. Агротехнические основы применения органических удобрений. – 1985. – 287 с.
3. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусового состояния почв //

В кн.: Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42–47.

4. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 313 с.

5. Химический анализ почвы / Под ред. к. х. н. А.Г. Муравьева; изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб.: «Крисмас+», 2015. – 136 с.

6. Медведев В.В., Чесняк Г.Я., Лактионова Т.Н. Влияние органических удобрений на гумусовое состояние и физические свойства чернозёма типичного лесостепи СССР // В кн.: Органическое вещество пахотных почв. Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 1987. – С. 90–96.

7. Щербakov А.П., Шевченко Г.А. Основные показатели гумусового состояния и уровень плодородия почв ЦЧР // В кн.: Органическое вещество пахотных почв. Научные труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 1987. – С. 103–109.

References

1. Podkolzin O.A., Slyusarev V.N., Sokolova I.V., Osipov A.V. [i dr.]. Monitoring i otsenka sostoyaniya pochv stepnykh agrolandshaftov Severo-Zapadnogo Kavkaza // Agrokhimicheskiy vestnik. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 11–15.

2. Tsurkan M.A. Agrokhimicheskie osnovy primeneniya organicheskikh udobreniy. – 1985. – 287 s.

3. Grishina L.A., Orlov D.S. Sistema pokazateley gumusovogo sostoyaniya pochv // V kn.: Problemy pochvovedeniya. – М.: Nauka, 1978. – С. 42–47.

4. Kononova M.M. Organicheskoe veshchestvo pochvy. – М.: Izd-vo ANSSSR, 1963. – 313 s.

5. Khimicheskiy analiz pochvy / Pod red. k. kh. n. A.G. Murav'eva; izd. 3-e, pererab. i dop. – SPb.: «Krismas+», 2015. – 136 s.

6. Medvedev V.V., Chesnyak G.Ya., Laktionova T.N. Vliyanie organicheskikh udobreniy na gumusovoe sostoyanie i fizicheskie svoystva chernozema tipichnogo lesostepi USSR // V kn.: Organicheskoe veshchestvo pakhotnykh pochv. Nauchnye trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – 1987. – S. 90–96.

7. Shcherbakov A.P., Shevchenko G.A. Osnovnye pokazateli gumusovogo sostoyaniya i uroven' plodorodiya pochv TsChR // V kn.: Organicheskoe veshchestvo pakhotnykh pochv. Nauchnye trudy Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. – 1987. – S. 103–109.

Сведения об авторах

В.М. Кильдюшкин, д-р с.-х. наук

В.Н. Слюсарев, д-р с.-х. наук

О.А. Подколзин, д-р с.-х. наук

А.В. Осипов, канд. с.-х. наук

Получено/Received

18.04.2022

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

21.04.2022

Получено после доработки/Manuscript revised

22.04.2022

Принято/Accepted

25.04.2022

Manuscript on-line

30.06.2022