

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

УДК 631.445.24:631.417.2

doi: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.82-86

Фракционно-групповой состав гумуса дерново-подзолистой почвы при различном землепользовании*

Н.Е. Завьялова, Д.С. Фомин, И.С. Тетерлев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, Российская Федерация

В длительном стационарном опыте в условиях Пермского края изучали изменение качества гумуса дерново-подзолистой почвы при длительном воздействии (40 лет) приемов землепользования (бессменный чистый пар, бессменные посевы ячменя и озимой ржи, севообороты с различным насыщением бобовых трав – 0; 28,6 и 42,9%, залежь). Выявлено, что долговременное парование почвы служит причиной убывания общего содержания гуминовых кислот, главным образом наиболее подвижной фракции ГК-1, и аккумуляции фульвокислот ($C_{гк}:C_{фк} = 0,55$). При возделывании культур бессменно и в севообороте происходит повышение содержания гуминовых кислот за счет аккумуляции фракций ГК-1 и ГК-2 и смещения типа образования гумуса от фульватного к гуматно-фульватному при увеличении соотношения $C_{гк}:C_{фк}$ до 0,70..0,79. Использование навоза позволяет обогатить почву фракциями гуминовых кислот как легкоподвижными (ГК-1), так и связанными с кальцием (ГК-2), тем самым повышает «зрелость» гумуса и стойкость к минерализации. Внесение органических и минеральных удобрений под монокультуры и в севооборотах с различной долей бобовых приводит к накоплению гуматов кальция (ГК-2) до 0,14-0,25% к массе почвы. Трансформация пахотной почвы в залежную способствует аккумуляции агрономически ценных фракций гумуса – гуминовых кислот и сокращению фульвокислот, $C_{гк}:C_{фк} = 0,96$.

Ключевые слова: севооборот, бессменный чистый пар, бессменные посевы, залежь, удобрения, органическое вещество, гуминовые кислоты, фульвокислоты

Приоритетным направлением исследований в почвоведении и агрохимии является разработка методов управления режимом органического вещества (ОВ) почв, основанных на регулировании количественных и качественных параметров ОВ и выявлении механизма его трансформации под влиянием антропогенных факторов [1, 2]. В зональном аспекте проведенные исследования [3] позволили получить новые знания об особенностях строения гумусовых веществ, установить различия в их составе в зависимости от приемов землепользования, которые расширяют базу данных по изучаемой проблеме и позволяют разработать критерии антропогенной трансформации органического вещества исследуемых дерново-подзолистых почв, занимающих более 70% пахотных угодий в регионе. Полученные результаты по влиянию различных агротехнологий на направление и механизм трансформации органического вещества пахотных дерново-подзолистых почв послужат основой для решения практических задач региона: предложить

экономически и экологически обоснованные способы (дозы и виды удобрений, тип севооборота) восстановления и улучшения плодородия антропогенно нарушенных сельскохозяйственных угодий; разработать оптимальные характеристики почвенного гумуса при различной интенсификации земледелия, для получения стабильно высоких планируемых урожаев в регионе; научно обосновать возможность использования сельскохозяйственных земель ранее выведенных из оборота.

Цель исследований – изучить влияние различных приемов землепользования на фракционно-групповой состав гумуса дерново-подзолистой почвы Предуралья.

Материал и методы. Исследования проводили в 2015-2017 гг. в длительном стационарном опыте, заложенном в 1977 году, на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой окультуренной почве. Агрохимическая характеристика почвы в слое 0-20 см показана в таблице 1.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №17-45-590166 р-а).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта

Год отбора	$pH_{\text{сол}}$	C, %	S	H ₂	Ho	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г				мг/кг почвы	
1977	4,8	1,10	21,2	4,5	0,019	83	174	158

Приемы землепользования:

1. Чистый пар бессменно.
2. Ячмень бессменно.
3. Оз. рожь бессменно.
4. Севооборот (0% бобовых): ячмень – оз. рожь – яр.пшеница – ячмень – овёс.
5. Севооборот (типичный, 28,6% бобовых): унавоженный чистый пар – озимая рожь – пшеница яровая + клевер – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – ячмень – овес.
6. Севооборот (42,9% бобовых): сидеральный пар (клевер 1 г.п.) – озимая рожь – пшеница яровая + клевер – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – ячмень – овес + клевер
7. Залежь.

Исследования проводили на двух фонах: без удобрений и NPK. Минеральные удобрения вносили во всех вариантах, кроме бессменного чистого пара и залежи.

Повторность опыта 3-кратная, размещение вариантов последовательное, методом расщепленных делянок. Минеральные удобрения под зерновые культуры вносили: азотные и калийные по 60 кг д.в., фосфорные – по 30 кг д.в. на гектар. Удобрения вносили перед посевом под культивацию в форме аммиачной селитры, простого суперфосфата и хлористого калия. Органические удобрения (подстилочный навоз) вносили в типичном севообороте (28,6% бобовых) в паровом поле фоном 42 т/га из расчета 6 т/га пашни севооборота. Агротехника культур в опыте общепринятая для центральной зоны Пермского края. В почвенных образцах, отобранных в конце августа 2017 г. на глубине 0-20 см, определяли фракционно-групповой состав гумуса – по методу Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой.

Результаты и их обсуждение. Анализ группового и фракционного состава играет одну из ключевых ролей при оценке почвенного плодородия, так как позволяет выявить почвенно-генетические специфики образования гумуса [4]. Длительное воздействие изучаемых приемов землепользования оказало существенный эффект на групповой и фракционный состав гумуса изучаемой почвы. Наиболее чувствительными к этим воздействиям

оказались подвижные компоненты гумуса и гумусовые вещества, связанные в почве преимущественно с Ca²⁺. Фракция 1, в которую входят гуминовые и фульвокислоты, экстрагируемые непосредственно 0,1н щелочью, представлена в составе гумуса слабо. В составе легкоподвижных гумусовых веществ доля углерода изменялась от 0,06 до 0,19% от массы почвы (табл. 2). Минимальным содержанием углерода гуминовых кислот 1-й фракции характеризовалась почва бессменного чистого пара и зернового севооборота (0% бобовых) – 0,06-0,09% к массе почвы. Выявлено, что фракция свободных и связанных с подвижными формами полутвердых оксидов гумусовых веществ «пополняется» при переходе от чистого пара к почве севооборотных полей и залежи, вследствие ослабления интенсивности обработки почвы и увеличения запасов органического вещества за счет пожнивных-корневых остатков, органических и минеральных удобрений. При возделывании монокультур ячменя и озимой ржи отмечена тенденция роста углерода подвижных гумусовых веществ.

В типичном севообороте (28,6% бобовых трав) насыщение пашни навозом 6 т/га в год отдельно и по фону NPK привело к увеличению углерода подвижных гуминовых кислот соответственно до 0,16-0,19%. Насыщение севооборота бобовыми культурами до 42,9% не повысило содержание углерода гуминовых кислот 1 фракции. Фракция 2 гумусовых веществ, связанных в основном с Ca²⁺, преобладала в составе гумуса изучаемой почвы, в нее вошло около трети всех гумусовых веществ при преимуществе фульвокислот.

Длительное использование чистого пара привело к дегумификации органического вещества в дерново-подзолистой почве, затронувшей наиболее ценные для плодородия гуминовые кислоты. Полученные результаты подтверждаются исследованиями Б.М. Когут, В.М. Семенова [5]. На фоне относительно высокого содержания общего углерода (0,31%) содержание гуматов кальция в почве бессменного пара составило только 0,09%С.

Таблица 2
Фракционно-групповой состав гумуса пахотного слоя почвы (С, % к массе почвы)

Приемы землепользования	Фракция 1			0,1n H ₂ SO ₄	Фракция 2			Фракция 3			Сумма		С _{гк} ·С _{фк}
	С _{общ}	С _{гк}	С _{фк}		С _{общ}	С _{гк}	С _{фк}	С _{общ}	С _{гк}	С _{фк}	ГК	ФК	
Бессменный чистый пар	0,08	0,06	0,02	0,06	0,31	0,09	0,22	0,31	0,12	0,19	0,27	0,49	0,55
Бессменный ячмень, б/у	0,29	0,12	0,17	0,10	0,48	0,22	0,26	0,52	0,24	0,28	0,58	0,81	0,72
Бессменный ячмень, НРК	0,32	0,14	0,18	0,09	0,41	0,18	0,23	0,57	0,24	0,23	0,56	0,73	0,76
Бессменная рожь, б/у	0,22	0,11	0,11	0,10	0,49	0,23	0,26	0,55	0,22	0,33	0,56	0,80	0,70
Бессменная рожь, НРК	0,23	0,11	0,12	0,12	0,47	0,25	0,22	0,57	0,24	0,33	0,60	0,79	0,76
Севооборот (без бобовых), б/у	0,21	0,09	0,12	0,08	0,38	0,14	0,24	0,48	0,25	0,23	0,48	0,67	0,72
Севооборот (без бобовых), НРК	0,18	0,08	0,10	0,08	0,44	0,20	0,24	0,52	0,23	0,29	0,51	0,71	0,72
Севооборот (28,6% бобовых), навоз	0,34	0,16	0,18	0,11	0,49	0,22	0,27	0,49	0,23	0,26	0,61	0,82	0,76
Севооборот (28,6% бобовых), навоз + НРК	0,39	0,19	0,20	0,09	0,53	0,23	0,30	0,62	0,31	0,31	0,73	0,90	0,78
Севооборот (42,8% бобовых), б/у	0,34	0,17	0,17	0,04	0,32	0,14	0,16	0,48	0,20	0,28	0,51	0,65	0,78
Севооборот (42,8% бобовых), НРК	0,35	0,18	0,17	0,06	0,31	0,14	0,17	0,55	0,24	0,31	0,56	0,71	0,79
Залежь	0,39	0,17	0,22	0,08	0,49	0,31	0,18	0,49	0,23	0,26	0,71	0,74	0,96

Низкое содержание устойчивой к микробиологической деструкции фракции ГК-2 может быть вызвано, прежде всего, минерализацией органического вещества при частой механической обработке почвы и доступе кислорода, отсутствием растительных остатков. В результате внесения минеральных и органических удобрений под культуры севооборотов и монокультуры произошло накопление гуматов кальция до 0,18-0,25% к массе почвы. Перевод пахотной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы в залежь способствовал накоплению в ней гуминовых кислот 2-й фракции до 0,31%.

Фракция гумусовых веществ, прочно связанных с минеральной частью почвы, практически равно представлена гуминовыми и фульвокислотами независимо от вариантов опыта, кроме бессменного чистого пара. Возделывание культур бессменно и в севооборотах слабо повлияло на состав гумусовых веществ третьей фракции. В варианте с бессменным (40 лет) чистым паром количество тесно связанных с минеральной фазой почвы гумусовых кислот было на 35-50% ниже уровня полей севооборотов и бессменных посевов, что свидетельствует о значительных деградационных процессах, протекающих в почве при длительном паровании и отсутствии поступления органического вещества [4].

Опытным путем установлено, что в составе гумуса изучаемой почвы доминируют фульвокислоты. Максимальное их количество выявлено в бессменном пару, где соотношение С_{гк}:С_{фк}, характеризующее глубину гумификации органического вещества, составило 0,55. Тип гумуса фульватный, наиболее устойчивый и характерный для дерново-подзолистых почв [6, 7].

В результате использования органических и минеральных удобрений в севообороте и бессменных посевах произошло расширение соотношения С_{гк} : С_{фк} до 0,70...0,79. Аналогичные результаты получены в работах [8, 9, 10]. Трансформация органического вещества протекала в направлении накопления гуминовых кислот 1-й и 2-й фракций. Тип гумуса характеризовался как гуматно-фульватный. Приостановление влияния человека на почву (залежь) привело к увеличению количества гуминовых кислот, прежде всего, наиболее агрономически ценной фракции ГК-2 и уменьшению фульвокислот. Гумифицированность

органического вещества в залежной почве увеличилась, Сгк : Сфк составило 0,96.

Заключение. Таким образом, длительное парование дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы привело к уменьшению абсолютного содержания гуминовых кислот и накоплению фульвокислот, т.е. были явно выражены процессы деградации органического вещества. При возделывании культур в севообороте или бессменно изменения фракционно-группового состава гумуса происходили за счет увеличения фракций ГК-1 и ГК-2 и сопровождались смещением типа гумусообразования от фульватного к гуматно-фульватному. Перевод пахотной почвы в залежную привел к накоплению агрономически ценных фракций гумуса – гуминовых кислот и уменьшению фульвокислот.

Список литературы

1. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
2. Козлова Л.М., Рубцова Н.Е., Соболева Н.Н. Трансформация органического вещества агро-дерново-подзолистых почв Евро-Северо-Востока // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 6 (49). С. 47-53.
3. Завьялова Н.Е. Гумус и азот дерново-подзолистой почвы различных сельскохозяйствен-
- ных угодий Пермского края // Почвоведение. 2016. №11. С. 1347-1354.
4. Овчинникова М.Ф. Признаки природной устойчивости и агрогенной трансформации гумуса почв // Почвоведение. 2013. №12. С. 1449-1463.
5. Когут Б.М., Семенов В.М. Эволюция доминирующих парадигм в учении о гумусе и почвенном органическом веществе // Агрохимия. 2015. №12. С. 3-19.
6. Никончик П.И. Севооборот и воспроизводство плодородия почвы. Результаты 30-летнего стационарного опыта // Известия ТСХА. Выпуск 3. 2012. С. 88-97.
7. Завьялова Н.Е. Органическое вещество дерново-подзолистых почв Предуралья. Пермь. 2014. 328 с.
8. Дричко В.Ф., Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В., Буре В.М. Скорости изменения кислотно-основных параметров, содержания общего углерода и состава гумуса в дерново-подзолистой песчаной почве при переходе от пашни к лесу при сукцессии железных земель // Агрохимия. 2015. №11. С. 19-29.
9. Титова В.И., Артемьева З.С., Архангельская А.М. Агрогенная трансформация органического вещества светло-серой лесной легкосуглинистой почвы (по исследованиям в длительных опытах) // Известия ТСХА. 2013. Выпуск 3. С. 18-29.
10. Окорков В.В. Влияние длительного применения удобрений на групповой состав органического вещества серых лесных почв ополья // Агрохимия. 2017. №10. С. 3-15.

Сведения об авторах:

Завьялова Нина Егоровна, доктор биол. наук, зав. лабораторией, e-mail: nezavyalova@gmail.com,
Фомин Денис Станиславович, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией,
Тетерлев Игорь Сергеевич, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ленина 13а, г. Пермь, Российская Федерация, 614990
e-mail: pniish@rambler.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 65, no. 4, pp. 82-86.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.82-86

Fractional and group humus composition of the sod-podzolic soils under different land use

N.E. Zavyalova, D.S. Fomin, I.S. Teterlev

Perm Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russian Federation

In a long-term stationary experiment in Perm region the change in the quality of humus in sod-podzolic soil under long-term (40 years) land-use (continuous bare fallow, permanent barley and winter rye, crop rotation with various percent of leguminous grasses – 0; 28.6 and 42.9 % lea) was studied. It was found that the long-term bare fallow causes a decrease in the total content of humic acids, mainly the most mobile fraction of HA-1, and the accumulation of fulvic acids (CHA : CFA = 0.55). When permanently cultivating crops in crop rotation, the content of humic acids increases due to the accumulation of fractions of HA-1 and HA-2 and the displacement of the type of humus formation from fulvate to humate-fulvate, with an increase in the ratio of CHA: CFA to 0.70-0.79. The use of manure makes it possible to fertilize the soil with fractions of humic acids, both easily mobile (HA-1) and calcium-bound (HA-2), thereby increasing the "maturity" of humus and resistance to mineralization. The introduction of or-

ganic and mineral fertilizers under monocultures and in crop rotations with a different proportion of legumes leads to the accumulation of calcium humates (HA-2) to 0.14-0.25 % of the soil mass. Transformation of arable soil into the fallow soil promotes the accumulation of valuable for agriculture fractions of humus - humic acids and reduction of fulvic acids, CHA: CFA = 0.96.

Key words: crop rotation, continuous bare fallow, permanent crops, lea, fertilizers

References

1. Semenov V.M., Kogut B.M. *Pochvennoe organicheskoe veshchestvo*. [Soil organic matter]. Moscow: GEOS, 2015. 233 p.
2. Kozlova L.M., Rubtsova N.E., Soboleva N.N. *Transformatsiya organicheskogo veshchestva agrodernovo-podzolistykh pochv Evro-Severo-Vostoka*. [Transformation of the organic matter of agricultural sod-podzolic soils of the European North-East]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015. no. 6 (49). pp. 47-53.
3. Zavyalova N.E. *Gumus i azot dernovo-podzolistoy pochvy razlichnykh sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Permskogo kraya*. [Humus and nitrogen of sod-podzolic soils of various agricultural lands of Perm region]. *Pochvovedenie*. 2016. no.11. pp. 1347-1354.
4. Ovchinnikova M.F. *Priznaki prirodnoy ustoychivosti i agrogennoy transformatsii gumusa pochv*. [Signs of natural stability and agrogenic transformation of soil humus]. *Pochvovedenie*. 2013. no. 12. pp. 1449-1463.
5. Kogut B.M., Semenov V.M. *Evolutsiya dominiruyushchikh paradigmat v uchenii o gumuse i pochvennom organicheskom veshchestve*. [Evolution of dominant paradigms in the study of humus and soil organic matter]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 12. pp. 3-19.
6. Nikonchik P.I. *Sevooborot i vosпроизводство plodorodiya pochvy. Rezul'taty 30-letnego statsionarnogo opyta*. [Crop rotation and reproduction of soil fertility. The results of a 30-year stationary experiment]. *Izvestiya TSKhA*. 2012. Iss. 3. pp. 88-97.
7. Zavyalova N.E. *Organicheskoe veshchestvo dernovo-podzolistykh pochv Predural'ya*. [Organic matter of sod-podzolic soils of the Pre-Urals]. Perm'. 2014. 328 p.
8. Drichko V.F., Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., Chernov D.V., Bure V.M. *Skorosti izmeneniya kislотно-основных параметров, содержания общего углерода и состава гумуса в дранно-подзолитой песчаной почве при переходе от пашни к лесу при сукцессии железных земель*. [The rates of change in acid-base parameters, the content of total carbon and the composition of humus in sod-podzolic sandy soil during the transition from arable land to forest during the succession of green lands]. *Agrokhimiya*. 2015. no. 11. pp. 19-29.
9. Titova V.I., Artemieva Z.S., Arkhangel'skaya A.M. *Agrogennaya transformatsiya organicheskogo veshchestva svetlo-seroy lesnoy legkosuglinistoy pochvy (po issledovaniyam v dlitel'nykh opytakh)*. [Agrogenic transformation of organic matter of light-gray forest light loamy soil (according to studies in long-term experiments)]. *Izvestiya TSKhA*. 2013. Iss. 3. pp. 18-29.
10. Okorkov V.V. *Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na gruppovoy sostav organicheskogo veshchestva serykh lesnykh pochv opol'ya*. [The effect of long-term application of fertilizers on the group composition of organic matter in gray forest soils of opolye]. *Agrokhimiya*. 2017. no.10. pp. 3-15.

Information about the authors:

N.E. Zavyalova, DSc in Biology, Head of the Laboratory, e-mail: nezavyalova@gmail.com,
D.S. Fomin, PhD in Agriculture, Head of the Laboratory,
I.S. Teterlev, research officer

Perm Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 13a, Lenin St., Perm,
Russian Federation, 614990, e-mail: pniish@rambler.ru