

16. Немкович, А.И. Нутривант универсальный комплексное удобрение для эффективных подкормок / А.И. Немкович // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 65.

17. Немкович, А.И. Осенняя подкормка озимых культур Нутривантом плюс – комплексно и эффективно / А.И. Немкович // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 9. – С. 26–27.

18. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; ред. кол. Н.С. Бацанов [и др.] – М., 1967. – 265 с.

ADOPTION OF NEW FORMS FERTILIZERS IN CULTIVATION MEDIUM LATE POTATOS VARIETY ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL

E.L. Ionas, I.R. Vildflush, G.V. Pirogovskaya

Summary

The results of scientific studies on the impact of new forms complex fertilizers for the main application and foliar fertilizing and complex preparations based fertilizers and growth regulators in the cultivation of medium late potatoes Vector are given. The impact of new forms complex fertilizers on crop yields, crop structure and potato quality in the conditions of the north-eastern part of Belarus on sod-podzolic sandy loam soil is shown.

Поступила 03.02.2016

УДК 631.442.2:631.872:631.445.25

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Н.А. Ткаченко, В.Н. Шкляр

*ННЦ «Институт земледелия НААН»,
Киевская обл., пгт. Чабаны, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Гумус, который является источником для поддержания биохимических процессов, происходящих в почве, является основным показателем его потенциального плодородия. Содержание общего гумуса и его качественный состав в пахотных почвах Лесостепи зависят в значительной степени от применяемых агротехнических мероприятий, которые нередко ведут к деградации пахотного слоя.

Большое значение в процессах превращения органических веществ на кислых почвах имеет кальций, присутствующий в почвенном поглощающем комплексе. Исследования [1–3] свидетельствуют о том, что влияние известкования на содержание органического вещества и его трансформацию происходит в двух проти-

воположно направленных направлениях. Во-первых, известкование кислых почв улучшает условия жизнедеятельности микроорганизмов и ускоряет разложение некоторых относительно малоустойчивых составляющих почвенного гумуса и тем самым способствует снижению содержания гумуса в почве. С другой стороны, известкование, значительно улучшая развитие сельскохозяйственных растений, увеличивает количество корневых и пожнивных остатков, что остаются в почве, способствует сохранению гумусовых веществ в виде гуматов кальция и других, более сложных органо-минеральных соединений. Итоговым результатом этих двух процессов, в зависимости от конкретных почвенных условий, а также биологических особенностей возделываемых культур, может быть как некоторое небольшое снижение, так и повышение содержания гумуса в почве.

Большинство исследователей ненасыщенных основаниями почв считает, что кальций известки способствует улучшению качества гумуса и замедляет процессы его минерализации, обеспечивает благоприятные условия для разложения растительных остатков и их гумификации, а также предотвращает вымывание гумуса за пределы почвенного профиля. Оптимизация реакции почвенного раствора и наличие свободных карбонатов кальция способствует уменьшению содержания подвижных гуминовых кислот за счет увеличения второй фракции, связанной с кальцием. Таким образом, применение кальцийсодержащих мелиорантов не только способствует оптимизации кислотности и соотношения обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе, но и улучшает гумусное состояние пахотных почв [4–6].

Установлено, что CaCO_3 в кислой среде способствует ускорению гумификации и минерализации сырой органической массы, замедляет процессы минерализации почвенного гумуса. Однако даже в условиях дефицита свежего органического вещества, кальций известки способствует снижению темпов минерализации гумуса [7, 8].

Окультуривание почв приводит к повышению содержания активного коллоидного гумуса, особенно в пахотных слоях почвы. Повышение количества подвижного гумуса в пахотных серых лесных почвах указывает на необходимость систематического использования кальцийсодержащих соединений для насыщения коллоидного комплекса этих почв обменным кальцием и закрепления гумуса. Благодаря известкованию доля углерода подвижных гуминовых кислот в составе его общего содержания в почве уменьшается, что свидетельствует о его большом значении для сохранения запасов гумуса за счет улучшения его качественного состава, в результате чего снижаются потери, связанные с инфильтрацией [9–11].

Цель работы – установить влияние химической мелиорации при различных системах удобрения в севообороте на изменение содержания подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях серых лесных почв Правобережной центральной высокой провинции Лесостепи Украины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2013–2015 гг. в ННЦ «Институт земледелия НААН». Стационарный опыт, был заложен в 1992 г. на серой лесной крупнопылеватой легкосуглинистой почве. Исходные показатели параметров плодородия почвы (0–20 см): общее содержание гумуса – 1,44%, pH_{KCl} – 4,6, гидролитическая

кислотность – 3,6 мг-экв/100 г почвы, обменные кальций и магний – соответственно 3,9 и 0,58 мг-экв/100 г почвы. Опыт ведется в трех полях семипильного севооборота и включает следующий набор культур: соя, пшеница яровая, гречка, ячмень с подсевом клевера, клевер на зеленый корм (второй укос на сидераты), пшеница озимая, просо. В годы исследований выращивались соя, пшеница яровая, гречка. Схема опыта включает комбинации различных доз минерального и органического удобрения и химической мелиорации. Органические удобрения вносили соответственно полученной урожайности в опытных вариантах в виде побочной продукции предшественника (солома сои и зерновых культур – 3–6 т/га) и сидерата (зеленая масса клевера – 18–22 т/га). Известкование проведено в 1992 г. и повторно перед началом III ротации севооборота по величине гидролитической кислотности полной дозой в количестве – 4,4–5,4 т/га CaCO_3 и 1,5 дозы – 7,3 т/га CaCO_3 . Минеральные удобрения вносили из расчета $\text{N}_{52}\text{P}_{28}\text{K}_{52}$ (одинарная доза), $\text{N}_{78}\text{P}_{42}\text{K}_{78}$ (умеренная доза) и $\text{N}_{104}\text{P}_{56}\text{K}_{104}$ (повышенная доза) на 1 га севооборотной площади. Фосфорные и калийные удобрения вносили под зяблевую вспашку, азотные весной под предпосевную обработку почвы и подкормку. Повторность опыта 4-разовая, площадь посевного участка – 60 м² (10 × 6), учетного – 24 м² (6 × 4). Аналитические работы выполнялись в лаборатории агропочвоведения ННЦ «ИЗ НААН Украины» по следующим методам: общее содержание гумуса – по методу И.В. Тюрина в модификации В.М. Симанова, сжигание – по Б.А. Никитиным (ДСТУ 4289:2004); содержание подвижных гуминовых кислот – по методу И.В. Тюрина в модификации В.И.УА.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение качественного состава гумуса серой лесной крупнопылевато легкосуглинистой почвы показало, что известкование и систематическое внесение удобрений оказывают существенное влияние на содержание подвижных гуминовых кислот.

Результаты исследований (табл. 1) свидетельствуют, что содержание подвижных гуминовых кислот при использовании серой лесной почвы для выращивания сельскохозяйственных культур без внесения удобрений и проведения химической мелиорации составляло в пахотном слое почвы от 18,7 до 20,6% от общего содержания углерода в почве. Колебания содержания подвижных гуминовых кислот на всех вариантах за годы проведенных исследований связаны, как с ежегодной сменой выращиваемых культур в опыте, так и с погодными условиями.

Так, как пожнивные и корневые остатки различных культур отличаются по химическому составу, то интенсивность и направление их трансформации разные, а погодные условия влияя на окислительно-восстановительные реакции в почве определяют условия гумусообразования каждого отдельного года. В условиях периодически промывного водного режима в серых лесных почвах трансформация растительных остатков происходит при кислой реакции почвенного раствора (показатель pH_{KCl} в контрольном варианте в годы проведения исследований составлял в слое почвы 0–20 см – 4,4–4,6, 20–40 см – 4,5–4,6) и низком содержании обменного кальция (соответственно 3,1–3,6 и 2,9–3,3 мг-экв/100 г почвы) в поч-

венном поглощающем комплексе, что приводит к образованию гумуса в форме более простых по химическому строению гуминовых кислот первой фракции (по Тюрину), которые могут вымываться за пределы пахотного слоя.

Таблица 1

Влияние известкования на содержание подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве при разных системах удобрения, 0–20 см

Вариант	Год действия извести					
	2013 (8-й)		2014 (9-й)		2015 (10-й)	
	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$
1. Без удобрений (контроль)	0,75	18,7	0,71	19,88	0,69	20,57
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	0,78	16,54	0,79	16,92	0,75	16,11
3. NPK	0,78	17,42	0,74	17,34	0,75	18,45
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,92	12,89	0,9	13,78	0,92	14,12
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,81	12,17	0,81	12,2	0,82	12,52
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,89	13,37	0,89	13,8	0,86	11,06
14. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,93	9,8	0,92	10,13	0,9	10,86
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,82	14,2	0,85	14,01	0,84	13,96
19. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,95	15,95	0,96	15,48	0,94	15,23
$\text{HCP}_{0,95}$	0,013	0,175	0,012	0,189	0,017	0,140

Примечание: 1) CaCO_3 внесено в виде дефеката в 2005 г.; 2) сидерат припахано в год выращивания клевера – 2010 г.

В варианте с применением только минеральных удобрений в одинарной дозе содержание подвижных гуминовых кислот было ниже, чем в контрольном варианте и составило в среднем 17,7% от общего содержания углерода. Уменьшение содержания данной фракции гуминовых кислот можно объяснить ростом урожайности выращиваемых культур на 31% по сравнению с контролем, в результате чего в почве остается большее количество растительных остатков, которые при минерализации обогащают почву кальцием. Содержание обменного кальция в данном варианте колебался от 3,5 до 3,7 мг-экв/100 г почвы в пахотном слое.

Установлено, что кальций извести снижая кислотность почвы и насыщая его почвенный поглощающий комплекс обменным кальцием положительно влияет на условия гумификации растительных остатков и способствует закреплению вновь образованных гумусовых соединений в форме нерастворимых гуматов кальция. Так, во всех вариантах опыта, где проводили химическую мелиорацию произошло снижение содержания подвижных гуминовых кислот. В варианте, где проводили известкование полной дозой по гидролитической кислотности содержание гуминовых кислот первой фракции колебалось от 16,1 до 16,9%, что в среднем на 16% ниже, чем в контрольном варианте без внесения удобрений.

Применение минеральных удобрений на фоне известкования имеет двойное влияние на качественный состав гумуса серой лесной почвы. С одной стороны повышая кислотность и ускоряя выщелачивание обменных оснований приводит к разрушению органо-минеральных связей, способствует вымыванию вновь образованного гумуса, с другой – за счет повышения урожайности с-х культур способствуют привлечению кальция из низлежащих слоев почвы. В наших исследованиях различные дозы минеральных удобрений на фоне известкования по-разному влияли на содержание подвижных гуминовых кислот. При внесении одинарной дозы минеральных удобрений их содержание в среднем составляло 13,6% от общего содержания углерода в пахотном слое почвы. С повышением дозы минеральных удобрений происходило повышение содержания гуминовых кислот первой фракции. Так, при внесении умеренной дозы минеральных удобрений на фоне известкования полной дозой по гидролитической кислотности их содержание колебалось в пределах 13,9–14,2%, а при внесении повышенной дозы достигало 15,9% от общего содержания углерода.

Подобные изменения происходят и в подпахотном слое почвы (табл. 2), где в контрольном варианте содержание подвижных гуминовых кислот составляло 14,4–14,9% от $C_{\text{общ}}$. При минеральной системе удобрения их содержание было ниже, чем на контроле на 24% и колебалось в пределах 10,9–11,2% от $C_{\text{общ}}$, что обусловлено увеличением содержания обменного кальция до 5,1–5,4 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 2

Влияние известкования на содержание подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве при разных системах удобрения, 20–40 см

Вариант	Год действия извести					
	2013 (8-й)		2014 (9-й)		2015 (10-й)	
	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$
1. Без удобрений (контроль)	0,53	14,43	0,5	14,96	0,5	14,43
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	0,67	9,82	0,69	9,06	0,67	10,15
3. NPK	0,67	11,28	0,66	11,14	0,69	10,96
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,68	9,67	0,67	9,34	0,65	9,15
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,68	6,14	0,7	7,17	0,68	6,68
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,78	6,47	0,77	5,49	0,75	6,4
14. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,78	5,98	0,75	4,62	0,75	6,03
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,77	9,13	0,78	8,34	0,75	9,64
19. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,74	8,54	0,76	8,62	0,74	8,81
$\text{HCP}_{0,95}$	0,016	0,151	0,014	0,161	0,014	0,17

С повышением дозы минеральных удобрений на фоне проведения химической мелиорации в слое 20–40 см происходило снижение содержания гуминовых кислот первой фракции. Так, в варианте, где вносили одинарную дозу минеральных

удобрений на фоне известкования полной дозой по гидролитической кислотности, содержание подвижных гуминовых кислот составляло 9,1–9,6% от $C_{\text{общ}}$, тогда как при применении умеренной и повышенной доз минеральных удобрений их содержание в среднем за годы исследований составляло 9,1 и 8,7% от общего содержания углерода в почве. Это связано с тем, что при повышении доз минеральных удобрений происходит выщелачивание обменного кальция из пахотного слоя и перемещение его в низлежащие слои почвы. Соответственно, с ростом содержания обменного кальция содержание подвижных гуминовых кислот в слое 20–40 см снижается.

Результаты исследований свидетельствуют, что наилучшие условия для трансформации органических веществ и накопление гумуса в серой лесной почве создаются в вариантах с использованием органо-минеральных систем удобрения на фоне известкования различными дозами по гидролитической кислотности. Среднее содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном слое в этих вариантах колебалось от 10,2 до 12,7% от общего содержания углерода и от 4,6 до 6,4% в слое 20–40 см. При таких системах удобрения на фоне известкования степень насыщения почвы основаниями даже на 8–10-й годы действия известки была высокой и составляла около 90%, а реакция почвенного раствора (pH_{KCl} 6,3–6,4). Такие физико-химические показатели наиболее благоприятные для преобладания процессов гумификации свежей органической массы, которая постоянно поступает в почву в виде побочной продукции предшественников и сидеральных удобрений. Происходит постепенное накопление гумуса за счет наиболее агрономически ценной второй фракции гуминовых кислот, связанной с кальцием. Такое содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях, вовлеченных в интенсивное земледелие серых лесных почв, можно считать оптимальным, так как средняя урожайность с/х культур (табл. 3) в этих вариантах составляла от 4,79 до 4,81 т/га зерновых единиц что на 110–111% больше, чем в контрольном варианте без проведения химической мелиорации и внесения удобрений.

Таблица 3

**Влияние известкования при разных системах удобрения
на продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц**

Вариант	Соя (2013–2015 гг.)	Пшеница яровая (2014–2015 гг.)	Гречиха (2015 г.)	Средняя	Прибавка от агрохимического фактора, %
1. Без удобрений (контроль)	2,79	2,47	1,60	2,29	–
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	3,34	2,82	1,71	2,62	15
3. NPK	4,10	3,04	1,83	2,99	31
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,41	3,63	2,80	3,61	58
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	4,95	3,91	3,49	4,12	80
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	5,97	4,42	3,99	4,79	110

Вариант	Соя (2013–2015 гг.)	Пшеница яровая (2014–2015 гг.)	Гречиха (2015 г.)	Средняя	Прибавка от агрохимического фактора, %
14. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	5,99	4,55	3,91	4,81	111
18. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	5,12	3,98	3,49	4,20	84
19. 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	5,86	4,47	3,77	4,70	106
НСР _{0,95}	0,22	0,08	0,12	–	–

ВЫВОДЫ

1. Использование серой лесной почвы в интенсивном земледелии без проведения химической мелиорации и внесения удобрений приводит к ухудшению качественного состава гумуса, а именно повышению содержания наименее агрономически ценной, подвижной фракции гуминовых кислот до 18,7–20,6% от общего содержания углерода в пахотном и 14,43–14,96% – в подпахотном слое почвы.

2. Физиологически кислые минеральные удобрения с одной стороны проявляют определенное стабилизирующее действие на подвижный гумус из-за повышения урожайности выращиваемых культур и, как следствие, привлечения большего количества пожнивно-корневых остатков, содержащих в своем составе кальций. Однако, с другой стороны при внесении повышенных доз (N₁₀₄P₅₆K₁₀₄ на 1 га севооборотной площади) минеральных удобрений, почва подкисляется и теряет обменные катионы Ca²⁺ и Mg²⁺ с пахотного слоя, что отрицательно влияет на качественный состав гумуса.

3. Установлено, что известкование оптимизирует физико-химические показатели серой лесной почвы, способствуя преобладанию процессов гумификации органического вещества, что поступает в почву, и закреплению вновь образованных специфических гумусовых соединений в ее верхних слоях. Сохранение и воспроизводство содержания гумуса, улучшение его качественного состава, а именно снижение содержания подвижных гуминовых кислот, в серой лесной почве достигается при применении органо-минеральных систем удобрения на фоне проведения периодического известкования полной и полуторной дозами CaCO₃ по гидролитической кислотности. Содержание подвижных гуминовых кислот в этих вариантах в пахотном и подпахотном слоях снижается в сравнении с контролем на 37–48% и 54–62% соответственно и составляет 10,2–12,7% и 4,6–6,4% от C_{общ.}

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
2. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Из-во Академии наук СССР, 1963. – 315 с.
3. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – Изд-во Московского университета, 1990. – 325 с.

4. *Небольсин, А.Н.* Теоретическое обоснование известкования почв Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / А.Н. Небольсин. – Л., 1983. – 38 с.
5. *Небольсин, А.Н.* Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов) / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – СПб., 2010. – 241 с.
6. *Мазур, Г.А.* Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / Г.А. Мазур. – К.: Аграрна наука, 2008. – 305 с.
7. *Мазур, Г.А.* Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення / Г.А. Мазур, Т.І. Григора, М.А. Ткаченко // Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут Землеробства УААН». – К., 2009. – Вип. 1–2. – С. 3–8.
8. *Небольсин, А.Н.* Изменение некоторых свойств почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием известкования / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // Агрохимия. – 1997. – № 10. – С. 5–12.
9. *Муха, В.Д.* Агрочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М.: Колос, 2003. – 528 с.
10. *Ткаченко, М.А.* Залежність стабілізації запасів гумусу сірого лісового ґрунту від вмісту обмінного кальцію / М.А. Ткаченко, Т.І. Григора, В.М. Шкляр // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 5. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_5_15.
11. *Ткаченко, М. А.* Відтворення родючості сірих лісових ґрунтів за різних систем удобрення та хімічної меліорації у Правобережному Лісостепу: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.03 / М.А. Ткаченко; НААН України. – К., 2015. – 46 с.

INFLUENCE OF LIMING FOR DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS ON GREY FOREST SOIL HUMUS QUALITY

N.A. Tkachenko, V.N. Shklyar

Summary

In the article analyzed the research of changes in content of mobile humic acids in grey forest soil of Forest-steppe in conditions of stationary experiment which were obtained by using different agrothechnical measures of soil fertility restoration. Showing the influence of chemical melioration for different fertilization systems on dynamic content of mobile humic acids in arable layer. Long-term use of grey forest soil in agricultural production without liming and fertilizing increases the content of the least agronomically valuable first fraction of humic acids which can be leached beyond the soil profile in conditions of flushing type of water regime. It was established that liming optimize physico-chemical parameters of grey forest soil, contributes to the predominance the processes of organic matter humification that enters to the soil and consolidation of the newly formed specific humic compounds in its upper layers. Preservation and reproduction of humus content, improvement of its qualitative composition namely the reduction of mobile humic acids in gray forest soil is achieved by the use of organo-mineral fertilizing systems against the background of periodic liming full and full and a half doses of CaCO₃ by hydrolytic acidity. The content of mobile humic acids on those variants in the arable and subarable layers reduced in comparison with the control respectively 37–48% and 54–62%, accounting for 10,2–12,7% and 4,6–6,4% of C total.

Поступила 19.04.16