

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.160-168>

УДК 631.417.1: 631.417.2

**Влияние систематического внесения минеральных удобрений и длительного последствия известкования на органическое вещество светло-серой лесной почвы**© 2020. Н. А. Кодочилова^{1✉}, Т. С. Бузынина¹, Л. Д. Варламова²,
Е. А. Катерова²¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация,²ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

В длительном стационарном опыте на светло-серой лесной почве в условиях Нижегородской области проведены исследования по оценке изменений содержания и состава органического вещества почвы под влиянием систематического применения минеральных удобрений (NPK)1, (NPK)2, (NPK)3 на фоне последствия разового известкования в дозах по 1,0 и 2,0 г. к. (контроль – варианты без удобрений и извести). Исследования проведены по завершению пятой ротации восьмипольного севооборота. Результаты наблюдений показали, что за 40 лет (с 1978 по 2018 год) содержание гумуса в почве (0-20 см) снизилось по вариантам на 0,19-0,52 абс. % по сравнению с исходным (1,60 %), причём на фоне длительного применения минеральных удобрений минерализация его была менее выражена по сравнению с неудобренным контролем. Более высокое содержание гумуса в почве пахотного слоя отмечено в вариантах с минимальными (NPK)1 и повышенными (NPK)2 дозами удобрений – 1,41 и 1,25 % соответственно. Содержание гумуса в неудобренной почве и при внесении высоких (NPK)3 доз минеральных удобрений было практически равноценным – 1,08-1,09 %. Преобладающей группой в составе гумуса были гуминовые кислоты, доля которых в среднем по опыту составила 37,8 % от общего углерода с выраженным снижением от 42,6 % в контроле до 31,8 % при внесении повышенных доз минеральных удобрений. Последствие известкования, проведенного в 1978 г., имело неустойчивый характер и не оказало существенного влияния на содержание и состав органического вещества.

Ключевые слова: гумус, фракционно-групповой состав гумуса, минеральные удобрения, доломитовая мука, длительный стационарный опыт

Благодарности: работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема №0767-2018-0063-С-01).

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кодочилова Н. А., Бузынина Т. С., Варламова Л. Д., Катерова Е. А. Влияние систематического внесения минеральных удобрений и длительного последствия известкования на органическое вещество светло-серой лесной почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):160-168. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.160-168>

Поступила: 07.02.2020

Принята к публикации: 23.03.2020

Опубликована онлайн: 21.04.2020

Effect of systematic application of mineral fertilizers and long-term aftereffect of liming on the organic matter of light-grey forest soil© 2020. Natalya A. Kodochilova^{1✉}, Tatyana S. Buzynina¹, Larisa D. Varlamova²,
Evgenia A. Katerova²¹Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,²Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhniy Novgorod, Russian Federation

The studies on assessment of changes in the content and composition of soil organic matter under the influence of the systematic use of mineral fertilizers (NPK)1, (NPK)2, (NPK)3 against the background of the aftereffect of single liming in doses of 1.0 and 2.0 h. a. (control – variants without fertilizers and lime) were conducted in the conditions of the Nizhny Novgorod region in a long – term stationary experiment on light-grey forest soil. The research was carried out upon completion of the fifth rotation of the eight-field crop rotation. The results of the study showed that for 40 years (from 1978 to 2018) the humus content in the soil (0-20 cm) decreased by 0.19-0.52 abs. % in variants as compared to the original (1.60 %); though, humus mineralization was less evident against the background of long-term use of mineral fertilizers compared to

non-fertilized control. The higher humus content in the topsoil was noted in the variants with minimal (NPK)1 and increased (NPK)2 doses of fertilizer – 1.41 and 1.25 %, respectively. The humus content in non-fertilized soil and when applying high (NPK)3 doses of mineral fertilizers was almost identical – 1.08-1.09 %. The predominant group in the composition of humus were humic acids, the content of which in the experiment on average was 37.8 % of the total carbon with an evident decrease from 42.6 % in the control to 31.8% when applying increased doses of mineral fertilizers. The aftereffect of liming, carried out in 1978, was unstable and did not significantly affect the content and composition of soil organic matter.

Keywords: humus, fractional and group composition of humus, mineral fertilizers, dolomite flour, long-term stationary experience

Acknowledgement: the research was carried out within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No.767-2018-0063-C-01).

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kodochilova N. A., Buzynina T. S., Varlamova L. D., Katerova E. A. Effect of systematic application of mineral fertilizers and long-term aftereffect of liming on organic matter of light gray forest soil. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(2):160-168. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.160-168>

Received: 07.02.2020

Accepted for publication: 23.03.2020

Published online: 21.04.2020

Известно, что качественное состояние почв сельскохозяйственного назначения зависит от целого ряда факторов как природных, связанных с особенностями почвообразования, так и антропогенных, определяемых системой земледелия в целом, включая набор возделываемых культур и их урожайность, способ обработки почвы, количество и состав используемых агрохимикатов. Основой устойчивого функционирования агропромышленного комплекса в условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства является сохранение и повышение почвенного плодородия. К числу основных критериев, определяющих уровень плодородия почв, относится содержание органического вещества, которое представляет собой сложную многокомпонентную систему биогенного происхождения [1, 2].

Роль гумуса в почвенном плодородии, в силу особенностей его строения и высокой энергоёмкости, велика и многогранна. Он оказывает влияние на функционирование пищевого и водного режима, физико-химических свойств почвы [3]. Органическое вещество определяет запас в почве азота, необходимого для питания растений и микроорганизмов [4]. Кроме того, гумус оказывает косвенное действие на увеличение содержания питательных веществ в почвенном растворе за счет воздействия гуминовых и фульвокислот на почвенные минералы, что в конечном итоге способствует растворению карбонатов кальция и магния, фосфатов и других солей, переводя эти элементы питания в доступную для растений форму [5]. С содержанием и составом гумуса тесно связано изменение структурного состояния,

он в большой степени определяет буферность почвы [6, 7], обуславливая её устойчивость к воздействию различных факторов среды¹. Гумусовые вещества являются универсальным аккумулятивным резервуаром органического вещества в биосфере, выполняют трофическую функцию, имеют свойство физиологической и биопротекторной активности² [8].

Практически повсеместно наблюдается существенное снижение органического вещества в почвах разных типов [9], что связывают как с усилением антропогенной нагрузки [10], так и с резким дефицитом применения удобрений [11].

Систематическое применение минеральных удобрений, учитывая их физиологическую кислотность, оказывает существенное влияние практически на все почвенные характеристики, включая и содержание органического вещества [12]. Это предопределяет необходимость и важность изучения динамики содержания и состава органического вещества в почве в зависимости от количества и соотношения вносимых удобрений [13]. Результаты многолетних опытов для этих целей представляют большой научный интерес, поскольку позволяют дать более объективную оценку действию удобрительных материалов [14].

Учитывая особую значимость органического вещества в формировании плодородия и буферной способности почв, а также относительную стабильность содержания гумуса, наиболее актуальны и теоретически значимы исследования динамики количественного содержания гумуса и качественного его состава в условиях длительных стационарных опытов.

¹ Костина Ю. Н. Динамика органического вещества серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании. Дис. канд. биол. наук: 03.00.27 Н. Новгород, 2001. 149 с.

² Пеминова И. В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века. *Химия и жизнь*. 2008;(1):50-55.

Цель исследований – оценить влияние разных уровней минерального питания растений, обеспечиваемых систематическим применением минеральных удобрений, на фоне последствий различных доз разового известкования (перед закладкой опыта) на содержание и состав органического вещества светло-серой лесной почвы в условиях Нижегородской области.

Материал и методы. Исследования проведены в длительном стационарном опыте, заложенном в 1978 г. на опытном поле Нижегородского НИИСХ (ныне филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока). Почва опытного участка светло-серая лесная легкосуглинистая средне-

кислая ($pH_{\text{кел}} 4,3$), слабогумусированная (гумус 1,6 %), высокообеспеченная подвижными формами фосфора (270 мг/кг) и калия (225 мг/кг).

Опыт проводили в 8-польном севообороте по следующей схеме: фактор А – известкование в дозах 0; 1,0; 2,0 г. к.; фактор Б – разные фоны минерального питания: без удобрений – (NPK)0, базовый – (NPK)1, повышенный – (NPK)2, высокий – (NPK)3. Таким образом, опыт включал 12 вариантов, повторность – 4-кратная, расположение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянки 108 м², учетная – 64 м². Чередование культур в пятой ротации севооборота и дозы вносимых удобрений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Схема внесения минеральных удобрений в длительном стационарном опыте / Table 1 – Scheme for applying mineral fertilizers in a long-term stationary experiment

Год / Year	Культура / Crop	Доза минеральных удобрений, кг д.в./га / Dose of mineral fertilizers, kg. a.i./ha			
		контроль (NPK)0 / control (NPK)0	базовая (NPK)1 / base (NPK)1	повышенная (NPK)2 / increased (NPK)2	высокая (NPK)3 / high (NPK)3
2011	Однолетние травы / Annual herbs	БЕЗ УДОБРЕНИЙ / WITHOUT FERTILIZERS	N45P30K45	N90P60K90	N135P90K135
2012-2014	Многолетние бобовые травы (лядвенец 1-3 г.п.) / Perennial leguminous herbs (Lotus corniculatus L. 1-3 y.s.)		P40K60	P80K120	P120K180
2015	Озимая пшеница / Winter wheat		N60P45K45	N120P90K90	N180P135K135
2016	Картофель / Potato		N45P45K60	N90P90K120	N135P135K180
2017	Кукуруза / Corn		N90P60K90	N180P120K180	N270P180K270
2018	Ячмень / Barley		N45P30K45	N90P60K90	N135P90K135
Насыщенность / Saturation			N31,9P41,3K51,9	N63,8P82,5K103,8	N95,6P123,8K155,6

Доломитовая мука внесена один раз при закладке опыта в 1978 году под вспашку. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и хлористого калия в соответствии с приведённой схемой (табл. 1).

Проведение и уход за опытом осуществляли в соответствии с требованиями методики³, обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа с использованием статпакета STATIST. Содержание гумуса в почве определяли по

Тюрину (ГОСТ 26213-91); фракционный состав гумуса – по методу Кононовой и Бельчиковой⁴. Отбор проб почвы для исследований проводили в 2018 году после уборки ячменя.

Результаты и их обсуждение. Рациональное использование удобрений – это важнейший источник сохранения (повышения) плодородия почвы, в том числе и повышения содержания органического вещества. Определение содержания гумуса в светло-серой лесной почве проведено по завершению 5-й ротации севооборота в 2018 году, результаты анализов представлены на рисунке.

³ Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 издание, перераб. и допол. Стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.

⁴ Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. Практикум по почвоведению. М., 2002. С. 53-55.

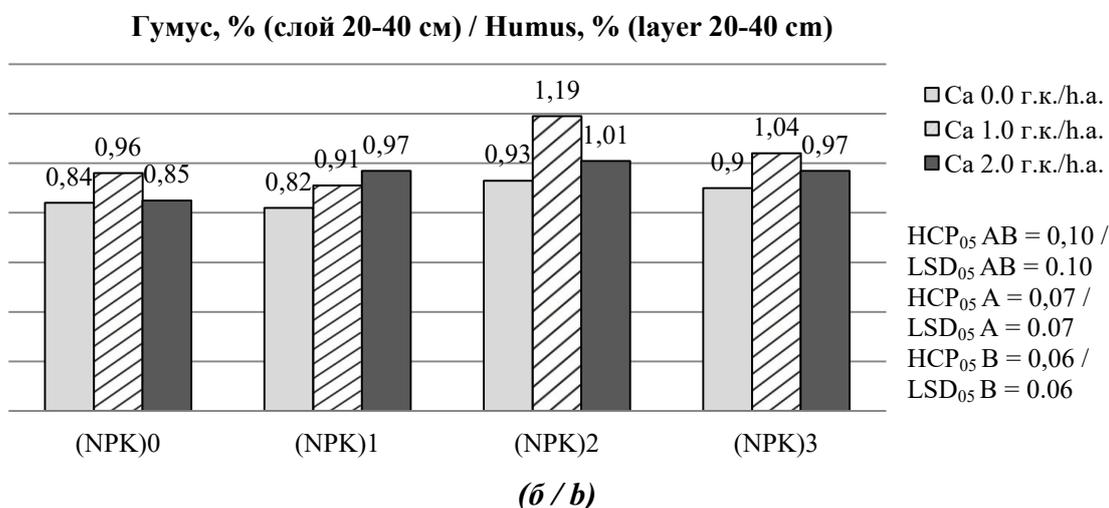
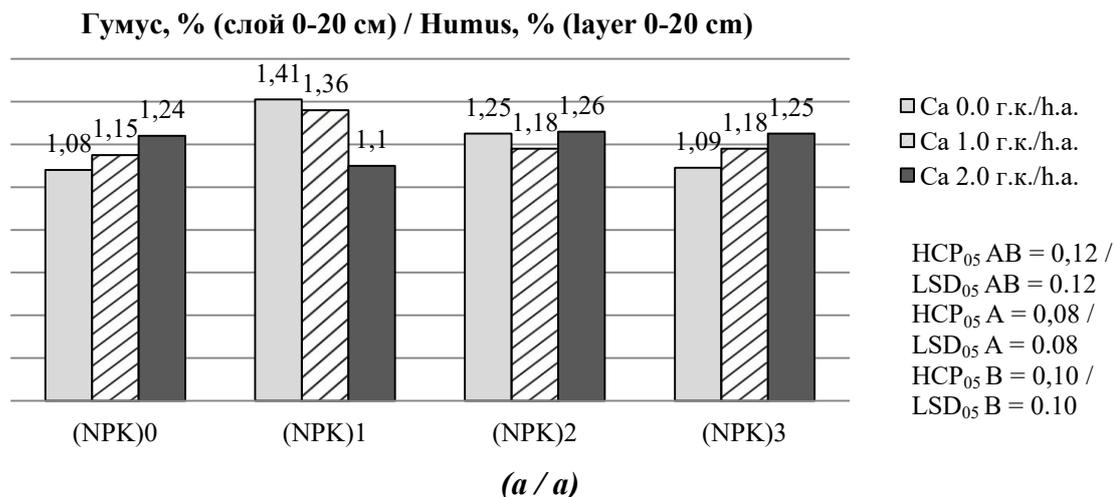


Рис. Содержание общего гумуса (%) в светло-серой лесной почве в слое 0-20 см (а) и слое 20-40 см (б) на различных фонах минеральных удобрений (фактор В) и последействия разных доз известкования (фактор А) /

Fig. The content of total humus (%) in light gray forest soil in a layer of 0-20 cm (a) and a layer of 20-40 cm (b) on different backgrounds of mineral fertilizers (factor B) and the aftereffect of different doses of liming (factor A)

Анализируя полученные данные, можно отметить, что за сорок лет проведения опыта содержание гумуса в почве существенно снизилось по сравнению с исходным (1,60 %), изменяясь по вариантам от 1,08 % (контроль) до 1,41 % (базовая доза) без известкования. При этом, как правило, систематическое применение минеральных удобрений не оказало негативного действия на содержание в пахотном слое почвы органического вещества по сравнению с контролем, что может быть обусловлено более высоким накоплением корневых и пожнивных остатков вследствие роста урожайности опытных культур при улучшении условий минерального питания [15].

Более высокое содержание гумуса в почве пахотного слоя было в вариантах с базовой

(минимальной) и повышенной ((NPK)2) дозами удобрения – соответственно на 0,33 и 0,17 абс.% выше, чем в контроле. Содержание гумуса в неудобренной почве и при внесении высоких ((NPK)3) доз минеральных удобрений было практически равноценным.

Последействие доломитовой муки имело весьма неустойчивый характер, что, в целом, вполне закономерно, учитывая, что с момента проведения известкования прошло 40 лет. Так, на фоне базовой дозы минеральных удобрений наблюдали явное снижение (на 0,05-0,31 абс.%) содержания органического вещества в произвесткованной ранее почве, в контроле (0,07-0,16 абс.%) и при высоких дозах ((NPK)3) (0,09-0,16 абс.%), напротив, выявлено последовательное его

увеличение, а при повышенных дозах минеральных удобрений ((NPK)2) эффект последнего действия доломитовой муки отсутствовал.

В подпахотном слое почвы содержание органического вещества по вариантам опыта изменялось в интервале от 0,82 до 1,19 % и в целом было на 27 отн.% ниже, чем в слое 0-20 см, что соответствует данному подтипу почв.

В отличие от пахотного слоя, относительно более высокое содержание гумуса было в вариантах с повышенной ((NPK)2) дозой удобрения, максимум – 1,19 % – на фоне одинарной дозы доломитовой муки. При этом четкой зависимости изменения анализируемого показателя от дозы внесённых удобрений, либо последствие известкования не выявлено.

Гумусовые вещества – это основная органическая составляющая почвы. Они участвуют в её структурообразовании, накоплении питательных элементов и микроэлементов в доступной для растений форме, регулировании геохимических потоков металлов в водных и почвенных экосистемах. Гумусовые вещества образуются при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды [16], причём внешние факторы оказывают значимое влияние на соотношение разных групп гумусовых веществ в составе гумуса.

Результаты определения состава органического вещества в изучаемой светло-серой лесной почве представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Влияние разных уровней минерального питания растений и длительного последствие известкования на фракционно-групповой состав гумуса в слое 0-20 см (метод Кононовой и Бельчиковой), % /

Table 2 – Effect of different levels of mineral nutrition of plants and long aftereffect of liming on the fractional and group composition of humus in 0-20 cm soil layer (method by Kononova and Belchikova), %

Вариант / Variant	C _{ФК}		C _{ГК}		НО*	C _{ГК} / C _{ФК}
	I**	2**	I**	2**		
	% от C _{общ} / % to C _{total}					
Контроль / Control	25,54	8,63	30,98	9,65	25,2	1,19
Ca 1,0 г. к. / Ca 1,0 h.a.	31,43	5,21	33,57	4,29	25,5	1,03
Ca 2,0 г. к. / Ca 2,0 h.a.	21,62	2,70	32,11	10,47	26,1	1,36
(NPK)1	34,76	1,83	28,05	9,36	26,0	1,02
Ca 1,0 г. к. + (NPK)1	27,46	10,88	19,38	16,38	25,9	0,93
Ca 2,0 г. к. + (NPK)1	25,88	4,46	21,88	18,28	29,5	1,32
(NPK)2	26,67	9,76	19,67	14,00	29,9	0,92
Ca 1,0 г. к. + (NPK)2	27,21	9,01	25,32	10,30	28,2	0,98
Ca 2,0 г. к. + (NPK)2	28,67	7,33	21,33	14,37	28,3	0,99
(NPK)3	30,19	4,73	27,16	9,32	28,6	1,04
Ca 1,0 г. к. + (NPK)3	24,58	9,38	21,31	15,63	29,1	1,09
Ca 2,0 г. к. + (NPK)3	27,00	11,08	19,79	12,03	30,1	0,84

*НО – Негидролизруемый остаток / Non-hydrolyzable residue

**Фракции гуминовых и фульвокислот / Fractions of humic and fulvic acids

Анализируя групповой состав гумуса, отмечаем, что доли отдельных групп в почве пахотного слоя сопоставимы при относительном превосходстве гуминовых кислот, доля которых в среднем по опыту составляет 37,8 %; доля фульвокислот в среднем составляет 34,5 %, а негидролизруемый остаток (гумины) – 27,7 % от общего количества органического углерода. При этом отмечена тенденция к снижению доли гуминовых кислот и

увеличению количества гуминов при повышении доз минеральных удобрений.

Наиболее высокая доля фульвокислот – 38,3 % – выявлена в варианте с базовой дозой минеральных удобрений на фоне последствие одинарной дозы извести, а минимальная – 24,3 % – в варианте без удобрений на фоне Ca 2,0 г. к.; для гуминовых кислот эти цифры составили 42,6 и 31,8 % соответственно в вариантах без удобрений и с тройной дозой удобрений на фоне последствие известкова-

ния 2 г. к.; для негидролизующего остатка – 25,2 % (контроль) и 30,1 % (тройная доза удобрений на фоне Ca 2,0 г. к.). Последствие

известкования в целом оказало неоднозначное влияние на соотношение между анализируемыми группами гумусовых веществ.

Таблица 3 – Влияние разных уровней минерального питания растений и длительного последствие известкования на фракционно-групповой состав гумуса в слое 20-40 см (метод Кононовой и Бельчиковой), % /

Table 3 – Effect of different levels of mineral nutrition of plants and long aftereffect of liming on the fractional and group composition of humus in 20-40 cm soil layer (method by Kononova and Belchikova), %

Вариант / Variant	$C_{ФК}$		$C_{ГК}$		НО*	$C_{ГК}/C_{ФК}$
	1**	2**	1**	2**		
	% от $C_{общ}$ / % to C_{total}					
Контроль / Control	31,15	5,77	28,40	9,62	25,1	1,03
Ca 1,0 г. к. / Ca 1,0 h.a.	26,47	5,92	34,42	7,89	25,3	1,31
Ca 2,0 г. к. / Ca 2,0 h.a.	25,30	9,61	29,22	9,87	26,0	1,12
(NPK)1	24,04	10,89	30,17	7,56	27,3	1,08
Ca 1,0 г. к. + (NPK)1	27,06	9,04	27,11	10,79	26,0	1,05
Ca 2,0 г. к. + (NPK)1	22,41	8,62	31,46	11,21	26,3	1,38
(NPK)2	23,08	7,92	25,62	15,38	28,0	1,32
Ca 1,0 г. к. + (NPK)2	21,88	8,13	31,74	11,25	27,0	1,43
Ca 2,0 г. к. + (NPK)2	27,16	8,11	14,53	22,30	27,9	1,04
(NPK)3	22,18	6,85	23,28	19,59	28,1	1,48
Ca 1,0 г. к. + (NPK)3	24,44	6,67	29,44	10,45	29,0	1,28
Ca 2,0 г. к. + (NPK)3	23,84	6,98	26,26	14,02	28,9	1,31

* НО – Негидролизующий остаток, / Non-hydrolyzable residue

**Фракции гуминовых и фульвокислот / Fractions of humic and fulvic acids

Отмечено, что тип гумуса изменялся от фульватно-гуматного к гуматному. В почве двух вариантов – без внесения удобрений (контроль) и при использовании базовых норм ((NPK)1) с учётом последствие двойной дозы доломитовой муки (Ca 2,0 г. к.), в соответствии с классификацией Л. Н. Александровой⁵, тип гумуса характеризовался как гуматный (отношение гуминовых кислот к фульвокислотам более 1,2), в остальных вариантах – фульватно-гуматный (0,8-1,2).

Анализируя фракционный состав гумусовых кислот, видим, что существенно преобладают первые, наиболее подвижные фракции как гуминовых, так и фульвокислот. Отмечаем, что доля первой фракции гуминовых кислот в целом в 2,1 раза выше доли фракции, связанной с кальцием, а для фульвокислот преимущество первой фракции – в 4 раза. Внесение удобрений в сочетании с последствием доломитовой муки несколько повышало долю второй фракции гуминовых кислот,

оказывая значительно меньшее действие на состав фульвокислот.

Состав органического вещества в почве подпахотного (20-40 см) слоя также достаточно сильно различался по вариантам опыта. Как и в пахотном слое, в составе гумусовых веществ преобладает доля гуминовых кислот, составляющая в среднем по опыту 40,2 %, на долю фульвокислот приходится 32,7 %, а негидролизующий остаток составляет 27,1 % от общего количества органического углерода. Наибольшее количество фульвокислот – 36,9 % – выявлено в контрольном варианте, а минимальное – 29,0 % – в варианте с тройной дозой минеральных удобрений; для гуминовых кислот эти цифры соответственно составили 43,0 и 36,8 % (вариант с повышенной ((NPK)2) дозой удобрений на фоне последствие одинарной и двойной доз доломитовой муки соответственно), а для негидролизующего остатка – 25,1 % (контроль) и 29,0 % (тройная доза удобрений на фоне Ca 1,0 г. к.).

⁵ Донских И. Н., Назарова А. В., Новицкий М. В., Чернов Д. В. К 100-летию со дня рождения Людмилы Николаевны Александровой. Почвоведение, 2009;(1):124-126.

Гумус почвы характеризуется преимущественно как фульватно-гуматный в вариантах без внесения удобрений и при использовании их в базовой (одинарной) дозе, как гуматный – при внесении повышенной (двойная) и высокой (тройная) доз минеральных удобрений. При оценке последствий доломитовой муки на тип гумуса, как и в отношении ранее рассмотренных показателей, определённых закономерностей не выявлено.

Оценивая фракционный состав гумуса, видим, что и подпахотный слой почвы отличается более высоким содержанием подвижных фракций гумусовых кислот. При этом для фульвокислот различия между фракциями более выражены, чем для гуминовых. Причём, если для гуминовых кислот среднее соотношение между фракциями является таким же, как в пахотном слое, то для фульвокислот наблюдается некоторое «сглаживание» различий, преобладание первой фракции составляет не в 4 раза, как в пахотном слое, а в 3,1 раза.

Заключение. Таким образом, можно констатировать, что содержание и состав органического вещества почвы в условиях 8-польного севооборота к завершению пятой ротации существенно изменились.

Содержание гумуса в почве неудобренного варианта в 2018 г. снизилось по отноше-

нию к 1978 году на 0,52 абс. %. Систематическое применение минеральных удобрений обеспечило повышение содержания органического вещества относительно контроля в слое 0-20 см на 0,17-0,33 абс. % с максимумом при использовании базовой (одинарной) дозы и на 0,06-0,09 абс. % в слое 20-40 см с преимуществом средней дозы удобрений.

При анализе качественного состава гумуса установлено, что в целом доли отдельных групп сопоставимы при относительном превосходстве гуминовых кислот – 31,8-42,6 % (слой 0-20 см) и 36,8-43,0 % (слой 20-40 см) с выраженной тенденцией повышения доли негидролизуемого остатка в подпахотном слое (29,0-36,9 % против 25,2-30,1 % в пахотном слое).

В составе гуминовых и фульвокислот преобладает первая фракция, количественно превосходящая фракцию кислот, связанную с кальцием в 2,1 и 4,0 раза соответственно. На фоне внесения удобрений в сочетании с последствием доломитовой муки отмечена тенденция повышения доли второй фракции гуминовых кислот, без изменения состава фульвокислот.

Последствие известки, в целом, имело неустойчивый характер и не зависело от внесённых в 1978 г. доз доломитовой муки.

Список литературы

1. Серая Т. М., Богатырева Е. Н. Гумус – важнейший страж плодородия почв. Минск: НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, 2013. С. 12-18. Режим доступа: <http://www.science.by/upload/uf/481/4818bcbc8e3f08c33f2e0d2affb06b5e.pdf>
2. Ерохова А. А., Макаров М. И., Могунов Е. Г., Рыжова И. М. Изменение состава органического вещества дерново-подзолистых почв в результате естественного восстановления леса на пашне. Почвоведение. 2014; (11):1308-1314. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22403783>
3. Исмагилова Н. Х. Изменение содержания и качества органического вещества в агросерых почвах Нечерноземной зоны в зависимости от антропогенного воздействия. Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2010;(65):13-22. Режим доступа: <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/476>
4. Борисова Е. Е. Влияние предшественника на показатели плодородия светло-серых лесных почв. Вестник НГИЭИ. 2011;(3(4)):80-97. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19071967>
5. Robert E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. Organic Lawn Care. 2015. URL: <https://www.lawnsite.com/threads/the-importance-of-organic-matter-and-soil-health.438700/>
6. Груздева Н. А., Котченко С. Г., Ерёмин Д. И. Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья. Плодородие. 2017; (3(96)):16-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29823041>
7. Vlček V., Štrálková R., Podešvová J., Pokorný E. Changes in the soil organic matter supply in top soil and sub soil caused by cereals grown in crop rotations. Acta Univ. agric. etsilvic. Mendel.Brun. 2007;(55(5)):205-210. DOI: <http://doi.org/10.11118/actaun200755050205>
8. Шаповалова Н. Н., Менькина Е. А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018;(5(73)): 43-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36394582>
9. Жиругов Р. Т. Почва просит помощи. Земледелие. 2014;(6):3-4. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pochva-prosit-pomoschi/viewer>

10. Шаповалова Н. Н., Годунова Е. И. Последствие 30-летнего применения минеральных удобрений на продуктивность чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья. Плодородие. 2019;(1(106)):11-14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37072818>
11. Плотников А. А., Лучник Н. А. Применение средств химизации и динамика почвенного плодородия в Костромской области. Агрохимический вестник. 2015;(3):12-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23687373>
12. Артемьев А. А., Гурьянов А. М. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием дифференцированного применения минеральных удобрений. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(2):144-152. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152>
13. Li W., Chen H., Cao C., Zhao Z., Qiao Y., Du S. Effects of long-term fertilization on organic carbon and nitrogen dynamics in a vertisol in Eastern China. Open Journal of Soil Science. 2018;8(3):99-117. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojss.2018.83008>
14. Корчагин А. А., Мазиров М. А. Влияние систем удобрений на динамику содержания, групповой состав гумуса серых лесных почв и продуктивность севооборотов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014(5):32-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21572982>
15. Комиссарова В. С., Богомолова Ю. А., Сюбаева А. О. Влияние длительного последствия известкования и систематического применения удобрений на кислотность светло-серой лесной почвы. Плодородие. 2018;(2(101)):6-8. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.101.03>
16. Mariaselvam A. A., Dandeniya W. S., Indrarstne S. P., Dharmakeerthi R. S. High C/N materials mixed with cattle manure as organic amendments to improve soil productivity and nutrient availability. Tropical Agricultural Research. 2015;(25(2)):201-213. DOI: <https://doi.org/10.4038/tar.v25i2.8142>

References

1. Seraya T. M., Bogatyreva E. N. *Gumus – vazhnyy strazh plodorodiya pochv*. [Gumus – major guard soil fertility]. Minsk: *NPTs NAN Belarusi po bioresursam*, 2013. pp. 12-18. URL: <http://www.science.by/upload/uf/481/4818bc8e3f08c33f2e0d2affb06b5e.pdf>
2. Erokhova A. A., Makarov M. I., Mogunov E. G., Ryzhova I. M. *Izmenenie sostava organicheskogo veshchestva dernovo-podzolistykh pochv v rezul'tate estestvennogo vosstanovleniya lesa na pashne*. [Effect of the natural reforestation of an arable land on the organic matter composition in soddy-podzolic soils]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2014; (11):1308-1314. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22403783>
3. Ismagilova N. Kh. *Izmenenie sodержaniya i kachestva organicheskogo veshchestva v agroserykh pochvakh Nechernozemnoy zony v zavisimosti ot antropogennogo vozdeystviya*. [Changes in the content and quality of organic matter in agrarian soils of non-chernozem zone depending on anthropogenic impact]. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2010;(65):13-22. (In Russ.). URL: <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/476>
4. Borisova E. E. *Vliyanie predshestvennaya na pokazateli plodorodiya svetlo-serykh lesnykh pochv*. [Impact of the previous plant on the fertility of light grey forest soil]. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGII*. 2011;(3(4)):80-97. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19071967>
5. Robert E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. *Organic Lawn Care*. 2015. URL: <https://www.lawnsite.com/threads/the-importance-of-organic-matter-and-soil-health.438700/>
6. Gruzdeva N. A., Kotchenko S. G., Eremin D. I. *Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agroserykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya*. [Dynamics of humus content and reserve in agrogray forest soils of Northern Trans-Urals]. *Plodородие*. 2017; (3(96)):16-20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29823041>
7. Vlček V., Stráalková R., Podešvová J., Pokorný E. Changes in the soil organic matter supply in top soil and sub soil caused by cereals grown in crop rotations. *Acta Univ. agric. et silvic. Mendel.Brun.* 2007;(55(5)):205-210. DOI: <http://doi.org/10.11118/actaun200755050205>
8. Shapovalova N. N., Men'kina E. A. *Agrokhimicheskoe sostoyanie i biologicheskaya aktivnost' pochvy v posledeystvii dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobreniy*. [Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;(5(73)): 43-46. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36394582>
9. Zhirugov R. T. *Pochva prosit pomoshchi*. [Soil asks for help]. *Zemledelie*. 2014;(6):3-4. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pochva-prosit-pomoschi/viewer>
10. Shapovalova N. N., Godunova E. I. *Posledstvie 30-letnego primeneniya mineral'nykh udobreniy na produktivnost' chernozema obyknovennogo Tsentral'nogo Predkavkaz'ya*. [The aftereffect of 30 years application of mineral fertilizers on the productivity of ordinary chernozem of the Central Ciscaucasus]. *Plodородие*. 2019;(1(106)):11-14. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37072818>
11. Plotnikov A. A., Luchnik N. A. *Primenenie sredstv khimizatsii i dinamika pochvennogo plodorodiya v Kostromskoy oblasti*. [Chemical means application and soil fertility in Kostroma region]. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*. 2015;(3):12-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23687373>

12. Artem'ev A. A., Gur'yanov A. M. *Izmenenie agrokhimicheskikh pokazateley chernozema vyshchelochennogo pod vliyaniem differentsirovannogo primeneniya mineral'nykh udobreniy*. [Changes in agrochemical parameters of leached chernozem under the influence of differentiated use of minerals]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(2):144-152. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.144-152>

13. Li W., Chen H., Cao C., Zhao Z., Qiao Y., Du S. Effects of long-term fertilization on organic carbon and nitrogen dynamics in a vertisol in Eastern China. *Open Journal of Soil Science*. 2018;8(3):99-117. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojss.2018.83008>

14. Korchagin A. A., Mazirov M. A. *Vliyanie sistem udobreniy na dinamiku sodержaniya, gruppovoy sostav gumusa serykh lesnykh pochv i produktivnost' sevooborotov*. [Effect of fertilizers on dynamics of humus content and humus group composition of gray forest soils and on crop rotation efficiency]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2014(5):32-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21572982>

15. Komissarova V. S., Bogomolova Yu. A., Syubaeva A. O. *Vliyanie dlitel'nogo posledeystviya izvestkovaniya i sistematicheskogo primeneniya udobreniy na kislotnost' svetlo-seroy lesnoy pochvy*. [The influence of long after-effect of liming and systematic application of mineral fertilizers on the acidity indicators of light-grey forest soil]. *Plodorodie*. 2018;(2(101)):6-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.101.03>

16. Mariaselvam A. A., Dandeniya W. S., Indrarstne S. P., Dharmakeerthi R. S. High C/N materials mixed with cattle manure as organic amendments to improve soil productivity and nutrient availability. *Tropical Agricultural Research*. 2015;(25(2)):201-213. DOI: <https://doi.org/10.4038/tar.v25i2.8142>

Сведения об авторах

✉ **Кодочилова Наталья Александровна**, кандидат биол. наук, зам. директора по научной работе, ведущий научный сотрудник Нижегородского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с. п. Селекционной Станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0003-1971-2668>, e-mail: korchenkina.natalia@yandex.ru

Бузынина Татьяна Сергеевна, лаборант-исследователь отдела земледелия и кормопроизводства Нижегородского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с. п. Селекционной Станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>, e-mail: Tattiana121@yandex.ru

Варламова Лариса Дмитриевна, доктор с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>, e-mail: larisa.varlamova@list.ru

Катерова Евгения Алексеевна, магистр 2 курса кафедры агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Нижегородская область, Российская Федерация, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-5871-7050>, e-mail: ya.evgesha0507@yandex.ru

Information about the authors

✉ **Natalya A. Kodochilova**, PhD in Biology, deputy director for scientific work, leading researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, the settlement of Breeding station, 38, Kstovo district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0003-1971-2668>, e-mail: korchenkina.natalia@yandex.ru

Tatyana S. Buzynina, research assistant, the Department of Soil Management and Fodder Production, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, the settlement of Breeding station, 38, Kstovo district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>, e-mail: Tattiana121@yandex.ru

Larisa D. Varlamova, DSc in Agricultural Science, professor at the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>, e-mail: larisa.varlamova@list.ru

Evgenia A. Katerova, 2nd year master student, the Department of Agrochemistry and Agroecology, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 603107, e-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru, **ORCID**: <http://orcid.org/0000-0002-5871-7050>, e-mail: ya.evgesha0507@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author