

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

К.П. Хайдуков, Л.К. Шевцова, ВНИИА, Н.Н. Кузьменко, ВНИИЛ

Исследованы изменения содержания подвижного органического вещества в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве длительного опыта ВНИИ льна. Показано, что применение минеральных систем удобрения на кислой почве без известкования крайне негативно воздействует на состояние гумуса почвы: существенно уменьшает содержание гуминовых кислот и их отношение к фульвокислотам, что приводит к деградации органического вещества и снижению плодородия почв. Применение извести и сочетание минеральных удобрений с органическими позволяют смягчить негативные явления, повысить продуктивность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: подвижные гумусовые вещества, гуминовые и фульвокислоты, деградация почвы.

Органическое вещество почв – один из значимых показателей, содержание и качественный состав которого влияет практически на все агрохимические свойства почв, воздушный и водный режимы, создает необходимые условия для роста и развития растений, активности почвенной биоты, что в итоге определяет плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур.

Динамика содержания и состава органического вещества почв при применении различных систем удобрения даёт возможность определить направленность изменений количественных и качественных показателей различных пулов углерода для разработки и оптимизации их соотношения и повышения эффективного плодородия почв. Важно установить такой оптимальный уровень количественных и качественных характеристик гумуса, при котором возможно, эффективно используя системы удобрения, получить хорошие урожаи сельскохозяйственных культур и в то же время, не допускать негативных изменений в содержании и качественных параметрах состояния гумуса и его деградации.

Органическое вещество почв является гетерогенной системой, состоящей из различных по химической и биологической устойчивости компонентов. Важную роль в формировании агрономически важных свойств почвы играют активные, легкотрансформируемые компоненты органического вещества. К сожалению, при исследовании состояния гумуса почв при длительном применении удобрений, часто ограничиваются определением содержания общего углерода и азота почвы, изучением баланса этих показателей, не уделяя внимания содержанию активных компонентов в составе гумуса.

Цель исследований – оценить содержание легкотрансформируемого органического вещества в почве и его взаимосвязь с различными показателями плодородия.

Методика. Исследования проводили в длительном полевом опыте ВНИИ льна, заложенном в 1948 г. на дерново-подзолистой песчано-легкосуглинистой почве. Опыт проводится в 8-польном льняном севообороте со следующим чередованием культур: пар чистый, озимые с подсевом многолетних трав (клевер и тимopheевка), многолетние травы 1-го и 2-го г.п., лен-долгунец, картофель, ячмень, овёс. Повторность опыта четырехкратная.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. Навоз, 5 т/га; 3. Навоз, 10 т/га; 4. NPK, 67,5 кг д.в./га = 5 т/га навоза; 5. Навоз, 5 т/га + NPK, 67,5 кг д.в./га = 10 т/га навоза. С 1988 г. введены дополнительные варианты с повышенными дозами органических и минеральных удобрений [1]: 6. Навоз, 10 т/га + NPK 100 кг д.в./га; 7. Навоз, 10 т/га + NPK 200 кг д.в./га; 8. Навоз, 20 т/га + NPK 100 кг д.в./га. В качестве органического удобрения в опыте используют подстилочный навоз крупного рогатого скота, который вносят в равных дозах 2 раза за севооборот: в пару и под картофель. При минеральной системе удобрения используют аммиачную селитру, двойной суперфосфат и калий хлористый [1]. В 2004 г. было проведено известкование почвы по 1/2 г.к. на всех вариантах, кроме контроля (без удобрений).

Исследования проведены в почвенных образцах, отобранных в 1987, 2003 и 2008 гг. Определены следующие показатели: $S_{\text{общ}}$, $pH_{\text{КС}}$, S_{trans} расчётным методом [6], подвижный углерод (0,1 н. NaOH вытяжка, 1-ая фракция гумусовых веществ по Тюрину) [4].

Результаты и их обсуждение. Наиболее заметные изменения содержания общего органического углерода наблюдались в первые 40 лет, когда на всех делянках уровень гумуса снизился на 30-40 % от исходного. Вероятно, это связано с увеличением глубины вспашки к концу третьей ротации (1972 г.) на 3-4 см, что было необходимо для улучшения условий питания основной культуры севооборота льна-долгунца [2].

Наибольшее снижение уровня содержания углерода за весь период исследования отмечалось на контроле (с 1,13 до 0,58 % С) и на минеральной системе удобрения (с 0,97 до 0,58 % С) (рис., см. табл. 2).

На вариантах опыта с внесением органических удобрений в дозах 5 и 10 т/га уровень содержания гумуса сохранялся более высоким, но не достигал исходного. На вариантах с повышенными дозами органических и минеральных удобрений, введенных с 1988 г., содержание гумуса за 20 лет стабилизировалось на уровне 0,67-0,72 % С. За последние две ротации восьмипольного льняного севооборота процесс снижения органического углерода замедлился.

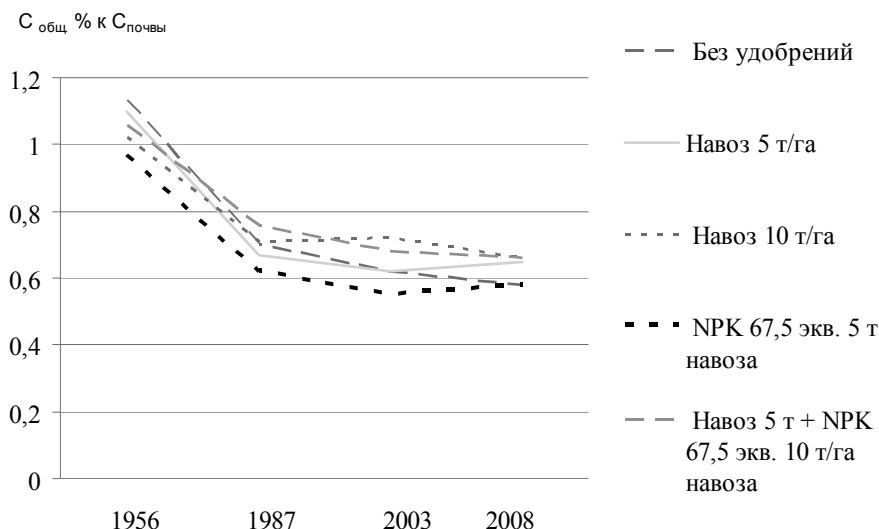


Рис. Изменение содержания органического углерода по вариантам опыта с 1948 г. (за 52 года)

Органическое вещество почвы, как многокомпонентную систему, наиболее часто представляют в виде двух основных пулов: устойчивое (инертное), слабо поддающееся минерализации (C_{\min}) и легкотрансформируемое (C_{trans}), которые можно представить следующей формулой [6,7]:

$$C_{\text{общ}} = C_{\min} + C_{\text{trans}},$$

где C_{\min} – содержание гумуса в почве многолетнего чистого пара или абсолютного контроля (без удобрений) длительного, не менее 10-20 лет, опыта, когда оно достигло равновесного состояния при данной системе земледелия и практически не меняется.

Длительные полевые опыты – основная база, которая даёт возможность проследить за многолетней динамикой изменения различных пулов органического вещества почв в зависимости от условий землепользования.

В наших исследованиях за C_{\min} принято содержание гумуса в почве абсолютного контроля, установившееся через 60 лет опыта к 2008 г., которое составило 0,58 % С к воздушно-сухой почве и рассчитано содержание C_{trans} по разным вариантам опыта (табл. 1).

1. Содержание C_{\min} и C_{trans} в длительном (60 лет) опыте ВНИИ льна

Вариант опыта	Содержание, %	
	$C_{\text{общ}}$ в 2008 г.	C_{trans}
Без удобрений	0,58	0
Навоз, 5 т/га	0,65	0,07
Навоз, 10 т/га	0,66	0,08
NPK, 67,5 кг д.в./га экв. 5 т/га навоза	0,58	0
Навоз 5 т/га + NPK 67,5 кг д.в./га экв. 10 т/га навоза	0,66	0,08
Навоз, 10 т/га + NPK, 100 кг д.в./га	0,67	0,09
Навоз, 10 т/га + NPK, 200 кг д.в./га	0,72	0,14
Навоз, 20 т/га + NPK, 100	0,67	0,09

Примечание. C_{\min} –0,58%.

Данные таблицы 1 показывают, что содержание трансформируемого углерода в этой почве на всех вариантах очень низкое. При применении одних минеральных удобрений, легкотрансформируемого углерода не обнаружено. В почве с органической и органоминеральной системами удобрения содержание C_{trans} составило всего 0,07-0,08 % С; на вариантах с повышенными дозами удобрений – несколько выше – 0,09-0,14 % С.

Имеющиеся в литературе данные по определению содержания C_{trans} в других длительных опытах имеют более высокие показатели.

Для дерново-подзолистых супесчаных почв ВНИИОУ этот показатель составляет 0,03-0,31 % С [3].

Содержание легкотрансформируемого углерода в исследуемом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве ВНИИ льна оценивается как крайне низкое, а почва – как малоплодородная. Применение исследуемых систем удобрения слабо способствует его повышению, а система применения минеральных удобрений даже ухудшает это состояние, сохраняя его на уровне контроля.

Определение содержания активных компонентов органического вещества расчетным методом относительно условно. Поэтому в настоящее время для характеристики активного пула углерода почвы пытаются использовать различные экспериментальные подходы и методы. Нами использован метод определения подвижного углерода почвы по Тюрину (1-ая фракция гумусовых веществ, определяемая при исследовании фракционно-группового состава гумуса), с выделением в нём содержания гуминовых (ГК), фульвокислот (ФК) и их соотношения.

Результаты этих исследований приведены в таблице 2. Они показали, что в образцах почвы, отобранных в 1987 г., до 45-50 % С от $C_{\text{общ}}$ представлено подвижными соединениями, что типично для дерново-подзолистых кислых почв с фульватным типом гумусообразования. Далее по мере проведения опыта количество подвижных гумусовых веществ уменьшилось, особенно на вариантах с внесением навоза и составило в 2003 г. 44,1-47,3 % от $C_{\text{общ}}$, а в 2008 г. после проведения известкования снизилось до 39,4-46,6 %.

Интересные данные получены при исследовании группового состава первой фракции гумусовых веществ, которая представлена в основном фульвокислотами; их содержание варьировало от 30,8 до 50,0 % от $C_{\text{общ}}$, или от 85 до 97 % от С вытяжки. Содержание наиболее ценной группы гуминовых кислот на всех вариантах было незначительно и не превышало 9,7 % от $C_{\text{общ}}$ почвы даже при органической системе за период наблюдения. Особенно низким (меньше чем на контроле) содержание гуминовых кислот было на варианте с внесением одних минеральных удобрений и составляло по срокам наблюдения 1,6; 1,8; 3,4 %, соответственно, от $C_{\text{общ}}$. Соотношение Сг.к:Сф.к. на этом варианте также было самым низким и составляло 0,03-0,09, тогда как применение органических удобрений поддерживало данный показатель на уровне 0,2.

По данным М.Ф. Овчинниковой, уменьшение соотношения Сг.к:Сф.к. является показателем развития деградационных процессов органического вещества, снижения уровня плодородия почв.

На дополнительных вариантах опыта с возрастающими дозами органических и минеральных удобрений содержание гуминовых кислот было несколько выше, чем в исходной

почве, а соотношение Сг.к.:Сф.к. более благоприятным.

Негативные изменения состояния органического вещества почв при минеральной системе удобрения, приводящее к снижению их плодородия, проявляются и на продуктивности севооборота, которая составляет 32,0-23,7 ц/га з.ед. на вари-

анте с минеральной системой, эквивалентной варианту с навозом, 5 т/га по содержанию элементов питания, против 36,7-24,7 ц/га з.ед. на варианте с органической системой за V – VII ротации соответственно.

2. Содержание подвижного углерода 0,1 н. NaOH (1 фракция по Тюрину), % к C_{общ} почвы

Вариант опыта	1987 г.						2003 г.						2008 г.					
	C _{общ}	pH _{KCl}	C _{NaOH}	Сг.к.	Сф.к.	Сг.к./Сф.к.	C _{общ}	pH _{KCl}	C _{NaOH}	Сг.к.	Сф.к.	Сг.к./Сф.к.	C _{общ}	pH _{KCl}	C _{NaOH}	Сг.к.	Сф.к.	Сг.к./Сф.к.
<i>Варианты с 1948 г.</i>																		
Без удобрений	0,70	4,24	45,7	4,3	41,4	0,10	0,62	4,62	45,2	9,7	35,5	0,27	0,58	5,01	46,6	5,2	41,4	0,13
Навоз, 5 т/га	0,67	4,45	49,3	4,5	44,8	0,10	0,62	5,05	45,2	8,1	37,1	0,22	0,65	5,05	38,5	7,7	30,8	0,25
Навоз, 10 т/га	0,71	4,60	47,9	7,0	40,8	0,17	0,72	5,56	43,1	4,2	38,9	0,11	0,66	5,15	40,9	6,1	34,8	0,18
НПК 67,5 = 5 т/га навоза	0,62	4,14	51,6	1,6	50,0	0,03	0,55	4,55	47,3	1,8	45,5	0,04	0,58	4,66	39,7	3,4	36,2	0,09
Навоз, 5 т/га + НПК 67,5= 10т/га навоза	0,76	4,26	50	3,9	46,1	0,09	0,68	4,71	44,1	7,4	36,8	0,20	0,66	4,64	39,4	3,0	36,4	0,08
<i>Варианты с 1988 г.</i>																		
Навоз, 10 т/га + НПК 100	0,63	4,19	46,0	1,6	44,4	0,04	0,70	5,30	42,9	7,1	35,7	0,20	0,67	5,15	44,8	4,5	40,3	0,11
Навоз, 10 т/га + НПК 200	0,67	4,17	47,8	7,5	40,3	0,19	0,72	5,29	41,7	4,2	35,7	0,12	0,72	5,19	40,3	4,2	36,1	0,12
Навоз, 20 т/га + НПК 100	0,76	4,50	44,7	3,9	40,8	0,10	0,64	5,22	43,8	3,1	40,6	0,08	0,67	5,12	38,8	6,0	32,80	0,18

Выводы. Исследования подвижных гумусовых веществ (1-ая фракция по методу Тюрина) позволяют дать более глубокую оценку процессам гумусообразования и диагностировать направленность изменения органического вещества при длительном применении различных систем удобрения.

Длительное одностороннее применение минеральных удобрений на кислых дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах без известкования усугубляет негативные почвенные процессы. Увеличивает подвижность гумусовых веществ, фульватизацию состава гумуса, снижение содержания гуминовых кислот, уменьшение соотношения Сг.к.:Сф.к. 1-ой фракции, вызывает развитие деградационных процессов, снижая содержание общего углерода почвы и уровень их плодородия.

Применение извести и сочетание минеральных удобрений с органическими, позволяет смягчить негативные явления, уменьшить процессы фульватизации органического вещества, повысить плодородие почвы и продуктивность севооборота.

Литература

- Кузменко Н.Н. Мониторинг плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности льяного севооборота при длительном применении разных систем удобрения. Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (К 70-летию Геосети) // Под ред. В.Г. Сычёва. – М.: ВНИИА, 2011. – 372 с.
- Лимонов А.П. Изменение содержания гумуса в дерново-подзолистой песчано-легкосуглинистой почве за две ротации восьмипольного льяного севооборота // Агрохимия. - 1974. - №3. - С. 59-62.
- Лукин С.М. Оценка содержания активных компонентов органического вещества лёгких дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений // Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. - М.: ВНИИА, 2010. – 352 с.
- Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв. - М.: ВНИИА, 2010. – 32 с.

5. Шульц Э., Кершенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и её трансформации при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. - 1998. - № 7. - С. 870-894.

6. Körschens M. Beziehung zwischen Feinanteil, C_r- und N_r-Gehalt des Bodens // Arch. Acker.-Pfl. Boden. 1980. Bd. 24 (9).- S. 585-592.

7. Körschens M. Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz (OBS) von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluß auf Ertrag und Bodeneigenschaften // Arch. Acker.-Pfl. Boden. 1997. Bd. 41. - S. 435-464.

EFFECT OF THE LONG-TERM APPLICATION OF DIFFERENT FERTILIZERS ON THE CONTENT OF LABILE HUMIC SUBSTANCES IN SANDY LOAMY SODDY-PODZOLIC SOIL

K.P. Khaidukov¹, L.K. Schvezova¹, N.N. Kuz'menko²

¹Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia, E-mail: hvaber@yandex.ru

²All-Russian Research Institute of Flax, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Lunacharskogo 35, Torzhok, Tver oblast, 172002 Russia

Changes in the content of mobile organic matter in loamy sandy soddy-podzolic soil were studied in different treatments of the long-term experiment conducted at the All-Russian Research Institute of Flax. It was shown that the application of mineral fertilizers on an acid soil without liming had an extremely negative effect on the soil humus status: it essentially reduced the content of humic acids and the humic-to-fulvic acid ratio, which led to the degradation of organic matter and the decrease of soil fertility. Liming and the combination of mineral and organic fertilizers mitigated the negative phenomena and increased the soil fertility.

Keywords: mobile humic substances, humic acids, fulvic acids, soil degradation.