

Л.В. САМУТЕНКО

Лабильное органическое вещество аллювиальной серогумусовой почвы с разными агрохимическими фонами (остров Сахалин)

Исследована степень влияния систем удобрения на динамику лабильного органического вещества аллювиальной серогумусовой почвы в многолетнем стационарном опыте. Установлено, что лабильная часть занимает в органическом веществе преимущественное положение (>60 %). Отсутствие минеральной поддержки (0NPK) обусловило потери лабильной и стабильной частей. Более эффективной в накоплении разнородных частей органического вещества оказалась известково-минеральная система удобрения (3NPK + Ca).

Ключевые слова: почва, лабильное органическое вещество, системы удобрения, известкование.

Labile organic matter of alluvial gray-humus soil with different agrochemical backgrounds (Sakhalin Island).
L.V. SAMUTENKO (Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk).

The degree of influence of fertilizer systems on the dynamics of labile organic matter of alluvial gray-humus soil in a long-term stationary experiment is studied. It was found that the labile part occupies a predominant position in the organic matter (>60 %). The lack of mineral support (0NPK) caused the loss of labile and stable parts. The lime-mineral fertilizer system (3NPK + Ca) proved to be more effective in the accumulation of heterogeneous parts of organic matter.

Key words: soil, labile organic matter, fertilizer systems, liming.

Введение

Некоторые авторы, ссылаясь на работы своих предшественников, связывают уровень плодородия почв в основном с содержанием гумуса [20, 23]. Однако исследования показали, что при оценке органического вещества почв помимо общего содержания гумуса необходимо учитывать его качество, особенно обогащенность активными компонентами [13, 15, 21]. Органическое вещество почвы исследователи представляют не только в привычном нам фракционно-групповом составе, но и в виде двух основных пулов: устойчивого (инертного), слабо поддающегося минерализации (C_{min}) и лабильного, легко трансформируемого (C_{trans}) [8, 14, 21]. Первый пул включает в себя практически не поддающиеся химической и биологической деструкции соединения. Другая часть углеродного фонда представлена активными компонентами, формирующими основные режимы и свойства почвы.

Существуют разные варианты распределения почвенных органических компонентов в зависимости от их качества, активности и видения исследователей [9, 12, 18]. Одни авторы варианты формирования пулов органического углерода основывают на результатах

САМУТЕНКО Любовь Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск).
E-mail: lyubiva_1953@mail.ru

анализа фракционно-группового состава гумуса [9], при этом оговаривается некоторая условность представленной интерпретации. По мнению других исследователей [4], лабильный пул органического вещества почвы состоит из более мелких групп органических веществ. Авторы ссылаются на работу [24], где к числу важнейших компонентов лабильного органического вещества отнесены микробная масса, легкие фракции углерода и пулы углерода, способные к быстрой минерализации.

Трансформируемая (активная) часть гумуса служит наиболее доступным источником питания растений. Она предопределяет биологическую деятельность, основные агрохимические свойства почв и заметно изменяется под влиянием различных агротехнических приемов. Активная часть гумуса участвует в круговороте углерода и других элементов, формирует основные функции органического вещества и определяет эффективное плодородие почвы [3, 8, 12, 22].

Смена вида землепользования, изменения в системах севооборотов, способах обработки почвы, дозах удобрений приводят к изменению количественного и качественного состава органического вещества [5, 8, 19, 20].

Многолетние наблюдения позволили исследователям сделать ряд общих выводов относительно особенностей воздействия на органическое вещество систем минеральных, органических удобрений и их сочетаний.

По мнению Л.К. Шевцовой и В.А. Романенкова [22], минеральные удобрения воздействуют на гумусное состояние почв опосредованно через изменение биомассы растительных остатков, кислотно-основных свойств почвы, активацию биохимических процессов. Органические удобрения оказывают как прямое, так и косвенное воздействие. Прямое воздействие определяется привнесением дополнительного количества органического вещества с высоким содержанием веществ, свойственных почвенному гумусу. Косвенное воздействие аналогично влиянию минеральных удобрений. Системы удобрений оказывают слабое влияние на фракционно-групповой состав гумуса почв, но способствуют накоплению гидрофильных органических веществ.

При внесении в почву высоких доз органических удобрений органические вещества и корни растений проникают на большую глубину. Однако, по мнению Р.Ф. Байбекова и его соавторов [2], в созданной более плодородной почве увеличение органического вещества и неравномерность его распределения снижают степень устойчивости почвы и приводят к неравновесному экологическому состоянию по сравнению с исходным аналогом.

Низкие дозы органических удобрений не влияют на содержание общего гумуса и подвижного органического вещества [13]. При низких дозах внесения органических и минеральных удобрений возникает необходимость в применении мер по регулированию содержания и качественного состава органического вещества. Это наиболее полно можно установить только в длительных полевых опытах при изучении закономерностей изменения органического вещества под воздействием разнообразных агроприемов [8, 19, 21, 22].

Фрагментарные сведения о фракционно-групповом составе островных почв разных типов получены А.М. Ивлевым [10]. Практически все они имеют гуматно-фульватный и фульватный состав гумуса. В научных источниках [22] фракционно-групповой состав почв относят скорее к генетическим признакам; их изменения происходят в течение длительного периода.

В многолетнем стационарном опыте Сахалинского научно-исследовательского института сельского хозяйства (СахНИИСХ) был определен состав гумуса аллювиальной серогумусовой (агродерновой) почвы [11], сложившийся под влиянием разных систем удобрения. В нем преобладали фульвокислоты (32,6–54,3 %); на гуминовые кислоты приходилось 11,2–35,2 %. Сведений об определении лабильных органических веществ в почвах о-ва Сахалин обнаружить не удалось.

Таким образом, выявление степени насыщения органического вещества почвы разнообразными компонентами, определяющими ее агрономически важные свойства и продуктивность сельскохозяйственных культур, представляется актуальным.

Цель данной работы – определить состав лабильного органического вещества (основных пулов) аллювиальной серогумусовой старопахотной почвы, сложившийся под действием разных по интенсивности систем удобрения.

В задачу исследования входило установление содержания мобильных групп органического вещества и их временной динамики.

Материал и методы исследования

Наблюдения и отбор почвенных образцов проведены в долголетнем стационарном опыте СахНИИСХ. Стационар имеет три последовательно заложенных повторения в пространстве (по 3 га) и во времени (закладки 1989, 1990 и 1991 гг.). В травяно-пропашном севообороте применяется чередование во времени культур, что не противоречит методике полевого опыта [6].

Системы удобрения, влияние которых на органическое вещество почвы проанализировали в данной работе, были представлены нулевым (0NPK), минеральным (3NPK + Ca) и органоминеральным (100 и 200 т/га ТНК (отдаленное последствие) + 40 т/га навоза (действие и последствие) + 3NPK + Ca) вариантами. Базовая одинарная доза удобрений (кг/га д.в.) под многолетние травы в третьей ротации севооборота – 60N108P108K. Торфо-навозный компост (ТНК) и известь (Ca) были внесены при закладке стационара, навоз (N) и известь (повторно по 1ГК) применены в 2010 г.

Аллювиальная серогумусовая старопахотная почва (агрозем) характеризуется неоднородным гранулометрическим составом (средний суглинок – легкая глина) и разными агрохимическими свойствами. Отбор образцов для установления динамики основных агрохимических свойств почвы осуществлялся ежегодно, начиная с момента закладки стационарного опыта.

Образцы почв для определения состава органического вещества отбирались на постоянных площадках вариантов в трех повторениях в 2010–2016 гг. Параметры почвы за этот период отражены в табл. 1.

Анализ проводился по общепринятым методикам [1]. При определении состава органического вещества использована редко применяемая методика, предложенная А.И. Поповым с соавторами [16]. Как и в классическом варианте, основным реагентом в ней является бихромат калия, но в сочетании с серной кислотой разной концентрации (10 разбавлений + концентрированная H_2SO_4). Были сделаны, однако, и некоторые отступления от методики. Во-первых, применялось принятое при определении гумуса титровальное завершение вместо рекомендуемого колориметрирования. Это связано с очень малым количеством рабочего раствора и необходимостью предотвратить искажение результата при попадании почвы в кювету. Во-вторых, первый водный экстрагент заменили на слабоконцентрированный раствор H_2SO_4 (0,1 М). На наш взгляд, внесенные в методику изменения (согласованы с основным автором методики) если и повлияли на конечный результат, то только на доли процента. В итоге цель – аналитическая дифференциация органического вещества исследуемой почвы – была достигнута.

По степени окисления органического вещества фракции в соответствии с рекомендациями [16] были объединены в разные по мобильности группы: I–IV – легкоокисляемую (лабильную) часть; V–VII – среднеокисляемую (среднемобильную) часть; VIII–XI – относительно трудноокисляемую (стабильную) часть.

Математическую обработку материалов проводили по методике Б.А. Доспехова [6].

Результаты и обсуждение

Наиболее значимые изменения в почве рабочих вариантов после внесения в 2010 г. извести и навоза произошли с кислотностью и зависящими от ее уровня

показателями суммы поглощенных оснований. Максимальный рост значений произошел в первый год последействия Са и Н: рН увеличился на 0,97–1,04 ед., сумма Са + Mg – на 12,4–16,4 ммоль (табл. 1).

В дальнейшем последействие известкования и органо-известкового комплекса (Са + Н) сопровождалось постепенным снижением показателей свойств почвы, но они все еще оставались на уровне благоприятных. За тот же период в контрольном варианте с 0NPK, который не подвергался внешним агрохимическим воздействиям, произошло увеличение кислотности (рН < на 0,17), снижение количества NPK и гумуса.

Таблица 1

Динамика основных агрохимических свойств почвы вариантов с разными системами удобрения

Вариант системы удобрения	Год отбора образцов	рН солевой	Сумма поглощенных оснований, ммоль на 100 г почвы	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
				мг на 1 кг почвы				
0NPK (контроль)	2010	4,32	10,0	8,1	12,5	360	162	4,13
	2016	4,15	10,4	9,5	8,2	267	70	4,11
3NPK + Са	2010 (д)	4,40	12,5	5,5	9,5	544	122	4,21
	2011 (п/д)	5,44	24,9	8,7	6,2	543	109	4,34
	2013 (п/д)	5,11	18,5	7,0	5,4	558	115	4,24
	2016 (п/д)	5,37	20,0	10,5	6,9	546	110	4,57
200 т/га ТНК (п/д) + 40 т/га Н (д и п/д) + 3NPK + Са	2010 (д)	4,81	15,6	сл.	6,8	598	106	4,24
	2011 (п/д)	5,78	32,0	8,2	6,2	530	105	4,47
	2013 (п/д)	5,26	20,1	7,4	7,0	578	105	4,17
	2016 (п/д)	5,14	20,0	7,9	6,8	475	80	4,43

Примечание. Здесь и в последующих таблицах: Са – известь; Н – навоз; ТНК – торфянонавозный компост; д – действие; п/д – последействие.

Потери органического вещества невелики, возможно, благодаря корневому отпаду многолетних трав, поступающему в почву в период наблюдений. О положительной роли многолетних травостоев в сохранении и увеличении гумусного пула свидетельствует ряд исследований [3, 5, 7, 22].

Среднее количество корневых остатков в рассматриваемых вариантах находилось в пределах 8,18–9,20 т/га сухого вещества. Принимая корневой отпад за 30 %, можно рассчитать реально поступающую в почву органическую массу: она составляла ежегодно 2,4–2,8 т/га. С этим объемом корневых остатков трав при разных системах удобрения поступало, по расчетам, 330,9, 342,0 и 372,5 кг новообразованного гумуса.

Таким образом, закономерным является рост содержания гумуса в вариантах с интенсивными системами удобрения к 2016 г.: +0,36 (+8,55 %) в почве с минеральной системой (3NPK+ Са) и +0,19 (+4,48 %) с органоминеральной системой (200 т/га ТНК (отдаленное п/д) + 40 т/га Н (д и п/д) + 3NPK + Са). Более существенным фактором воздействия в этом процессе оказалось известкование, о чем свидетельствуют более высокие показатели роста содержания гумуса в случае произвесткованного минерального фона. Следует отметить, что действие и длительное последействие исходных систем со 100 и 200 т/га ТНК + 3NPK на продукционный процесс культур севооборота в течение трех ротаций уступало действию органоминеральных систем со 100 т/га ТНК + 2NPK. Возможная причина этого – изменение скорости микробиологических процессов из-за более интенсивного поступления органической массы. На процесс гумификации могли повлиять также качественный состав ТНК и недостаточный почвенный азотный фонд.

В табл. 2 приведены результаты изучения динамики качественного состава органического вещества в почве при наиболее интенсивных системах удобрения на фоне малоинтенсивной системы (контрольный вариант).

Лабильная часть, согласно предложенной в работе [16] дифференциации, занимала основную долю в органическом веществе почвы. Эта часть в меньшей степени была

подвержена существенным изменениям, хотя ее увеличение на 2,6–2,9 % имело место в 2013 г. (п/д органоминерального комплекса) и на 3,2–3,7 % – в 2016 г. (п/д ЗНПК). В более широких пределах изменялось содержание среднемобильной и стабильной частей – вероятных поставщиков лабильного вещества при определенных почвенных условиях.

Таблица 2

Качественный состав органического вещества почвы в зависимости от разноинтенсивных систем удобрения и сроков наблюдения

Вариант системы удобрения	Год отбора образцов	Содержание в органическом веществе, %		
		лабильной части	среднемобильной части	стабильной части
0NPK (контроль)	2010	63,6	9,0	27,4
	2016	61,4	19,0	19,6
ЗНПК + Са	2010	66,4	15,9	17,7
	2011	66,9	10,8	22,3
	2013	66,4	12,3	21,3
	2016	70,1	11,1	18,8
200 т/га ТНК (п/д) + ЗНПК + 40 т/га Н (д и п/д) + Са	2010	66,4	13,1	20,5
	2011	66,1	9,5	24,4
	2013	69,0	16,1	14,9
	2016	66,4	11,5	22,1
HCP ₀₅		2,5	3,2	3,6

Полученные нами результаты вполне соответствуют составу пулов почвенного органического вещества, представленному авторами методики [16] при анализе их собственных данных.

Самые заметные изменения произошли в составе органического вещества почвы при экстенсивном варианте эксплуатации почв – с 0NPK (табл. 3). В данном случае отмечалось снижение содержания (в пересчете на углерод) не только первой, наиболее подвижной, фракции и всей лабильной части, но и стабильной части, являющейся наиболее устойчивой к воздействию микроорганизмов. Однако в этом варианте увеличилась среднемобильная часть, пополнение которой, вполне вероятно, происходило за счет стабильного пула.

Таблица 3

Динамика качественных показателей органического вещества почвы в зависимости от действия и последствия систем удобрения (в пересчете на С), % общего количества углерода

Вариант системы удобрения	Составляющая часть органического вещества	2010 г.		2016 г.		Разница, + или –	
		min	max	min	max	min	max
0NPK	Лабильная	0,778	1,519	0,454	1,462	-0,324	-0,057
	Среднемобильная	1,498	1,735	1,584	1,915	0,086	0,180
	Стабильная	1,908	2,390	2,117	2,383	0,209	-0,007
ЗНПК + Са	Лабильная	0,749	1,620	0,727	1,858	-0,022	0,238
	Среднемобильная	1,598	2,009	1,814	2,153	0,216	0,144
	Стабильная	1,994	2,441	2,290	2,650	0,296	0,209
200 т/га ТНК (п/д) + ЗНПК + 40 т/га Н (д и п/д) + Са	Лабильная	0,410	1,634	0,662	1,706	0,252	0,072
	Среднемобильная	1,634	1,958	1,706	2,006	0,072	0,048
	Стабильная	2,059	2,462	2,254	2,570	0,195	0,108

При длительном экстенсивном использовании почвы активная часть гумуса может замещаться инертной, что вызывает деградацию почв [8].

В результате действия и последствия на органическое вещество известково-минеральной системы ЗНПК + Са в почве также сложился отрицательный баланс содержания

углерода первой лабильной фракции, однако здесь потери углерода были многократно (примерно в 15 раз) меньше показателя контрольного варианта (ОНПК). Количество углерода среднеобильной и стабильной частей к 2016 г. увеличилось относительно данных за 2010 г.

В почве с органоминеральным комплексом потерь углерода в составе разных фракций и частей органического вещества не наблюдалось. Однако по накоплению составляющих частей органического вещества преимущество (в 1,5–4,4 раза) имел известково-минеральный фон.

Сравнивая промежуточные показатели динамики углерода в 2011 и 2013 гг. в вариантах с разноинтенсивными системами удобрения (последствие), мы установили, что изменения в большей степени касаются среднеобильной части, где содержание углерода сохранялось на прежнем уровне или иногда уменьшалось (на 0,36 %).

При трактовке собственных аналитических результатов А.И. Попов с соавторами [16] относят почвенные системы с преобладанием лабильной части к неустойчивым и несбалансированным. По их мнению, негативные изменения в содержании органического вещества могут быть вызваны неумеренным технологическим вмешательством в процессы сохранения плодородия почвы и производства сельскохозяйственной продукции. В качестве провоцирующего фактора они называют даже внесение органических удобрений. Однако проведенные нами наблюдения свидетельствуют о положительной реакции хорошо окультуренной аллювиальной серогумусовой (агродерновой) почвы и растений на поступление органических веществ. При более позднем обсуждении результатов исследований [17], полученных при использовании усовершенствованной методики определения состава лабильного органического вещества, те же авторы указывают на то, что если на долю лабильной части приходится более 50 %, то почва имеет условия, способствующие образованию и накоплению гумуса.

Заключение

Проведенный нами анализ позволил установить динамику содержания гумуса и дифференциацию лабильного органического вещества аллювиальной серогумусовой (агродерновой) почвы при действии и последствии разных по степени интенсивности систем удобрения. Длительное отсутствие какого-либо агрохимического воздействия на почву (ОНПК) приводит к сокращению не только лабильной, но и стабильной частей органического вещества. Более эффективной для накопления разнообильных частей почвенной органики является известково-минеральная система удобрения. Полученные данные свидетельствуют о неодинаковом действии на лабильное органическое вещество почвы разных по интенсивности систем удобрения, что дает основание для выбора факторов, регулирующих гумусовое состояние почвы.

Данный этап исследований по определению влияния систем удобрения на состав органического вещества аллювиальной серогумусовой почвы и его динамику является исходным. Изучение факторов воздействия на эти свойства будет продолжено в рамках дальнейших стационарных наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Байбеков Р.Ф., Седых В.А., Савич В.И., Поветкина Н.Л. Влияние на развитие дернового процесса высоких доз органических удобрений // Плодородие. 2012. № 4 (66). С. 8–10.
3. Байбеков Р.Ф., Хайдуков К.П., Коваленко А.А., Забугина Т.М. Качественный состав органического вещества дерново-подзолистой почвы в длительном полевом опыте // Земледелие. 2020. № 1. С. 8–11.
4. Гамкало З.Г., Бедерничек Т.Ю. Лабильное органическое вещество почвы как индикатор ее экологического качества в разных условиях землепользования // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 10. С. 193–200.

5. Груздева Н.А., Котченко С.Г., Еремин Д.И. Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. 2017. № 3 (96). С. 16–20.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.
7. Еремин Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 24–26.
8. Завьялова Н.Е. Гумусное состояние дерново-подзолистых почв Предуралья при различном землепользовании и длительном применении удобрений и известки: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 45 с.
9. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Засухина Т.В. Состояние гумуса агросерых почв лесостепи Прибайкалья в условиях техногенного загрязнения // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2014. Т. 16, № 5. С. 81–84.
10. Ивлев А.М. Особенности генезиса и биогеохимии почв Сахалина. М.: Наука, 1977. 143 с.
11. Классификация и диагностика почв России. М.: Ойкумена, 2004. 341 с.
12. Когут Б.М., Яшин М.А., Семенов В.М., Авдеева Т.Н., Маркина Л.Г., Лукин С.М., Тарасов С.И. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 2016. № 1. С. 52–56.
13. Мамонтов В.Г., Родионова Л.П., Бугаев П.Д., Абрамова О.В., Сирадж А. Содержание и состав лабильного органического вещества в дерново-подзолистой почве при внесении низких доз органических удобрений // Изв. ТСХА. 2004. Вып. 2. С. 52–60.
14. Мерзлая Г.Е., Шевцова Л.К. Гумус и органические удобрения как основа плодородия // Плодородие. 2006. № 5 (32). С. 27–29.
15. Полякова Н.В., Платонычева Ю.Н. Легкоразлагаемое органическое вещество как показатель антропогенной эволюции серых лесных почв // Докл. РАСХН. 2007. № 3. С. 28–31.
16. Попов А.И., Русаков А.В., Яковлева В.В., Русакова Е.А. Характеристика качественного состава органического вещества агропочв с помощью окисления дихроматом калия // Ноосферные изменения в почвенном покрове: материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию юбилею Ивлева Анатолия Михайловича, Владивосток, 14–22 сент. 2007 г. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2007. С. 212–217.
17. Попов А.И., Русаков А.В. Хемодеструктивное фракционирование органического вещества почв // Почвоведение. 2016. № 6. С. 663–670.
18. Пуртова Л.Н., Киселева И.В., Бурдуковский М.Л. Состояние гумуса в некоторых типах залежных почв Приморья // Вестн. Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН. 2019. № 2. С. 46–54.
19. Титова В.И., Артемьева З.С., Архангельская А.М. Агрогенная трансформация органического вещества светло-серой лесной легкосуглинистой почвы (по исследованиям в длительном опыте) // Изв. ТСХА. 2013. Вып. 3. С. 18–30.
20. Усенко В.И., Усенко С.В., Литвинцева Т.А. Содержание гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от севооборота, системы обработки почвы и удобрений в лесостепи юга Западной Сибири // Земледелие. 2020. № 6. С. 18–21.
21. Хайдуков К.П., Шевцова Л.К., Коваленко А.А., Милотина А.А. Влияние длительного применения и последствия различных систем удобрения на кислотность, содержание и качественный состав органического вещества почвы // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 30–33.
22. Шевцова Л.К., Романенков В.А. Гумусное состояние почв в современном земледелии и его изменения при длительном применении различных систем удобрения: к 75-летию Всерос. НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова // Актуальные проблемы агрохимической науки. М.: ВНИИА, 2006. С. 79–91.
23. Шевченко В.А., Соловьев А.М., Попова Н.П. Динамика содержания органического вещества при освоении выбывших из оборота малопродуктивных мелиорированных земель в зависимости от системы удобрения и предшественников // Плодородие. 2019. № 6 (111). С. 6–10.
24. Gregorich E.G., Carter M.H., Angers D.A., Monreal C.M., Ellert B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils // Can. Journ. Soil Sci. 1994. Vol. 74. P. 367–385.