

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ И БАЛАНС ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ СЕВЕРА

THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE BACKGROUND OF LIMING ON THE FRACTIONAL COMPOSITION OF THE HUMUS BALANCE IN SODDY-PODZOLIC SOIL OF THE NORTH

Чеботарев Н.Т.¹, Микушева Е.Н.², Мушинский А.А.³

¹ Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»

² Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

³ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агробиотехнологий Российской академии наук»

Chebotarev N.T.¹, Mikusheva E.N.², Mushinsky A.A.³

¹ Institute of agrobiotechnology them A.V. Zhuravsky Komi NC Uro RAS — a separate division of the Federal state budgetary institution of science Federal research center "Komi scientific center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences»

² Syktyvkar state University them Pitirim Sorokin

³ Federal state budgetary scientific institution "Federal scientific center of biological systems and agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences»

АННОТАЦИЯ

Материал и методика

В длительном полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой слабокультуренной почве проведены исследования по влиянию известки (последствие 1983 года) и ежегодного внесения минеральных удобрений, рассчитанных по выносу NPK запланированным урожаем многолетних трав, на изменение свойств почвы, в том числе гумуса. В результате исследований установлено, что минеральные удобрения и мелиоранты оказывали значительное влияние на изменение баланса гумуса, а также групповой и фракционный его состав.

Результаты

Наши исследования показали, что запасы гумуса в почве опытного участка составили 41,6–46,8 т/га. Объемы поступления в почву корнепоживных остатков по вариантам опыта были 3,8–5,7 т/га, наибольшее их количество получено в вариантах применения NPK по известкованной почве — 5,5–5,7 т/га и урожайность многолетних трав по указанным вариантам была наибольшей (4,7–5,0 т/га с.в.). Использование известки и минеральных удобрений повышало в составе гумуса сумму гуминовых кислот до 21,5–25,3%, в варианте без удобрений — 17,8%. Особенно увеличилась (с 2,1 до 5,8%) фракция ГК-2, связанная с калием и магнием. Значительно снизилась наиболее агрессивная фракция фульвокислот ФК 1а. Эти изменения в лабильной части гумуса позволили изменить тип гумуса — из фульватного типа (Сгк:Сфк<0,5), в гуматно-фульватный — Сгк:Сфк>0,5, что позволило улучшить структуру почвы и питания растений.

Ключевые слова: удобрения, известка, гумус, лабильные формы гумуса, гуминовые и фульвокислоты.

Научная статья представлена в рамках программы УрО РАН № 18-8-49-17 «Продуктивность сельскохозяйственных культур с особенностями трансформации и стабилизации почвенного органического вещества в пахотных угодьях Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми) на 2018–2020 гг.»

Для цитирования: Чеботарев Н.Т., Микушева Е.Н., Мушинский А.А. Влияние минеральных удобрений на фоне известкования на фракционный состав и баланс гумуса дерново-подзолистой почвы севера. *Аграрная наука*. 2019; (9): 51–54.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-331-8-51-54>

Введение

Гумусированность агроценозов связана не только с генезисом определенных типов почв, вовлеченных в пашню, но и в значительной степени с хозяйственной деятельностью предприятий [1].

Воспроизводство гумуса в почвах должно осуществляться за счет органического вещества, создаваемого

METHODS

In the long-term field stationary experiment on sod-podzolic weakly cultivated soil, studies were conducted on the effect of lime (aftereffect of 1983) and annual application of mineral fertilizers calculated from the removal of NPK by the planned harvest of perennial grasses on the change in soil properties, including humus.

Result

As a result of researches it is established that mineral fertilizers and meliorants exerted considerable influence on change of humus balance, and also its group and fractional structure. Our studies have shown that the reserves of humus in the soil of the experimental site amounted to 41.6–46.8 t/ha. The volumes of root crop residues entering the soil according to the variants of the experiment were 3.8–5.7 t/ha, the greatest number of them was obtained in the variants of NPK application for limed soil — 5.5–5.7 t/ha and the yield of perennial grasses for these variants was the highest (4.7–5.0 t/ha SV). The use of lime and mineral fertilizers in the humus increased the amount of humic acids to 21.5–25.3%, in the version without fertilizers — 17.8%. Especially increased (from 2.1 to 5.8%) fraction of ha-2 associated with potassium and magnesium. The most aggressive fraction of FC 1A fulvic acids significantly decreased. These changes in the labile part of humus allowed to change the type of humus — from fulvate type (SGC:SFK 0.5), to HUMATE-fulvate — SGC:SFK>0.5, which improved the soil structure and plant nutrition.

Key words: fertilizers, lime, humus, labile forms of humus, humic and fulvic acids.

For citation: Chebotarev N.T., Mikusheva E.N., Mushinsky A.A. The influence of mineral fertilizers on the background of liming, on the fractional composition of the humus balance in soddy-podzolic soil of the north. *Agrarian science*. 2019; (9): 51–54. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-331-8-51-54>

в самих агроценозах. Главным образом это относится к растительным остаткам сельскохозяйственных культур (поживно-корневым, соломе) [2]. Оценка влияния агрохимических мероприятий только на валовое содержание органического углерода, используемого для расчета количества гумуса, не раскрывает всей сути положительного воздействия органического вещества

почвы на ее плодородие [3]. Более полная картина раскрывается при изучении группового и фракционного состава гумуса, характеризующего содержание лабильных и стабильных форм органических веществ [4].

Положительным изменением в содержании гуминовых кислот способствовало обогащение почвы кальцием в результате внесения доломитовой муки на дерново-подзолистой почве [6, 7]. Подобные результаты получены на дерново-подзолистых почвах Севера [8]. Здесь установлено, что применение органических удобрений и известкования, а на их фоне — минеральных удобрений — повышало качество лабильных форм гумуса, увеличивалась сумма гуминовых кислот и снижалась сумма фульвокислот, а также соотношение Сгк:Сфк возросло с 0,7 до 1,22.

Наши исследования были направлены на снижение кислотности почвы, режима органического вещества и качества гумуса и, в конечном итоге, на повышение плодородия и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Поэтому целью настоящей работы является эффективность влияния извести и минеральных удобрений на содержание, качество гумуса и его групповой и фракционный состав. В задачи исследований входило выявление оптимального сочетания мелиорантов и минеральных удобрений, при котором улучшается баланс гумуса и его лабильные формы.

Условия, материалы и методы

В полевом стационарном опыте нашего Института в 1983–2015 годах изучали влияние извести и минеральных удобрений при возделывании многолетних трав на изменение свойств, а также органического вещества дерново-подзолистой среднесуглинистой слабокультуренной почвы на покровных суглинках, относящихся к очень холодному подтипу сезонно-промерзающего типа почв Республики Коми. Исходное содержание агрохимических показателей (1983 год) почвы было следующим (в слое 0–20 см): гумус (по Тюрину) — 1,3–1,8%, pH_{KCl} (потенциометрически) — 3,9–4,2, подвижных форм фосфора — 40–80 и калия (по Кирсанову) — 74–90 мг/кг почвы, гидролитическая кислотность (по Каппену) — 5,0–7,1 ммоль/100 г почвы, степень насыщенности основаниями — 60–70%.

Изучение группового и фракционного состава гумуса проводили по методике В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [5], содержание обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} — по методике ЦИНАО. Учет корневых и пожнивных остатков

и баланс гумуса рассчитывали по методике разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Схема опыта включала восемь вариантов: контроль (без удобрений); 2–4 известь в дозах из расчета, соответственно, 1,0, 2,0 и 2,5 гидролитической кислотности, внесенная в почву в 1983 году; 5 — NPK ежегодно в дозах, рассчитанных по выносу элементов питания запланированным урожаем (15 т/га) многолетних трав ($N_{60}P_{75}K_{75}$); 6–8 — ежегодно NPK по фону трех доз извести. Возделывали бобово-злаковую травосмесь (клевер луговой сорта «Трио» и тимофеевка луговая сорта «Северодвинская»).

Урожайность многолетних трав учитывали сплошным способом, поделаноchno. Площадь опытной делянки 50 м², повторность опыта — четырехкратная [5]. Травосмесь пересевали каждые пять лет.

Результаты исследований

Длительные исследования (более 30 лет) по использованию минеральных удобрений по фону извести показали значительное действие на содержание гумуса и его баланс в дерново-подзолистой среднесуглинистой почве (табл. 1).

Содержание общего гумуса в почве вариантов опыта составило 1,6–1,8%, запасы гумуса в почве варьировали от 41,6 до 46,8 т/га, что по классификации Л.А. Гришиной и Д.А. Орлова [16] характеризует очень низкий уровень гумусового состояния на холодных почвах Севера [15].

Длительное применение минеральных удобрений по фону извести способствовало поступлению в почву корнепожнивных остатков в количестве 3,8–5,7 т/га, наиболее высокое их количество получено при применении доз извести по 2,0 и 2,5 гидролитической кислотности совместно с минеральными удобрениями (5,5–5,7 т/га). В вариантах с двумя дозами извести объемы растительных остатков составили 5,1–5,3 т/га сухого вещества, наибольшее количество в варианте известь 2,5 г.к. — 5,7 т/га с.в. В варианте без удобрений — 3,8 т/га. Синтез гумуса из растительных остатков составил 0,69–1,03 т/га, особенно выделялся вариант применения извести и NPK (0,92–1,03 т/га). В вариантах с двумя дозами извести — 0,92–0,95 т/га, в контроле — 0,69 т/га. Минерализация гумуса в почве в наибольшей степени отмечена в вариантах совместного внесения извести и минеральных удобрений (0,30 т/га), в меньшей степени — при использовании только одного мелиоранта NPK и в контроле (0,29 т/га). Расчеты

Таблица 1.

Влияние минеральных удобрений на фоне известкования на баланс гумуса дерново-подзолистой почвы

Table 1. The effect of mineral fertilizers on the background of liming on the balance of humus of sod-podzolic soil

Вариант	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в почве, т/га	Объемы поступления растительных остатков, т/га с.в.	Синтез гумуса из растительных остатков, т/га	Минерализация гумуса, т/га	Баланс гумуса, (±), т/га
Без удобрений (контроль)	1,6	41,6	3,8	0,69	0,27	+0,42
Известь 2,0 г.к.	1,7	44,2	5,1	0,92	0,29	+0,63
Известь 2,5 г.к.	1,8	46,8	5,3	0,95	0,30	+0,65
NPK	1,7	44,2	4,9	0,92	0,29	+0,63
Известь 2,0 г.к. + NPK	1,7	44,2	5,5	0,92	0,29	+0,63
Известь 2,0 г.к. + NPK	1,8	46,8	5,7	1,03	0,30	+0,73
HCP ₀₅	0,16		0,48			

Таблица 2.

Изменение баланса гумуса и его фракционного состава в пахотном слое (0–20 см) дерново-подзолистой почвы (2018 год)

Table 2. Change in the balance of humus and its fractional composition in the layer (0–20 cm) of sod-podzolic soil (2018)

Вариант	Содержание гумуса, %	Органический углерод, %	Гуминовые кислоты, % фракции				Фульвокислоты, % фракции					C2к:Сфк	Негидролизуемый остаток, %
			1	2	3	сумма	1а	1	2	3	сумма		
Без удобрений (контроль)	1,6	0,41	10,6	2,1	5,1	17,8	4,6	1,5	18,2	19,3	43,6	0,41	38,6
Известь 2,0 г.к.	1,7	0,46	11,8	3,4	6,3	21,5	3,8	1,4	17,9	19,5	42,6	0,50	35,9
Известь 2,5 г.к.	1,8	0,48	13,0	3,9	6,8	23,7	3,6	1,3	17,7	19,8	42,4	0,56	33,9
НPK	1,7	0,53	12,2	3,6	5,9	21,7	3,2	1,4	18,1	20,1	42,8	0,51	35,5
Известь 2,0 г.к. + NPK	1,8	0,52	12,5	5,5	7,2	25,2	2,7	1,1	17,6	19,2	40,6	0,62	34,2
Известь 2,5 г.к. + NPK	1,8			5,8	7,5		1,4	1,1		19,0		0,65	35,8
НCP ₀₅	0,16	0,54	12,0			25,3			17,4		38,9		

показали, что наибольший ежегодный положительный баланс гумуса получен при использовании NPK по фону извести — 0,63–0,73 т/га, при применении двух доз мелиоранта — 0,63–0,65 т/га, и в варианте без удобрений баланс гумуса в почве составил 0,42 т/га.

Известно, что лабильная часть органического вещества почвы является основным источником азотного и в значительной степени фосфорного питания растений. В нем заключено 98% всего запаса азота почвы, 80% серы и 60% фосфора [4, 8, 9].

Весьма важное значение имеет качество лабильных форм гумуса, которое зависит от доз и форм вносимых удобрений и мелиорантов в почву [7, 10, 11].

Последствие трех доз извести и внесение минеральных удобрений на их фоне неоднозначно воздействовали на групповой и фракционный состав гумуса (табл. 2).

Использование извести, а также совместное ее применение с минеральными удобрениями повышало в составе гумуса сумму фракций гуминовых кислот с 21,5 до 25,3%, на минеральном фоне она была 21,7%, в варианте без удобрений — 17,8%. Существенно увеличилась (с 2,1 до 5,8%) наиболее ценная фракция гуминовых кислот — ГК-2, связанная с кальцием и магнием в пахотном горизонте почвы, что подтверждается исследованиями [6, 7, 8] и указывает на то, что присутствие ионов кальция, при наличии которых процесс гумификации шел значительно глубже, способствовало образованию гуматов кальция, сравнительно устойчивых к биологической минерализации [6, 11, 14].

В результате использования минеральных удобрений и последствие извести содержание наиболее агрессивной фракции фульвокислот (ФВ 1а) снизилось с 4,6 до 1,4%, что положительно повлияло на соотношение суммы фракций гуминовых и фульвокислот [6, 12, 13]. Если в варианте без удобрений их соотношение было

0,44, в вариантах с дозой извести 1,0, 2,0 и 2,5 г.к. оно составило 0,5–0,6, то при внесении NPK по фону последствие трех доз извести оно повышалось до 0,57–0,71.

В вариантах без удобрений и внесения только минеральных удобрений соотношение суммы фракций гуминовых и фульвокислот составило 0,41, 0,51. Здесь тип гумуса был фульватный, по другим вариантам — гуматно-фульватный, что указывает на повышение его качества при использовании извести и минеральных удобрений.

Выводы

Длительное применение минеральных удобрений по фону последствие извести позволяет сделать следующие выводы:

1. Минеральные удобрения, совместно с мелиорантами, способствовали максимальному поступлению в почву корнепоживных остатков многолетних трав (5,5–5,7 т/га с.в.) и получению значительного баланса гумуса (0,63–0,73 т/га) за счет нейтрализации кислых почв кальцием и магнием и переводу трудноусвояемых элементов питания в легкодоступные растения.

2. Установлено, что известкование повышало количество гуминовых кислот гумуса и их устойчивость, способствовало образованию гуматов кальция, повышая гумусированность слабокультуренных дерново-подзолистых почв.

3. Под действием минеральных удобрений и извести повышалась фракция гуминовых кислот ГК-2 (с 2,1 до 5,8%), снижалась наиболее агрессивная фракция фульвокислот ФК 1а (с 4,6 до 1,4%). Соотношение суммы гуминовых кислот к сумме фульвокислот повысилось с 0,41 до 0,65% и тип гумуса из фульватного типа (до 0,5) перешел в гуматно-фульватный тип, что указывает на повышение плодородия дерново-подзолистой почвы, так как гумус является основой плодородия.

4. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 222 с.

5. Агробиохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.

6. Орлов Д.С., Суханова Н.Н., Розанов М.С. Разнообразие и причины особенностей гумусового состояния почв России // Биогеография почв: Тез. Докл. Международ. Конф. (Сыктывкар, 16–20 сент. 2002 г.). Сыктывкар, 2002. С. 125–129.

7. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. Влияние известкования на фоне длительного действия и последствие на физико-химические показатели дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. М., 2001. № 9. С. 1103–1110.

ЛИТЕРАТУРА

1. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. 2003. № 3. С. 308–316.

2. Малышева Ю.А., Полякова Н.В., Платоных Ю.Н. Содержание органического вещества в почве в звеньях севооборота с сидеральными культурами // Земледелие. 2008. № 2. С. 16–17.

3. Киришин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. [и др.]. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА, 1993. 99 с.

8. Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на дерново-подзолистых почвах. Екатеринбург, 2008. 277 с.
9. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Тулина А.С. Стабилизация органического вещества в почве // *Агрохимия*. 2009. № 10. С. 77–96.
10. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процесса его трансформации. Л., Наука, 1980. 288 с.
11. Шарков И.Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах // *Агрохимия*. 2011. № 2. С. 21–27.
12. Тейл Р. Органическое вещество почвы: Биологические и

- экологические аспекты. М.: Мир, 1991. 400 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
14. Ekschmitt K., Liu M., Fox O. Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability why is dead organic matter left over in the soil // *Zeoderma*. 2005. V. 128. № 1–2. P. 167–176.
15. Журбицкий З.И. Влияние внешних условий на минеральное питание растений // *Агрохимия*. 1965. № 3. — С. 65–75.
16. Гришина Л.С., Орлова Д.С. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 352 с.

REFERENCES

1. Kogut B.M. Principles and methods of assessment of the content of transformed organic matter in arable soils // *Soil science*, 2003. No. 3. P. 308–316. (In Russ.)
2. Malysheva Yu.A., Polyakova N.V., Platonycheva Yu.N. the Content of organic matter in the soil in the links of crop rotation with green manure crops // *Agriculture*. 2008. No. 2. P. 16–17. (In Russ.)
3. Kiryushin V.I., Gangara N.F., Kaurichev I.S. [et al.]. The Concept of optimisation of soil organic matter in agricultural landscapes. M.: publishing house of ICCA, 1993. 99 p. (In Russ.)
4. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Humus and soil formation. L.: Science, 1980. 222 p. (In Russ.)
5. Agrochemical methods of soil investigation / ed. by A.V. Sokolova. M.: Nauka, 1975. 656 p. (In Russ.)
6. Orlov D.S., Sukhanova N.N., Rozanov, M.S. Diversity and the causes of the characteristics of humus status of soils of Russia // *Biogeography of soil: proc. Doc. International. Conf. (Syktyvkar, 16–20 September. 2002)*. Syktyvkar, 2002. P. 125–129. (In Russ.)
7. Mineev V.G., Gomonova N.F. Influence of liming on the background of long-term action and aftereffect on physical and chemical parameters of sod-podzolic soil. M., 2001. No. 9. P. 1103–1110. (In Russ.)

8. Elkina G.Ya. Optimization of mineral nutrition of plants on sod-podzolic soils. Ekaterinburg, 2008. 277 p. (In Russ.)
9. Semenov V. M., Ivannikova L. A., Tulina, A. S. Stabilization of organic matter in soils // *Agrochemistry*. 2009. No.10. P. 77–96. (In Russ.)
10. Alexandrova L.N. Organic matter of soil and the process of its transformation. L.: Science, 1980. 288 p. (In Russ.)
11. Sharkov I.N. The concept of the reproduction of humus in soils // *Agrochemistry*. 2011. No. 2. P. 21–27. (In Russ.)
12. Teip R. Soil organic matter: biological and ecological aspects. M.: Mir, 1991. 400 p. (In Russ.)
13. Dospikhov B. A. Technique of field experience. M.: Kolos, 1985. 351 p. (In Russ.)
14. Ekschmitt K., Liu M., Fox O. Strategies used by soil biota to excess soil organic matter stability why is dead organic matter left in the soil // *Zeoderma*. 2005. V. 128. № 1–2. P. 167–176.
15. Gurbetci Z.I. the Influence of external conditions on the mineral nutrition of plants // *Agricultural chemistry*, 1965. No. 3. P. 65–75. (In Russ.)
16. Grishina L.S., Orlov D.S. manual of the chemistry of humus. M., MoscowstateUniversityPubl., 1981. 352 p. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ:

Чеботарев Н.Т., доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник
Микушева Е.Н., магистрант
Мушинский А.А., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом картофелеводства

ABOUT THE AUTHORS:

Chebotarev N.T., Doctor of Agricultural Sciences, chief researcher
Mikusheva E.N., undergraduate
Mushinsky A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Potato Department

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Минсельхоз Красноярского края поощряет садоводство

В Министерстве сельского хозяйства и торговли Красноярского края подвели итоги конкурсов на предоставление грантов садоводческим и огородническим некоммерческим объединениям. По условиям программы садоводы могут направить средства господдержки на развитие инфраструктуры своих товариществ. Гранты в размере до 2 млн рублей получают 13 конкурсантов из 43 подавших заявки.

Некоммерческие товарищества победителей расположены в Шушенском, Емельяновском, Березовском, Манском районах, а также в Красноярске, Ачинске и Железногорске. Бюджетные средства садоводы вложат в строительство, ремонт или реконструкцию дорог, объектов электро- и водоснабжения в границах СНТ. Помимо этого, 16 садоводческих товариществ из 38 участвовавших в конкурсе получают средства господдержки до 100 тыс. рублей на покупку оборудования, строительных материалов и изделий, необходимых для ремонта дорог, объектов водоснабжения и электросетевого хозяйства в пределах некоммерческих объединений.



По словам заместителя председателя Правительства края – министра сельского хозяйства и торговли Леонида Шорохова, общая сумма господдержки СНТ из краевого бюджета составила чуть более 18 млн рублей.