

УДК 631.81:631.417.2:631.445.2

*В. В. ЛАПА, Т. М. СЕРАЯ, Е. Н. БОГАТЫРЕВА, Е. Н. МЕЗЕНЦЕВА, О. М. БИРЮКОВА*

## **ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ**

*Институт почвоведения и агрохимии*

*(Поступила в редакцию 20.03.2012)*

Стабильное воспроизводство гумуса в почвах пахотных земель в значительной степени определяется их гранулометрическим составом и находится в прямой зависимости от содержания физической глины. По данным ряда исследователей, реакция дерново-подзолистых почв на снижение доз внесения органических удобрений была различной: максимальные изменения в гумусовом состоянии были отмечены для почв легкого гранулометрического состава; в суглинистых почвах деградационные изменения были выражены слабее [1–4]. Динамика гумусного состояния почв и устойчивость гумуса к воздействию природных и антропогенных факторов во многом зависят от количественного соотношения подвижных и инертных гумусовых веществ [5].

Группа консервативных соединений минерализуется медленно, практически не участвуя в питании растений, и объединяет компоненты почвенного гумуса, характеризующие типовые признаки почв. Подвижный гумус относительно легко минерализуется, активно участвуя в химических, физических и биологических процессах [6–8]. При ухудшении гумусового состояния почв пахотных земель наблюдается не только снижение запасов почвенного гумуса, но изменяется и его качественный состав: уменьшается содержание подвижных гумусовых веществ, в их составе снижается количество гуминовых кислот. При сельскохозяйственном использовании пахотных земель именно подвижная часть гумуса определяет активные позиции гумуса в осуществлении его агрономически и экологически важных свойств и функций в почве, формируя эффективное плодородие почв и предохраняя от деградации стабильный гумус. Поэтому в интенсивных системах земледелия именно агрономически активной группе подвижных соединений и их воспроизводству необходимо уделять первостепенное внимание, что обусловлено возможностью регулирования содержания активных компонентов при использовании различных систем удобрения.

При оценке изменчивости содержания подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах под влиянием применяемых систем удобрения важное значение имеет выявление направления этих изменений, прежде всего изменений, затрагивающих качественный состав. Приоритетом в этом направлении является увеличение содержания более ценной с агрономической точки зрения фракции почвенного гумуса – гуминовых кислот. Гуминовые кислоты, обладая высокой поглотительной способностью, оказывают большое влияние на физико-химические свойства почвы, способствуют лучшему закреплению гумуса в верхних горизонтах, что обеспечивает формирование благоприятных условий для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

Цель работы – изучение влияния различных систем удобрения на содержание и состав подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах.

**Объекты и методы исследования.** Влияние применяемых систем удобрения на динамику содержания подвижных гумусовых веществ и их состав изучали в 2006–2011 гг. в двух стационарных полевых опытах, заложенных в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке почве и в ГП «Экс-

периментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой моренным суглинком, почве.

Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCl}$  5,4–5,7, содержание  $P_2O_5$  – 275–315 мг/кг,  $K_2O$  – 180–200 мг/кг почвы, гумуса – 1,65–1,80%; дерново-подзолистая супесчаная почва:  $pH_{KCl}$  5,6–5,9, содержание  $P_2O_5$  – 140–160 мг/кг,  $K_2O$  – 160–180 мг/кг почвы, гумуса – 2,23–2,52%. Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91);  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91).

В пятипольном севообороте возделывали кукурузу на зеленую массу – рапс яровой – тритикале озимую – люпин узколистный на зерно – ячмень яровой. Среднегодовая доза минеральных удобрений за севооборот составила  $N_{87}P_{58}K_{118}$  (за ротацию севооборота внесено  $N_{433}P_{290}K_{590}$ ). Минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата, хлористого калия, сульфата аммония (под рапс) были внесены в основное внесение. Азотные удобрения в виде карбамида в зависимости от культуры вносили в основное внесение и в подкормки. Подстилочный навоз КРС в дозах 20, 40 и 60 т/га вносили под кукурузу. Исследования проводили методом расщепленных делянок на двух уровнях: без заправки соломы и на фоне заправки соломы возделываемых культур (рапс, тритикале, люпин, ячмень). За ротацию севооборота в зависимости от вариантов опыта было запаковано в легкосуглинистую почву 10,3–18,3 т/га соломы, супесчаную – 8,3–15,7 т/га. Компенсирующие дозы минерального азота рассчитаны с учетом создания оптимального соотношения  $C : N = (20–30) : 1$ .

Для определения подвижных гумусовых веществ использовали 0,1 М NaOH-вытяжку (непосредственная вытяжка) по схеме И. В. Тюрина с последующим определением подвижных гуминовых и фульвокислот [9].

Математическую обработку экспериментального материала проводили дисперсионным методом с использованием пакета Statistica.

**Результаты и их обсуждение.** Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва характеризовалась высокой подвижностью гумусовых соединений ( $C_{под}$ ), относительное содержание которых в вариантах без заправки соломы варьировало в пределах 30,1–34,0% от общего углерода почвы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Содержание подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах при различных системах удобрения

Вариант опыта	Легкосуглинистая почва				Супесчаная почва			
	без заправки соломы		с заправкой соломы		без заправки соломы		с заправкой соломы	
	$C_{общ}$ , % к почве	$C_{под}$ , % % к $C_{общ}$	$C_{общ}$ , % к почве	$C_{под}$ , % % к $C_{общ}$	$C_{общ}$ , % к почве	$C_{под}$ , % % к $C_{общ}$	$C_{общ}$ , % к почве	$C_{под}$ , % % к $C_{общ}$
Без удобрений	0,96	32,4	0,93	32,4	1,37	38,4	1,40	38,4
$N_{433}P_{290}K_{590}$	0,99	33,8	0,96	34,1	1,27	40,1	1,32	40,0
Навоз, 20 т/га (фон 1)	0,97	32,3	0,93	31,3	1,28	38,1	1,34	37,2
Фон 1 + $N_{433}P_{290}K_{590}$	1,01	34,0	0,97	33,1	1,30	40,0	1,30	39,0
Навоз, 40 т/га (фон 2)	0,99	31,3	0,96	30,0	1,36	37,3	1,29	36,2
Фон 2 + $N_{433}P_{290}K_{590}$	1,02	33,3	0,98	31,8	1,40	39,3	1,31	38,0
Навоз, 60 т/га (фон 3)	1,02	30,1	0,97	28,7	1,30	36,3	1,38	34,8
Фон 3 + $N_{433}P_{290}K_{590}$	1,03	31,5	1,01	30,4	1,33	38,3	1,32	36,9

В общем содержании подвижных гумусовых веществ преобладали подвижные фульвокислоты ( $C_{ФК}$ ), количество которых в среднем по опытным вариантам в 1,9 раза превышало подвижные гуминовые кислоты ( $C_{ГК}$ ) (табл. 2).

Абсолютное содержание подвижного углерода фульвокислот в варианте без удобрений составило 2112 мг/кг почвы при его относительном содержании 22,1%. В этом варианте содержание гуминовых кислот характеризовалось минимальными абсолютными (987 мг/кг почвы) и относительными (10,3%) величинами. Это связано, по-видимому, с высокой степенью минерализации подвижных компонентов гумуса микроорганизмами в условиях недостатка энергетического

Т а б л и ц а 2. Влияние систем удобрения на изменение состава подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант опыта	Без заправки соломы				С заправкой соломы			
	С <sub>ГК</sub>		С <sub>ФК</sub>		С <sub>ГК</sub>		С <sub>ФК</sub>	
	мг/кг почвы	% к С <sub>общ</sub>	мг/кг почвы	% к С <sub>общ</sub>	мг/кг почвы	% к С <sub>общ</sub>	мг/кг почвы	% к С <sub>общ</sub>
Без удобрений	987	10,3	2112	22,1	979	10,5	2032	21,9
N <sub>433</sub> P <sub>290</sub> K <sub>590</sub>	1085	11,0	2249	22,8	1077	11,3	2184	22,8
Навоз, 20 т/га (фон 1)	998	10,3	2133	22,0	1013	10,8	1914	20,5
Фон 1 + N <sub>433</sub> P <sub>290</sub> K <sub>590</sub>	1134	11,2	2297	22,8	1141	11,8	2067	21,3
Навоз, 40 т/га (фон 2)	1070	10,8	2037	20,5	1092	11,2	1802	18,8
Фон 2 + N <sub>433</sub> P <sub>290</sub> K <sub>590</sub>	1210	11,9	2186	21,4	1178	12,0	1943	19,8
Навоз, 60 т/га (фон 3)	1144	11,3	1910	18,8	1204	11,8	1643	16,9
Фон 3 + N <sub>433</sub> P <sub>290</sub> K <sub>590</sub>	1236	12,0	2014	19,5	1290	12,8	1780	17,6
НСР <sub>05</sub>	90		101		85		120	

материала и с использованием высвобожденных элементов питания. В результате минерализационных процессов образуются более простые по химическому строению по сравнению с гуминовыми кислотами и более легкодоступные для развития растений и жизнедеятельности микроорганизмов гумусовые вещества, т. е. фульвокислоты.

Минеральная система удобрения увеличивала подвижность гумуса как за счет подвижных гуминовых кислот, так и фульвокислот. При внесении за севооборот N<sub>433</sub>P<sub>290</sub>K<sub>590</sub> накопление подвижных гуминовых кислот достигло 1085 мг/кг, фульвокислот – 2249 мг/кг почвы, или на 98 и 137 мг/кг почвы больше по сравнению с вариантом без удобрений. Выявленные изменения, возможно, обусловлены увеличением выхода пожнивно-корневых остатков под влиянием минеральных удобрений, при разложении которых и дальнейшей гумификации образуются «молодые» подвижные гумусовые вещества.

В отличие от минеральной системы удобрения применение органических удобрений повышало устойчивость гумуса, на что указывает уменьшение относительного содержания подвижных гумусовых веществ по мере увеличения дозы вносимого навоза. Минимальное содержание подвижной фракции гумуса (30,1%) обеспечило применение органических удобрений в дозе 60 т/га за севооборот (см. табл. 1).

Подобное влияние органических удобрений обусловлено, по-видимому, оптимизацией процессов гумификации, способствующих образованию более зрелых гумусовых веществ из продуктов распада пожнивно-корневых остатков и различных органических кислот и гумифицированных продуктов, прежде всего гуминовых кислот, находящихся в составе удобрения. При этом формируются более сложные комплексы гумусовых веществ с минеральной частью почвы, что в конечном итоге приводит к перераспределению относительного содержания гумусовых веществ в общем гумусе и, как следствие, к снижению подвижной фракции гумусовых соединений. Одновременно активизируется жизнедеятельность микроорганизмов, следствием чего является минерализация наиболее доступных гумусовых соединений и уменьшение содержания углерода подвижных гумусовых веществ.

Стабилизирующее влияние органической системы удобрения на гумусовое состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы проявилось также в изменении качественного состава подвижных гумусовых веществ: содержание подвижных гуминовых кислот увеличивалось, фульвокислот снижалось. При этом внесение навоза в дозах 20–40 т/га за ротацию севооборота оказывало несущественное влияние на изменение подвижности гуминовых и фульвокислот по сравнению с вариантом без удобрений, наблюдаемые различия находились в пределах НСР<sub>05</sub>.

Более действенным фактором по влиянию на размеры накопления подвижных гуминовых и фульвокислот было применение органических удобрений в дозе 60 т/га. На данном навозном фоне абсолютное содержание углерода подвижных гуминовых кислот достоверно увеличилось на 157 мг/кг почвы при уменьшении подвижных форм фульвокислот на 202 мг/кг почвы по сравнению с неудобренным вариантом. В этом варианте абсолютное и относительное содержание

подвижного углерода фульвокислот характеризовалось минимальными показателями – 1910 мг/кг почвы и 18,8% соответственно.

При органоминеральной системе удобрения, как и в случае одностороннего применения минеральных удобрений, установлено увеличение содержания как в целом подвижных гумусовых веществ ( $C_{\text{под}}$ ), так и отдельных фракций – подвижных гуминовых ( $C_{\text{ГК}}$ ) и фульвокислот ( $C_{\text{ФК}}$ ) по сравнению с органической системой удобрения. В среднем по опыту показатели абсолютного и относительного содержания для гуминовых кислот находились на уровне 1193 мг/кг почвы и 11,7% от общего углерода почвы, для фульвокислот – 2166 мг/кг почвы и 21,2% соответственно. При этом внесение за севооборот  $N_{433}P_{290}K_{590}$  на фоне навоза 60 т/га обеспечило максимальное накопление подвижных гуминовых кислот в подвижной части гумуса (см. табл. 2).

При запашке побочной продукции изменение содержания подвижных гумусовых веществ и их качественного состава под влиянием применяемых систем удобрения характеризовались такой же направленностью, как и на фоне без заправки соломы. Отличительной особенностью являлось более интенсивное снижение подвижных гумусовых веществ в составе гумуса. На фоне с заправкой соломы при органической и органоминеральной системах удобрения на фоне внесения навоза 20–40 т/га за севооборот относительное содержание подвижных гумусовых веществ было аналогично соответствующим вариантам без заправки соломы с применением органических удобрений в дозах 40–60 т/га. При этом заправка соломы способствовала большей аккумуляции в составе подвижного гумуса подвижных гуминовых кислот при меньшей степени обогащения фульвокислотами. Так, на фоне запаханной соломы при органической и органоминеральной системах удобрения при дозе навоза 60 т/га содержание подвижных гуминовых кислот увеличилось в среднем на 24,8% относительно варианта без удобрений, фульвокислот уменьшилось на 15,8% против 20,6 и 7,1% в аналогичных вариантах, где солому не запахивали.

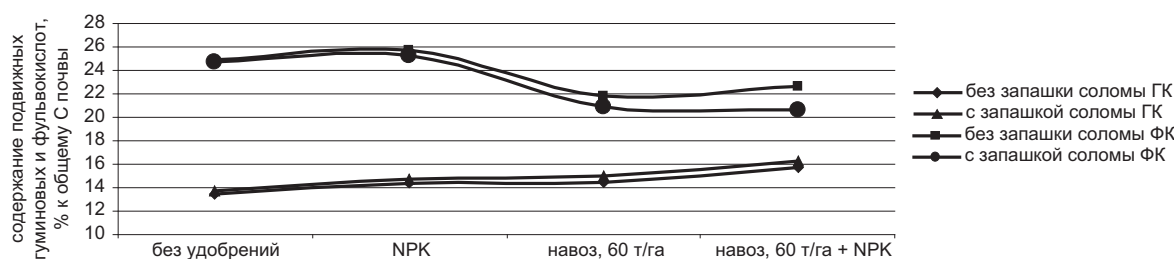
При заправке соломы, в отличие от вариантов без использования побочной продукции, в подвижной части гумусовых веществ достоверное увеличение углерода подвижных гуминовых кислот и уменьшение фульвокислот относительно варианта без удобрений наблюдалось уже при внесении навоза в дозе 40 т/га. В целом заправка соломы при органической и органоминеральной системах удобрения обеспечила уменьшение абсолютного содержания подвижных фульвокислот в среднем на 11,4% относительно аналогичных вариантов, на которых солому не запахивали.

Таким образом, заправка соломы оказывала благоприятное влияние на изменение количественных и качественных показателей подвижных гумусовых веществ, что являлось положительным фактором улучшения гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

При изучении влияния различных систем удобрения на трансформацию подвижных гумусовых веществ и их состав в дерново-подзолистой супесчаной почве установлены закономерности, аналогичные полученным на легкосуглинистой почве, однако для супесчаной почвы характерна большая подвижность гумусовых веществ. Относительное содержание подвижного гумуса в этой почве в среднем по опыту составило 38,4%, что на 6,1% превышает данный показатель в легкосуглинистой почве (см. табл. 1). В зависимости от систем удобрения относительное содержание подвижных гуминовых кислот изменялось от 13,5% в варианте без удобрений до 15,7% в варианте с внесением за севооборот минеральных удобрений в дозе  $N_{433}P_{290}K_{590}$  на фоне навоза 60 т/га. Содержание подвижных фульвокислот варьировало в пределах 21,8–25,7% от общего углерода почвы. Абсолютное содержание подвижных гуминовых кислот в супесчаной почве в среднем по опыту в 1,8 раза превышало их количество в легкосуглинистой, фульвокислот – в 1,5 раза.

Заправка соломы на супесчаной почве при органической и органоминеральной системах удобрения обеспечила снижение содержания подвижных форм фульвокислот на 8,7% по сравнению с подобными вариантами, где солому не запахивали (рисунок).

Отмечено, что в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве под влиянием изучаемых систем удобрения образование гуминовых кислот в составе подвижного гумуса протекает более интенсивно при меньшем снижении подвижного углерода фульвокислот по сравнению с супесчаной почвой.



Влияние заправки соломы на изменение содержания подвижных гуминовых и фульвокислот в дерново-подзолистой супесчаной почве

## Выводы

1. Минеральная система удобрения в дерново-подзолистых почвах увеличивает подвижность гумуса как за счет подвижных гуминовых кислот, так и фульвокислот.
2. Органическая и органоминеральная системы удобрения оказывали положительное влияние на гумусовое состояние дерново-подзолистых почв, повышая в составе подвижного гумуса содержание гуминовых кислот. За 5 лет при данных системах удобрения на фоне внесения навоза в дозах 40–60 т/га в подвижной фракции гумусовых веществ содержание гуминовых кислот в легкосуглинистой почве увеличилось на 14,8 и 25,0%, в супесчаной почве – на 6,6 и 12,1% соответственно.
3. Наиболее эффективным приемом увеличения содержания подвижных гуминовых кислот является органическая и органоминеральная системы удобрения в сочетании с заправкой соломы. При данных системах удобрения на фоне заправки соломы содержание подвижных фульвокислот в общем количестве подвижных гумусовых веществ уменьшилось в дерново-подзолистых почвах в среднем на 10,1% относительно аналогичных вариантов без использования побочной продукции.

## Литература

1. Орлова, Н. Е. Современные процессы гумусообразования в окультуренных дерново-подзолистых почвах северо-запада России / Н. Е. Орлова, Л. Г. Бакина // *Агрохимия*. – 2002. – № 11. – С. 5–12.
2. Тарасенко, С. А. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при применении органо-минеральных систем удобрения / С. А. Тарасенко // *Почвоведение и агрохимия*. – 2006. – № 1. – С. 124–131.
3. Ахтырцев, Б. П. Зависимость подвижности гуминовых веществ от типовой принадлежности, состава и свойств почв лесостепи / Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцев, Л. А. Яблонских // *Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация*. – 2004. – № 2. – С. 18–24.
4. Андреева, И. М. О процессах взаимодействия новообразованных гумусовых кислот с минеральной частью почвы / И. М. Андреева // *Записки ЛСХИ*. – 1970. – Т. 137. – С. 12–16.
5. Новицкий, М. В. Содержание и состав лабильного гумуса в дерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени окультуренности / М. В. Новицкий, В. А. Илющенко // *Агрохимия*. – 1997. – № 4. – С. 19–22.
6. Завьялова, Н. Е. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы окультуренности / Н. Е. Завьялова, А. И. Косолапова, В. Р. Ямалдинова // *Агрохимия*. – 2005. – № 6. – С. 5–10.
7. Шевцова, Л. К. Моделирование трансформации и баланса гумуса дерново-подзолистых почв на основе информационной базы длительных опытов окультуренности / Л. К. Шевцова, И. В. Володарская, Е. В. Гобунов // *Агрохимия*. – 2000. – № 9. – С. 5–10.
8. К вопросу о лабильном органическом веществе почв / В. Г. Мамонтов [и др.] // *Плодородие*. – 2008. – № 2. – С. 20–22.
9. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв (Для проведения сравнительных исследований в длительных опытах, реперных участках и полигонах агроэкологического мониторинга / ВНИИА; отв. за вып. Л. К. Шевцова. – М.: ВНИИА, 2010. – 34 с.

V. V. LAPA, T. M. SERAYA, E. N. BOGATYROVA, E. N. MEZENTSAVA, O. M. BIRYUKOVA

## CHANGE OF THE CONTENT AND COMPOSITION OF MOBILE HUMIC SUBSTANCES IN SOD-PODSOLIC SOILS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT SYSTEMS OF FERTILIZATION

### Summary

The influence of different systems of fertilization on the content of mobile humic substances and their structure in sod-podzolic soils is studied. The most effective way to increase the content of mobile humic acids as a part of mobile humus is the use of organic and organic-mineral systems of fertilization combined with straw ploughing.