

УДК 631.8.022.3:631.445.24

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

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ЛАБИЛЬНОСТЬ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Институт почвоведения и агрохимии

(Поступила в редакцию 21.08.2009)

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства большое значение имеет сохранение достигнутого уровня плодородия почв и его дальнейшее расширенное воспроизводство. Гумус – важнейший компонент почвы, который играет ключевую роль в формировании почвенного плодородия. Многочисленные исследования показали, что формирование высоких и устойчивых урожаев тесно коррелирует с содержанием гумуса в почвах [1–3]. Однако в сельскохозяйственной практике есть немало примеров, когда на почвах с низким содержанием гумуса получают высокие урожаи, и наоборот, при высоком содержании гумуса урожайность невелика [4, 5]. В этой связи для оценки роли гумуса в плодородии почв особую актуальность приобретает выявление его фракций, агрономически связанных с уровнем почвенного плодородия.

Согласно современным представлениям, наиболее целесообразно почвенный гумус подразделять на две группы: консервативные и лабильные соединения, роль которых в почвенном плодородии существенно различается. Консервативный (или стабильный) гумус прочно связан в почве с ионами металлов либо сорбирован глинистыми минералами, поэтому минерализуется и высвобождает питательные и биологически активные вещества медленно, практически не участвуя в питании растений. Лабильный (или подвижный) гумус, формируя эффективное плодородие почв, является непосредственным источником элементов питания для растений и энергетическим материалом для микроорганизмов. Следовательно, при сельскохозяйственном использовании пахотных земель наряду с изменением общего содержания гумуса именно в лабильной его части наиболее интенсивно протекают процессы разложения и синтеза.

Поскольку содержание подвижных гумусовых соединений в наибольшей степени характеризует процессы трансформации и новообразования гумуса, то количественный и качественный учет агрономически активной группы гумусовых веществ и их рациональное воспроизводство при сельскохозяйственном использовании почв приобретает особое значение.

Цель исследования – изучение влияния длительного применения органических и минеральных удобрений на содержание лабильного гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве разной степени окультуренности.

Объекты и методы исследования. Объектом исследований являлась дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке почва. Длительный полевой опыт проводили в СПК «Щемяслица» Минского района в трех ротациях плодосменного севооборота: первая ротация (картофель – ячмень – овес – кормовая свекла – яровая пшеница – лен-долгунец; 1992–1997 гг.); вторая ротация (картофель – ячмень – овес – люпин узколистный – яровая пшеница; 1998–2002 гг.); третья ротация (пелюшко-овсяная смесь – яровая тритикале – яровой рапс – люпин узколистный – яровая пшеница; 2003–2007 гг.).

Схема опыта реализована на двух фонах (известкованном и неизвесткованном) и включала варианты: I – без удобрений; II – NPK; III – навоз; IV – навоз + NPK. Среднегодовые дозы удобрений за три ротации севооборота составили $N_{83}P_{61}K_{112}$, навоза – 12,5 т/га.

Пахотный горизонт исследуемой почвы перед началом первой ротации севооборота имел следующие агрохимические показатели: известкованный фон – pH_{KCl} 5,7–5,8, P_2O_5 (0,2 М HCl) – 275–295 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 230–280 мг/кг почвы, гумус (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) – 1,4–1,7%; неизвесткованный фон – pH_{KCl} 4,3–4,5, P_2O_5 – 265–290 мг/кг, K_2O – 225–285 мг/кг почвы, гумус – 1,4–1,6%. В конце первой ротации севооборота на известкованном фоне вносили доломитовую муку, в результате чего кислотность почвы в вариантах была доведена до 6,3–6,4.

Органические удобрения в виде солоमистого навоза КРС в первой ротации севооборота вносили под картофель (60 т/га) и кормовую свеклу (40 т/га); во второй ротации – под картофель (60 т/га); в третьей ротации – под пелюшко-овсяную смесь (40 т/га). Агротехника на опытном поле – общепринятая для данной зоны.

Для оценки влияния отдельных агроприемов на количественные изменения лабильного углерода использовали 0,1 М NaOH-вытяжку (без предварительного декальцинирования почвы) по методу Тюрина [6]. Содержание гумуса определяли по Тюрину в модификации ЦИНАО (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) (ГОСТ 26212–91) [7]. Для пересчета углерода в гумус использовали коэффициент 1,724. Общий и лабильный гумус определяли в почвенных образцах, отобранных поделочно после окончания третьей ротации севооборота.

Математическая обработка экспериментального материала проведена дисперсионным методом с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что в зависимости от степени окультуренности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и применяемых систем удобрения содержание гумуса по вариантам изменялось от 1,37 до 1,69% ($C_{общ}$ 0,795–0,980%), 28,99–44,53% которого составляют подвижные гумусовые вещества (таблица).

Содержание лабильных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при длительном применении различных систем удобрения

Вариант опыта	Гумус, %	$C_{общ}$, % к почве	$C_{под}$		Запасы лабильного углерода, кг/га
			мг/кг	% к $C_{общ}$	
<i>pH_{KCl} 4,3–4,5</i>					
Без удобрений	1,41	0,818	3441	42,08	10324
$N_{83}P_{61}K_{112}$	1,47	0,853	3797	44,53	11390
Навоз, 12,5 т/га	1,62	0,940	3545	37,72	10634
Навоз + $N_{83}P_{61}K_{112}$	1,69	0,980	3864	39,42	11592
<i>pH_{KCl} 6,3–6,4</i>					
Без удобрений	1,37	0,795	2473	31,12	7420
$N_{83}P_{61}K_{112}$	1,35	0,783	2583	32,99	7749
Навоз, 12,5 т/га	1,52	0,882	2556	28,99	7668
Навоз + $N_{83}P_{61}K_{112}$	1,68	0,974	3022	31,01	9067
$НСП_{0,05}$	0,05	0,03	305		

Известкование почвы до pH_{KCl} 6,3–6,4 привело к существенному снижению как абсолютно, так и относительного содержания лабильного углерода ($C_{под}$) во всех вариантах по сравнению с его количеством в почве с pH_{KCl} 4,3–4,5. В почве близкой к нейтральной в варианте без удобрений содержание подвижных веществ в составе гумуса снизилось на 968 мг/кг по сравнению с неизвесткованной почвой, относительное содержание лабильного гумуса уменьшилось с 42,08 до 31,12%. В среднем по вариантам известкованного фона абсолютное содержание углерода лабильной части гумуса было на 1003 мг/кг ниже, чем в вариантах на почве с pH_{KCl} 4,3–4,5, при соответствующем снижении относительного содержания его на 9,91%. Аналогичные данные приведены в работах Г. К. Медвидь [8] и Л. И. Костюкевич [9].

По мнению Л. К. Шевцовой [10], количество подвижных гумусовых веществ тесно связано с реакцией почвы и увеличивается параллельно повышению почвенной кислотности. Этот факт указывает на то, что по своей природе подвижные гумусовые вещества не обязательно являются «молодыми» продуктами гумификации, а могут образовываться также в результате ослабления

связи с кальцием «зрелых» гумусовых кислот или их отдельных фракций, причем способность к более быстрому переходу в подвижное состояние определяется силой их связи с минеральной частью почвы: в первую очередь в подвижное состояние могут переходить те гумусовые вещества, которые находятся на поверхности и более подвержены внешнему воздействию.

Применение органических удобрений способствовало некоторому увеличению абсолютного содержания подвижного углерода как в сильнокислой почве, так и на фоне известкования, однако наблюдаемые различия находились в пределах НСР_{0,05}. При среднегодовой дозе навоза 12,5 т/га наблюдалось повышение стабильности гумуса, о чем свидетельствует снижение относительного содержания подвижных гумусовых соединений в исследуемой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В почве с рН_{KCl} 6,3–6,4 под действием подстилочного навоза КРС относительное содержание подвижного углерода уменьшилось на 2,13% по сравнению с вариантом без удобрений. Большее влияние органические удобрения оказали на относительное содержание подвижного углерода в сильнокислой почве, где его доля в общем углероде почвы снизилась на 4,36% по сравнению с вариантом без удобрений. Более высокая эффективность подстилочного навоза на почве с рН_{KCl} 4,3–4,5 связана, по-видимому, с общим нивелирующим влиянием органических удобрений, снижающих негативное действие повышенной кислотности почвенного раствора. Таким образом, механизм воздействия органических удобрений на лабильные гумусовые вещества почвы имеет двойственную природу. С одной стороны, внесение подстилочного навоза увеличивает абсолютное количество подвижного углерода за счет поступления в почву большого количества гумифицированных растительных остатков. С другой стороны, под влиянием органических удобрений активизируется почвенная микрофлора, улучшаются агрохимические свойства почвы, вследствие чего усиливаются процессы гумификации, формируются более сложные комплексы гумусовых веществ с минеральной частью почвы, что в конечном итоге приводит к уменьшению лабильной части гумуса и, как следствие, к снижению ее относительного содержания в общем гумусе.

Систематическое применение минеральных удобрений повышало абсолютное и относительное содержание лабильной части гумуса во всех вариантах. Длительное внесение N₈₃P₆₁K₁₁₂ в сильнокислую дерново-подзолистую легкосуглинистую почву способствовало увеличению углерода подвижной фракции от 3441 до 3797 мг/кг. На известкованном фоне содержание лабильного углерода в аналогичном варианте составило 2473 мг/кг почвы, или на 110 мг/кг больше, чем в варианте без внесения удобрений, что находится в пределах ошибки опыта. Отмечено, что относительное содержание углерода, экстрагируемого 0,1 М раствором NaOH, в вариантах с минеральной системой удобрения характеризуется максимальными значениями по сравнению с другими вариантами: в почве с рН_{KCl} 4,3–4,5 этот показатель составил 44,53%, с рН_{KCl} 6,3–6,4 – 31,12% от общего углерода почвы. Увеличение содержания лабильной фракции гумуса при внесении минеральных удобрений установлено также в работах других исследователей [1, 11]. По-видимому, это связано с тем, что при внесении минеральных удобрений под влиянием легкодоступных элементов питания активизируются микробиологические процессы, вследствие чего усиливается минерализация почвенного гумуса. Кроме того, применение минеральных удобрений способствует увеличению биомассы пожнивно-корневых остатков, разложение которых вызывает возрастание количества новообразованных гумусовых веществ, входящих в состав лабильных.

Результаты исследования показали, что наибольшее абсолютное накопление углерода лабильных фракций гумусовых веществ обеспечила органоминеральная система удобрения: в сильнокислой почве – 3864 мг/кг, в близкой к нейтральной почве – 3022 мг/кг, что на 67–319 и 439–466 мг/кг больше, чем в вариантах с минеральной и органической системами удобрения.

Внесение N₈₃P₆₁K₁₁₂ в сочетании с 12,5 т/га подстилочного навоза КРС также способствовало небольшому увеличению относительной доли подвижного углерода по сравнению с органической системой удобрения, при этом относительное содержание его в почве с рН_{KCl} 4,3–4,5 составило 39,42%, с рН_{KCl} 6,3–6,4 – 31,01% от общего углерода почвы, однако эти показатели были несколько ниже относительно данных, полученных при одностороннем внесении N₈₃P₆₁K₁₁₂.

Таким образом, наибольшее влияние на увеличение абсолютного содержания подвижных соединений углерода оказала органоминеральная система удобрения, в то время как на относительное содержание – минеральная.

Наряду с абсолютными и относительными показателями, характеризующими лабильность гумуса, несомненный интерес представляют данные о запасах подвижных гумусовых соединений в пахотном слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения. В среднем по вариантам опыта известкование легкосуглинистой почвы снизило запасы углерода лабильных гумусовых веществ на 3009 кг/га. Применение минеральных удобрений, наоборот, повысило запасы этих веществ по сравнению с вариантами без удобрений на обоих уровнях окультуренности дерново-подзолистой почвы. В сильноокислой почве запасы подвижного углерода на фоне $N_{83}P_{61}K_{112}$ составили 11390 кг/га, в почве с pH_{KCl} 6,3–6,4 – 7749 кг/га. Среднегодовое внесение 12,5 т/га органических удобрений также обеспечило некоторое увеличение запасов лабильных гумусовых веществ относительно вариантов без удобрений. Наибольшие запасы подвижного гумуса приходятся на варианты с органоминеральной системой удобрения – 9067–11592 кг углерода на 1 га.

Выводы

1. Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы снижает лабильность почвенного гумуса. В среднем по вариантам известкованного фона абсолютное содержание углерода лабильной фракции гумусовых веществ было на 1003 мг/кг почвы ниже, чем в вариантах на почве с pH_{KCl} 4,3–4,5, при соответствующем снижении относительного содержания его на 9,91%.

2. Среднегодовое внесение минеральных удобрений в дозе $N_{83}P_{61}K_{112}$ повысило содержание подвижных гумусовых веществ на 356 мг/кг в сильноокислой почве по сравнению с вариантом без удобрений, в почве с pH_{KCl} 6,3–6,4 отмечена тенденция увеличения данной фракции. Относительное содержание подвижного углерода в вариантах с минеральной системой удобрения было максимальным по сравнению с другими вариантами: в почве с pH_{KCl} 4,3–4,5 – 44,53%, в почве близкой к нейтральной – 31,12% от общего углерода почвы.

3. Органическая система удобрения увеличивала абсолютное содержание подвижных гумусовых соединений в легкосуглинистой почве разной степени окультуренности до 2556–3545 мг/кг при снижении их относительного содержания до 28,99–37,72%.

4. Наибольшие запасы подвижных соединений гумуса приходятся на варианты с органоминеральной системой удобрения (9067–11592 кг углерода на 1 га).

Литература

1. Жуков, А. И. Гумус и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве / А. И. Жуков, Л. В. Сорокина, В. В. Мосалева // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 55–61.
2. Лыков, А. М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсификации земледелия: автореф. ... дис. д-ра. с.-х. наук: 06.01.04 / А. М. Лыков; ТСХА. – М., 1976. – 46 с.
3. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 270 с.
4. Минченко, Т. Э. Гумусовое состояние и биологическая активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном локальном внесении удобрений: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Т. Э. Минченко; БелНИИПА. – Минск, 1996. – 19 с.
5. Ганжара, Н. Ф. Содержание гумуса, свойства почвы и урожай / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, А. В. Шевченко // Агрочвоведение и плодородие почв: органическое вещество в почвообразовании и плодородии почв: тезисы докл. всесоюз. науч. конф., Ленинград, 16–18 дек. 1986 г. / ЛГУ, отд. ВАСХНИЛ по Нечерноземной зоне РСФСР; редкол.: В. Т. Минеев [и др.]. – Л., 1986. – С. 18.
6. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова; Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева. – Л., 1975. – 105 с.
7. Практикум по агрохимии / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
8. Медвидь, Г. К. Гумусовый режим легких почв Полесья УССР при окультуривании / Г. К. Медвидь, Г. А. Мазур // Доклады о гумусе: сб. докл. межд. симп. / НИИ растениеводства; науч. ред. В. Новак. – Прага, 1983. – Т. 2. – С. 294–295.
9. Костюкевич, Л. И. Трансформация органического вещества почвы и удобрений в пахотных дерново-подзолистых почвах: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Л. И. Костюкевич; БелНИИПА. – Минск, 1987. – 19 с.

10. Шевцова, Л. К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов поч при длительном использовании удобрений: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Л. К. Шевцова; МГУ. – М., 1988. – 459 л.

11. Когут, Б. М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании / Б. М. Когут // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 794–802.

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

**INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE LABILITY OF HUMUS
SUBSTANCES OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL**

Summary

As a result of carrying out researches in long-term field experiments on sod-podzolic light loam soil it is established that the liming of soil decreased the absolute and relative contents of carbon of labile fraction humus substances, on the average, by 1003 mg/kg and 9.91 %. The application of mineral fertilizers promoted the increase both in absolute and relative contents of mobile humus substances. Manure in a dose of 12.5 t/ha crop rotation areas reduced the relative share of mobile humus compounds in increasing their absolute contents.

The greatest supplies of mobile compounds of humus were provided by organic-mineral fertilization: in strong acid soil – 11592 kg/ha, by soil acidity optimization – 9067 kg of carbon per 1 ha.