

Оригинальная статья / Original article
УДК 631.46:631.445.4
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-108-118

Влияние биопрепаратов на разложение растительных остатков сельскохозяйственных культур в черноземе типичном

Нина П. Масютенко, Татьяна И. Панкова, Алексей В. Кузнецов,
Максим Н. Масютенко, Галина М. Брескина, Наталия А. Чуян
Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Контактное лицо

Нина П. Масютенко, лаборатория агропочвоведения ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 706.
Тел. +79510894090
Email 19861217@mail.ru; yninp@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8348-0609>

Формат цитирования

Масютенко Н.П., Панкова Т.И., Кузнецов А.В., Масютенко М.Н., Брескина Г.М., Чуян Н.А. Влияние биопрепаратов на разложение растительных остатков сельскохозяйственных культур в черноземе типичном // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 2. С. 108-118. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-108-118

Получена 10 апреля 2020 г.
Прошла рецензирование 12 июля 2020 г.
Принята 21 сентября 2020 г.

Резюме

Цель. Выявить влияние биопрепаратов на разложение растительных остатков сельскохозяйственных культур и состав подвижных гумусовых веществ в черноземе типичном слабоэродированном.

Материалы и методы. Исследования проведены в полевом опыте Курского ФАНЦ в звеньях зернового и зернопропашного севооборотов на вариантах с обработкой побочной продукции биопрепаратами, биопрепаратами + азотные минеральные удобрения; азотными минеральными удобрениями и без обработки. Для изучения разложения было определено содержание негумифицированного органического вещества в пахотном слое почвы методом монолитов после внесения в почву побочной продукции и через 30-45 дней после разложения. Одновременно был определен общепринятым методом состав подвижных гумусовых веществ в почве.

Результаты. Впервые изучено разложение обработанной биопрепаратами или азотными минеральными удобрениями побочной продукции и смешанных с ней в почве пожнивных-корневых остатков. Показаны особенности влияния изучаемых факторов на степень разложения растительных остатков и состав подвижных гумусовых веществ в почве.

Заключение. Выявлено, что обработка побочной продукции ячменя, гречихи, подсолнечника биопрепаратами, как с азотными удобрениями, так и без них, способствовала увеличению степени разложения растительных остатков по сравнению с контролем и внесением минеральных азотных удобрений. В благоприятные по гидротермическим условиям годы под влиянием биопрепаратов отмечается улучшение качества подвижных гумусовых веществ почвы, а в экстремальные – тенденция к их улучшению.

Ключевые слова

Растительные остатки, биопрепараты, разложение, чернозем типичный слабоэродированный, сельскохозяйственные культуры, качество подвижных гумусовых веществ.

Effect of biopreparations on the decomposition of plant residues of crops in typical chernozem

Nina P. Masyutenko, Tatiana I. Pankova, Alexei V. Kuznetsov,
Maxim N. Masyutenko, Galina M. Breskina and Natalia A. Chuyan

Kursk Federal Agricultural Research Center, Kursk, Russia

Principal contact

Nina P. Masyutenko, Laboratory of Agricultural Soil Science, Kursk Federal Agricultural Research Centre; 70b Karl Marx St, Kursk, Russia 305021. Tel. +79510894090
Email 19861217@mail.ru; vninp@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-9991-8348-0609>

How to cite this article

Masyutenko N.P., Pankova T.I., Kuznetsov A.V., Masyutenko M.N., Breskina G.M., Chuyan N.A. Effect of biopreparations on the decomposition of plant residues of crops in typical chernozem. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 2, pp. 108-118. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-108-118

Received 10 April 2020

Revised 12 July 2020

Accepted 21 September 2020

Abstract

Aim. To identify the effect of biological preparations applied with or without nitrogen fertilizers for crop by-product, their incorporation into the soil on the decomposition of plant residues and composition of mobile humus substances in typical slightly eroded chernozem.

Materials and Methods. The study was carried out in the field experimental station of Kursk FARC in the cycles of cereal and cereal-row crop rotations in variants with by-product treated with biopreparations; with applied biopreparations + nitrogen fertilizers; with applied nitrogen fertilizers and without biopreparations. To study decomposition the content of unhumified organic matter was determined in the topsoil by the monolith method after by-product incorporation into the soil and 30-45 days after their decomposition. Simultaneously the composition of mobile humus substances in the soil was determined.

Results. The decomposition of crop by-product and after harvesting and root residues mixed with it in the soil and treated with biopreparations or nitrogen mineral fertilizers was studied for the first time. The peculiarities of the effect of the factors studied on the degree of plant residue decomposition and the composition of mobile humus substances were shown.

Conclusion. It was determined that treating the by-product of barley, buckwheat and sunflower with bioproducts, both with applied nitrogen fertilizers and without them, contributed to the increase in the degree of plant residue decomposition as compared with the control and nitrogen mineral fertilizer application. In the years which are favourable according to hydrothermal conditions the improved quality of mobile humus substances of the soil influenced by biopreparations are noted and under extreme conditions the tendency to the improvement of their quality is observed.

Key Words

Plant residues, biopreparations, decomposition, typical slightly eroded chernozem, crops, quality of mobile humus substances.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из важнейших вызовов современности является снижение содержания в почве гумуса и ухудшение его качества [1; 2]. Почвенное органическое вещество играет ведущую роль в формировании почвенного плодородия, продуктивности земель, создании агроэкологических условий для роста и развития растений и жизнедеятельности микроорганизмов, снижении отрицательных последствий антропогенного воздействия на почву, повышении её здоровья и устойчивости земледелия при неблагоприятных климатических условиях.

Современные интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, сочетающие в себе многократную за сезон механическую обработку почвы, частое использование пестицидов, высоких доз минеральных удобрений, приводят к увеличению минерализации гумусовых веществ.

Воспроизводство органического вещества в почве неразрывно связано с поступлением в почву органического вещества, с уровнем его минерализации и гумификации. Однако в последнее время наблюдается дефицит органических удобрений (подстилочного навоза) в Российской Федерации из-за снижения количества крупного рогатого скота и с изменением системы его содержания. Количество органического вещества, которое можно внести в почву, сокращается. В этих условиях актуально увеличение поступления растительных остатков в почву за счет внесения побочной продукции, а также разработка вопросов, связанных с активизацией процессов их разложения и гумификации. Эту функцию могут выполнять микробиологические препараты [3-6]. Установлено, что применение биопрепаратов ускоряет процессы минерализации и гумификации соломы в почве. Однако работ по этой проблеме пока немного [7-11], и они посвящены исследованию влияния биопрепаратов на разложение побочной продукции сельскохозяйственных культур в основном в лабораторных экспериментах или в поле только соломы, помещенной в специальных контейнерах.

Для разработки путей управления процессами разложения поступающего и находящегося в почве растительного материала необходимо изучение разложения не только побочной продукции, но и смешанных с ней в почве пожнивно-корневых остатков.

Следовательно, вопросы, связанные с изучением влияния биопрепаратов на разложение растительных остатков *in situ* и состав подвижных гумусовых веществ в черноземных почвах, еще практически не изучены, но перспективны, инновационны и актуальны.

Цель данной работы – выявление влияния биопрепаратов на разложение растительных остатков (побочной продукции и пожнивно-корневых остатков) сельскохозяйственных культур и состав подвижных гумусовых веществ в черноземе типичном слабоэродированном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение влияния биопрепаратов на разложение растительных остатков (побочной продукции и пожнивно-корневых остатков) и состав подвижных гумусовых веществ проводили в черноземе типичном слабоэродированном тяжелосуглинистом в стационарном полевом опыте Курского ФАНЦ (Курская

область, Медвенский район, с. Панино) на двух полях с зерновым и зернопропашным севооборотами в 2018-2019 годах.

Схема опыта включала следующие варианты: 1. контроль – измельченная побочная продукция; 2. измельченная побочная продукция + N_{10} кг д.в. на 1 т продукции; 3. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га); 4. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) + N_{10} кг д.в. на 1 т продукции.

Опыт заложен в соответствии с общепринятыми методиками [12] в трехкратной повторности на каждом из двух полей. Размещение вариантов систематическое. Общая площадь делянки составляла 600 м² (12х50), учетная – 480 м². Исследования проводили в двух звеньях севооборотов: зерновом севообороте (поле 1) «яровой ячмень Суздалец – гречиха Деметра» и зернопропашном севообороте (поле 2) «подсолнечник масличный Имерия КС – яровой ячмень Суздалец». Предшественником была озимая пшеница. Технологии возделывания культур являются общепринятыми в регионе. Заделку измельченных растительных остатков на всех вариантах опыта проводили дисковыми боронами на глубину 10-12 см.

В качестве удобрений использовали аммиачную селитру, в качестве биопрепаратов – грибофит и имуназот. Грибофит – это биологический препарат, содержащий споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны), экологически безопасный биофунгицид, ростостимулятор. Имуназот – это биологический препарат, содержащий ризосферные бактерии *Pseudomonas*, биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор контактного и системного действия.

Почва – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый малогумусный на лессовидном карбонатном суглинке. В пахотном слое почвы поля 1 содержится: гумуса 5,08±0,02%; подвижного фосфора – 118-120 мг/кг почвы; обменного калия – 100-112 мг/кг почвы; обменного кальция – 22,0-23,3 мг-экв/100г почвы, реакция среды нейтральная или близкая к нейтральной, рН_{NH2O} – 6,2-6,3. В пахотном слое почвы поля 2 содержится: гумуса 4,70-4,99%; подвижного фосфора – 88-96 мг/кг почвы; обменного калия – 97-103 мг/кг почвы; обменного кальция – 22,8-23,3 мг-экв/100г почвы, реакция среды нейтральная или близкая к нейтральной, рН_{NH2O} – 6,4-6,5. Влажность завядания почвы (ВЗ) – 12%.

Впервые в данной работе изучено разложение не только обработанной биопрепаратами или минеральными удобрениями побочной продукции (соломы или стеблей подсолнечника), но и смешанных с ней в почве пожнивно-корневых остатков так, как это происходит на полях в производстве. Для этого после уборки урожая сельскохозяйственной культуры и внесения в почву 2 т/га побочной продукции, а также после их разложения через 30-45 дней на каждой делянке опыта определяли в почве содержание негумифицированного органического вещества (соломы зерновых или стеблей подсолнечника и пожнивно-корневых остатков) в монолитах, отобранных бурами объемом 500 см³, в трехкратной повторности в слоях 0-10 см и 10-20 см на всех вариантах с

последующей отмывкой на ситах [13]. Влажность почвы определяли общеизвестным весовым методом.

Для определения качества подвижных гумусовых веществ в почве в полевом опыте с биопрепаратами по вариантам опыта в те же сроки отбирали смешанные образцы почвы в слоях 0-10, 10-20 см по диагонали делянки из 5 точек буром. Содержание и состав подвижных гумусовых веществ определяли в 0.1н вытяжке NaOH из почвы без декальцирования в модификации Почвенного института им. В.В. Докучаева [13] с предварительным компостированием (ВНИИЗиЗПЭ).

Экспериментальные данные обработаны методами математической статистики [12] с использованием программных средств Microsoft office EXCEL, STATISTIKA.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованиями установлена низкая степень разложения побочной продукции и пожнивно-корневых остатков (СР) ячменя и подсолнечника (3,4-7,0%) в августе – сентябре 2018 года в черноземе типичном слабоэродированном, особенно на контроле (табл. 1). Причем, в слое почвы 10-20 см она была в 1,5-1,8 раза больше, чем в слое 0-10 см. Низкая степень разложения растительного материала связана с низкой влажностью почвы. В слое почвы 0-10 см средняя влажность за период наблюдений изменялась от 13,6 до 16,2%, что только на 1,6-4,2 абс.% больше влаги завядания, а в слое 10-20 см – на 2,9-4,9 абс.% выше (табл. 2).

Таблица 1. Степень разложения побочной продукции и пожнивно-корневых остатков в черноземе типичном слабоэродированном в 2018 году

Table 1. The degree of decomposition of by-product, afterharvesting and root residues in typical slightly eroded chernozem in 2018

Вариант опыта Variant of the experiment	Глубина, см Depth, cm	Количество пожнивно-корневых остатков и внесенной побочной продукции в почву, т/га Amount of after harvesting and root residues and incorporated by-product in the soil, t/ha	Количество пожнивно-корневых остатков и внесенной побочной продукции в почву после разложения, т/га Amount of after harvesting and root residues and incorporated by-product in the soil after decomposition, t/ha	Степень разложения, % Decomposition degree, %
Ячмень / Barley				
1	0-10	3,31±0,19	3,16±0,21	4,8±0,9
	10-20	1,15±0,15	1,07±0,13	7,2±1,0
	0-20	4,46±0,32	4,23±0,32	5,4±0,8
2	0-10	3,11±0,22	2,97±0,22	4,7±0,2
	10-20	2,03±0,12	1,67±0,12	17,7±0,8
	0-20	5,14±0,34	4,64±0,34	9,8±0,3
3	0-10	2,72±0,23	2,26±0,23	16,8±1,0
	10-20	2,44±0,08	2,01±0,08	17,7±2,1
	0-20	5,16±0,30	4,27±0,30	17,2±1,4
4	0-10	2,77±0,16	2,30±0,16	16,9±1,7
	10-20	2,45±0,18	2,00±0,18	18,4±0,8
	0-20	5,22±0,33	4,30±0,33	17,6±0,8
Подсолнечник / Sunflower				
1	0-10	6,47±0,18	6,25±0,18	3,3±0,9
	10-20	2,33±0,23	2,19±0,18	6,0±1,4
	0-20	8,80±0,40	8,44±0,35	4,0±0,5
2	0-10	11,57±0,55	9,79±0,18	15,4±2,2
	10-20	2,88±0,20	2,62±0,15	9,0±1,4
	0-20	14,45±0,72	12,41±0,32	14,1±1,6
3	0-10	6,34±0,19	4,95±0,16	21,9±2,6
	10-20	3,27±0,20	3,15±0,15	3,7±0,3
	0-20	9,61±0,38	8,10±0,28	15,7±1,8
4	0-10	6,40±0,27	4,91±0,20	23,3±1,7
	10-20	3,26±0,22	3,18±0,19	2,5±0,8
	0-20	9,66±0,48	8,09±0,39	16,3±1,4

Примечание: Варианты опыта: 1. контроль – измельченная побочная продукция; 2. измельченная побочная продукция + N₁₀ кг д.в. на 1 т продукции; 3. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га); 4. обработка измельченной побочной продукции биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) + N₁₀ кг д.в. на 1 т продукции. ± – стандартное отклонение

Note: Variants of the experiment: 1. Control – crushed by-product; 2. Crushed by-product + N₁₀, kg of PPN per 1 t of product; 3. Treatment of crushed by-product with biopreparations (Gribophyt 5 l/ha + Imunazot 3 l/ha) + N₁₀, kg of PPN per 1 t of product. ± is the standard deviation.

Как отмечает R.G. Burns [14], степень и скорость разложения растительных остатков зависит от исходной прочности биомолекул, из которых состоят растительные ткани, а также от факторов окружающей среды, которые контролируют ферментредуцирующую активность почвенного микробиома. Солома зерновых,

имея в своём составе высокое содержание лигнина, целлюлозы и низкое – азота, отличается низкой скоростью разложения.

На варианте 2, где солома ячменя вносилась вместе с минеральным азотом, степень разложения была такой же, как и на контроле, но в слое 10-20 см в

3,4 раза больше. Это, вероятно, связано с тем, что в этом слое сформировались благоприятные условия для разложения. Внесенный минеральный азот способствовал усилению процессов разложения в слое

почвы 10-20 см при средней влажности, превышающей величину влаги завядания на 4,6 абс.%, а температура почвы была ниже, чем в слое 0-10 см.

Таблица 2. Влажность чернозема типичного слабоэродированного (%) в 2018 году

Table 2. Humidity of typical slightly eroded chernozem (%) in 2018

Вариант опыта Experiment variant	Глубина, см Depth, cm	Даты отбора почвенных образцов / Soil sampling dates				Среднее Average
		04.08	22.08	10.09	01.10	
Ячмень / Barley						
1	0-10	11,1*±0,4	16,4±0,6	11,9*±0,6	15,0±0,4	13,6±2,5
	10-20	12,5±0,5	17,3±0,7	12,4±0,4	18,5±0,3	15,2±3,2
	0-20	11,8*±0,4	16,9±0,6	12,2±0,5	16,8±0,3	14,4±2,8
2	0-10	11,8*±0,3	16,7±0,6	13,1±1,0	22,3±0,2	16,0±4,7
	10-20	13,9±0,3	15,9±0,4	13,0±0,4	23,5±0,1	16,6±4,8
	0-20	12,9±0,3	16,3±0,4	13,1±0,7	22,9±0,1	16,3±4,7
3	0-10	12,3±0,2	16,2±0,4	13,2±0,2	22,9±0,4	16,2±4,8
	10-20	14,8±0,3	16,4±0,5	12,2±0,4	24,0±0,3	16,9±5,1
	0-20	13,6±0,3	16,3±0,5	12,7±0,3	23,5±0,2	16,5±4,9
4	0-10	11,4*±0,2	16,3±0,3	13,1±0,2	22,8±0,2	15,9±5,0
	10-20	14,6±0,3	16,4±0,4	12,5±0,3	22,9±0,3	16,6±4,5
	0-20	13,0±0,3	16,4±0,4	12,8±0,2	22,9±0,2	16,3±4,7
Подсолнечник / Sunflower						
1	0-10	9,9*±0,2	16,3±0,6	13,8±1,0	20,4±0,5	15,1±4,4
	10-20	14,0±0,4	17,5±0,9	12,8±0,3	20,5±0,5	16,2±3,5
	0-20	12,0±0,3	16,9±0,7	13,3±0,7	20,5±0,4	15,7±3,8
2	0-10	14,7±0,4	16,4±0,3	12,4±0,3	20,8±0,3	16,1±3,6
	10-20	13,0±0,3	15,8±0,8	13,0±0,3	20,2±0,5	15,5±3,4
	0-20	13,9±0,4	16,1±0,5	12,7±0,3	20,5±0,3	15,8±3,4
3	0-10	14,8±0,5	16,1±0,6	12,2±0,1	20,8±0,1	16,0±3,6
	10-20	11,6*±0,2	17,1±0,4	12,0±0,1	18,9±0,3	14,9±3,7
	0-20	13,2±0,5	16,6±0,5	12,1±0,1	19,9±0,2	15,4±3,5
4	0-10	14,9±0,5	16,2±0,5	12,1±0,2	20,7±0,2	16,0±3,6
	10-20	13,1±0,3	16,1±0,4	12,2±0,1	19,0±0,3	15,1±3,1
	0-20	14,0±0,4	16,2±0,5	12,2±0,2	19,8±0,2	15,6±3,3

Примечание: Обозначения вариантов опыта такие же, как в таблице 1; *ниже влаги завядания; ± – стандартное отклонение
 Note: Designations of the variants of the experiment are similar to those in Table 1; *lower than wilting moisture; ± is the standard deviation

Обработка побочной продукции ячменя биопрепаратами, как с азотными удобрениями, так и без них, способствовала увеличению степени их разложения в слое 0-10 см по сравнению с контролем в 3,7 раза, а в слое 10-20 см – в 2,5 и 2,6 раза. По сравнению с вариантом 2, где солома вносилась с азотными минеральными удобрениями, внесение биопрепаратов обеспечило возрастание СР только в слое 0-10 см в 3,7 раза, а в слое 10-20 см разница была незначительной. При этом влажность почвы различалась незначительно.

Степень разложения стеблей и растительных остатков подсолнечника также зависела от внесения с ними азотных минеральных удобрений и биопрепаратов, а также и от влажности почвы.

Установлено, что после уборки подсолнечника влажность почвы (кроме контроля) была несколько выше в слое почвы 0-10 см, чем в слое 10-20 см, соответственно, и степень разложения на этих вариантах была больше в слое почвы 0-10 см. На варианте 2, где стебли подсолнечника заделывались в почву с азотными минеральными удобрениями, СР была в слое 0-10 см в 4,5 раза больше, чем на контроле, а в слое 10-20 см – только в 1,5 раза.

Обработка стеблей подсолнечника биопрепаратами, как с азотными удобрениями, так и без них способствовала увеличению степени их разложения в слое 0-10 см в 6,4-6,8 раз, чем на

контроле. В слое 10-20 см на этих вариантах их степень разложения была низкой, так как средняя влажность почвы была ниже, чем на контроле на 1,1-1,3 абс.%, т.е. была близка к влаге завядания.

Следовательно, обработка побочной продукции ячменя биопрепаратами, как с азотными удобрениями, так и без них, больше проявилась в слоях 0-10 и 10-20 см, а стеблей подсолнечника – только в слое 0-10 см. Это вероятно связано с особенностями развития культуры, её агротехники.

Выявлена закономерность возрастания степени разложения растительного материала в пахотном 0-20 см слое почвы на вариантах опыта при совместном внесении побочной продукции с азотными минеральными удобрениями и биопрепаратами по сравнению с контролем, где побочную продукцию вносили без всяких добавок.

Так, при внесении соломы ячменя с азотными минеральными удобрениями СР увеличилась в 1,9 раз, с биопрепаратами – в 3,3 раза, с биопрепаратами и азотными минеральными удобрениями – в 3,4 раза, чем на контроле. При этом средняя влажность пахотного слоя почвы на контроле была выше влаги завядания на контроле на 2,4%, на варианте с азотными минеральными удобрениями – на 4,3%, на вариантах с биопрепаратами, соответственно, – на 4,5% и 4,3%. Следовательно, степень разложения соломы и растительных остатков ячменя в пахотном слое 0-20 см

зависит как от внесения азотных минеральных удобрений или биопрепаратов, так и от влажности почвы.

Выявлено увеличение степени разложения стеблей и растительных остатков подсолнечника в слое почвы 0-20 см при внесении азотных минеральных удобрений в 3,4 раза, при внесении биопрепаратов – в 3,8 раза, при внесении биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями – в 4,0 раза по сравнению с контролем. Средняя влажность пахотного слоя почвы на вариантах опыта была низкой и изменялась в пределах 15,4-15,8%, что только на 3,4-3,8% выше влаги завядания. Таким образом, на степень разложения стеблей и растительных остатков подсолнечника в пахотном слое важную роль оказало влияние внесение биопрепаратов и азотных минеральных удобрений.

Следует отметить, что в августе и сентябре 2018 года, когда проходило разложение растительного материала, средняя температура воздуха была выше нормы на 3,0-3,9°C и выпало рекордно низкое количество осадков: в августе – 3 мм (6% от нормы), в

сентябре – 35 мм (52% от нормы); средняя влажность почвы была низкой и превышала влагу завядания на 1,6-4,9 абс.%, а в некоторые периоды была и ниже её. Установлено наличие прямой средней корреляционной зависимости между степенью разложения растительного материала и средней влажностью почвы близкой к влаге завядания, коэффициент корреляции равен 0,6.

Иные погодные условия отмечены в августе-октябре 2019 года (табл. 3). Средняя температура воздуха в августе была только на 0,7°C выше нормы, а в сентябре и октябре, соответственно, ниже нормы на 0,4°C и 1,1°C. Осадков выпало за соответствующий период на 55 мм больше, чем в 2018 году. При этом средние значения влажности в почве с растительным материалом ячменя в 2019 году (табл. 4) в слое 0-10 см колебались от 19,8% до 20,2%, что выше влаги завядания на 7,8-8,2 абс.%, а в слое 10-20 см – от 14,8 до 22,2% с превышением влаги завядания на 2,8-10,8 абс.%.

Таблица 3. Влажность чернозема типичного слабоэродированного (%) в 2019 году

Table 3. Humidity of typical slightly eroded chernozem (%) in 2019

Table 3. Fertility of typical highly eroded steppe soil (%) in 2015						
Вариант опыта Experiment variant	Глубина, см Depth, cm	Даты отбора почвенных образцов / Soil sampling dates				Среднее Average
		05.08	26.08	10.09	15.10	
Ячмень / Barley						
1	0-10	20,8±0,6	20,4±0,6	16,2±0,6	25,2±0,5	20,7±3,7
	10-20	19,3±0,5	24,5±0,7	17,4±0,5	27,7±1,1	22,2±4,7
	0-20	20,1±0,5	22,5±0,6	16,8±0,6	26,5±0,6	21,4±4,1
2	0-10	18,8±0,5	18,7±0,6	17,7±0,5	23,9±0,9	19,8±2,8
	10-20	16,8±0,7	18,9±0,5	15,8±0,4	28,9±0,7	20,1±6,0
	0-20	17,8±0,6	18,8±0,5	16,8±0,5	26,4±0,7	19,9±4,4
3	0-10	20,2±0,7	19,3±0,5	17,2±0,4	24,2±0,7	20,2±2,9
	10-20	15,3±0,5	18,3±0,4	16,9±0,4	28,2±0,9	19,7±5,8
	0-20	17,8±0,5	18,8±0,4	17,1±0,4	26,2±0,8	20,0±4,2
4	0-10	15,6±0,4	23,2±0,7	18,3±0,6	25,7±0,2	20,7±4,6
	10-20	18,3±0,5	22,0±0,6	18,4±0,5	27,5±1,1	21,6±4,3
	0-20	17,0±0,5	22,6±0,6	18,4±0,5	26,6±0,7	21,1±4,3
Гречиха / Buckwheat						
1	0-10	12,9±0,2	20,5±0,6	16,5±0,4	24,1±1,6	18,5±4,9
	10-20	13,6±0,3	24,4±0,7	17,8±0,5	25,8±0,4	20,4±5,7
	0-20	13,3±0,2	22,5±0,6	17,2±0,4	25,0±0,9	19,5±5,3
2	0-10	11,0*±0,3	18,4±0,5	16,7±0,4	25,4±1,0	17,9±4,6
	10-20	10,3*±0,4	18,7±0,4	15,6±0,3	27,3±0,4	18,0±6,1
	0-20	10,7*±0,3	18,6±0,4	16,2±0,3	26,4±1,6	17,9±5,3
3	0-10	8,0*±0,2	19,5±0,5	17,4±0,7	23,1±1,5	17,0±2,9
	10-20	9,4*±0,3	17,4±0,4	15,9±0,5	26,8±1,4	17,4±5,9
	0-20	8,7*±0,2	18,5±0,4	16,7±0,5	25,0±0,6	17,2±4,4
4	0-10	11,4*±0,4	23,5±0,5	18,4±0,5	24,4±0,6	19,4±3,2
	10-20	10,6*±0,3	20,3±0,6	17,9±0,4	27,7±0,8	19,1±5,1
	0-20	11,0*±0,3	21,9±0,4	18,2±0,4	26,1±0,7	19,3±4,0

Примечание: Обозначения вариантов опыта такие же, как в таблице 1; *ниже влаги завядания; ± – стандартное отклонение
Note: Designations of the variants of the experiment are similar to those in Table 1; *lower than wilting moisture; ± is the standard deviation

В связи с этим, и степень разложения побочной продукции и пожнивно-корневых остатков в 2019 году была выше, чем в 2018 году и колебалась в слое 0-10 см от 50,7% до 67,1%, а в слое 10-20 см – от 27,0% до 63,7% (табл. 4). В большинстве случаев степень разложения растительного материала в слое 0-10 см была больше, чем в слое 10-20 см.

Установлено, что влияние азотных минеральных удобрений и биопрепаратов больше проявилось в слоях почвы 10-20 см и 0-20 см. Отмечено увеличение степени разложения соломы и растительных остатков

ячменя в 2019 году в слое почвы 10-20 см при внесении азотных минеральных удобрений в 1,5 раза, а при внесении биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями и без них – в 2,2 раза по сравнению с контролем, а в слое 0-20 см, соответственно, в 1,1; 1,2; 1,3 раза.

Наибольшее повышение степени разложения соломы и растительных остатков гречихи в 2019 году по сравнению с контролем отмечается при внесении биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями в слое 0-10 см в 1,3 раза, в слое 10-20 см – в 2,0 раза, в слое 0-20 см – в 1,4 раза.

Таблица 4. Степень разложения побочной продукции и пожнивно-корневых остатков в черноземе типичном слабоэродированном в 2019 году**Table 4.** The degree of decomposition of by-product, after harvesting and root residues in typical slightly eroded chernozem in 2019

Вариант опыта Experiment variant	Глубина, см Depth, cm	Количество пожнивно-корневых остатков и внесенной побочной продукции в почву, т/га Amount of afterharvesting and root residues and incorporated by-product in the soil, t/ha	Количество пожнивно-корневых остатков и внесенной побочной продукции в почву после разложения, т/га Amount of afterharvesting and root residues and incorporated by-product in the soil after decomposition, t/ha	Степень разложения, % Decomposition degree, %
Ячмень / Barley				
1	0-10	5,49±0,20	2,59±0,36	52,8±4,9
	10-20	2,74±0,05	2,00±0,34	27,0±7,4
	0-20	8,23±0,15	4,59±0,29	44,2±3,7
2	0-10	6,10±0,26	2,79±0,35	54,3±7,8
	10-20	3,36±0,19	2,01±0,42	40,2±9,2
	0-20	9,46±0,15	4,80±0,16	49,3±3,6
3	0-10	5,72±0,19	2,82±0,20	50,7±4,8
	10-20	2,87±0,10	1,19±0,13	58,5±3,2
	0-20	8,59±0,12	4,01±0,32	53,3±4,0
4	0-10	5,38±0,07	2,15±0,27	60,0±4,3
	10-20	2,59±0,18	1,1±0,17	57,5±4,3
	0-20	7,97±0,17	3,25±0,25	59,2±3,8
Гречиха / Buckwheat				
1	0-10	6,01±0,20	2,81±0,48	53,2±9,0
	10-20	2,78±0,11	1,90±0,27	31,7±3,5
	0-20	8,79±0,21	4,71±0,23	46,4±7,5
2	0-10	6,72±0,32	2,72±0,32	59,5±4,0
	10-20	2,56±0,17	1,69±0,18	34,0±7,9
	0-20	9,28±0,48	4,41±0,50	52,5±4,9
3	0-10	8,02±0,20	2,76±0,25	65,6±3,2
	10-20	3,61±0,26	2,07±0,27	42,7±9,3
	0-20	11,63±0,34	4,83±0,39	58,5±4,6
4	0-10	7,09±0,22	2,33±0,25	67,1±4,5
	10-20	3,33±0,13	1,21±0,10	63,7±3,8
	0-20	10,42±0,31	3,54±0,36	66,0±4,3

Примечание: Обозначения вариантов опыта такие же, как в таблице 1. ± – стандартное отклонение
 Note: Designations of the variants of the experiment are similar to those in Table 1. ± is the standard deviation

Подтверждается выявленная закономерность возрастания степени разложения растительного материала гречихи (46,4%-52,5%-58,5%-66,0%) в пахотном 0-20 см слое почвы на вариантах опыта: солома (контроль) – солома с азотными минеральными удобрениями – солома с биопрепаратами – солома с биопрепаратами и азотными минеральными удобрениями. Однако в условиях, когда средняя влажность почвы была на 64-85% выше влаги завядания (12%), различия в степени разложения побочной продукции и растительных остатков по вариантам опыта снизились.

Таким образом, влияние внесения биопрепаратов и азотных минеральных удобрений с побочной продукцией больше проявилось в экстремальных условиях при средней влажности почвы в период разложения близкой к влаге завядания и при повышенной средней температуре воздуха. Особенно это прослеживается на ячмене, который возделывался и в 2018, и в 2019 годах.

В процессе разложения побочной продукции и растительных остатков сельскохозяйственных культур в почве образуются молодые формы гумуса, непрочные связанные с минеральной частью почвы и обогащенные азотом – подвижные гумусовые вещества (ПГВ). Рассмотрим изменение их качественного состава в черноземе типичном слабоэродированном в звеньях зернового и зернопарового севооборотов.

Установлено, что в звене зернового севооборота на поле 1 в августе-октябре 2018 года в процессе разложения соломы и растительных остатков ячменя на

контроле и на варианте с азотными минеральными удобрениями отмечается ухудшение качественного состава подвижных гумусовых веществ, снижается соотношение углерода подвижных гуминовых кислот к подвижным фульвокислотам (Спгк:Спфк) как в слое 0-10 см, так и в слое 10-20 см по сравнению с периодом уборки культуры (табл. 5).

В начале октября после разложения внесенной в почву побочной продукции и пожнивно-корневых остатков ячменя на вариантах с биопрепаратами установлено улучшение качества ПГВ и увеличение соотношения Спгк:Спфк на 15% в слое почвы 0-10 см, а в слое 0-20 см – на 12%, по сравнению с контролем. В августе-октябре 2019 года в процессе разложения гречихи на вариантах с биопрепаратами отмечено увеличение соотношения Спгк:Спфк в составе ПГВ на 10-20% и улучшение их качества.

Следует отметить, что отношение углерода подвижных гуминовых кислот к подвижным фульвокислотам в составе подвижных гумусовых веществ в почве первого поля было несколько выше, чем второго поля. Это, вероятно, связано с тем, что почва первого поля отличалась большим содержанием гумуса и подвижных питательных элементов.

В звене зернопарового севооборота на поле 2 в августе-октябре 2018 года в процессе разложения подсолнечника отмечалось снижение качества ПГВ на контроле и тенденция к его уменьшению на варианте с азотными минеральными удобрениями (табл. 5), а на вариантах с биопрепаратами выявлена тенденция к его увеличению.

Таблица 5. Динамика качественного состава подвижных гумусовых веществ ($C_{\text{ПК}}$ / $C_{\text{ПК}}$) в черноземе типичном слабоэродированном на опыте с биопрепаратами в зернопропашном севообороте

Table 5. Dynamics of qualitative compositions of mobile humus substances ($C_{\text{ПК}}$ / $C_{\text{ПК}}$) in typical slightly eroded chernozem in the experiment with biopreparations in the links of cereal and cereal-row crop rotations in 2018-2019

Вариант опыта Experiment variant	Глубина, см Depth, cm	Поле 1 / Field 1				Поле 2 / Field 2			
		Зерновой севооборот / Cereal crop rotation		Зернопропашной севооборот / Cereal-row crop rotation		Зерновой севооборот / Cereal crop rotation		Зернопропашной севооборот / Cereal-row crop rotation	
		2018 год – ячмень 2018 – Barley		2019 год – гречиха 2019 – Buckwheat		2018 год – подсолнечник 2018 – Sunflower		2019 год – ячмень 2019 – Barley	
		4 августа (период уборки культуры) 4 th August (crop harvesting)	1 октября 1 st October	29 августа (период уборки культуры) 29 th August (crop harvesting)	1 октября 1 st October	29 августа (период уборки культуры) 29 th August (crop harvesting)	1 октября 1 st October	4 августа (период уборки культуры) 4 th August (crop harvesting)	15 октября 15 th October
1	0-10	0,87	0,66	0,80	1,00	0,73	0,52	0,50	0,63
	10-20	0,78	0,72	1,10	1,00	0,58	0,50	0,56	0,52
	0-20	0,83	0,69	0,95	1,00	0,66	0,51	0,53	0,57
2	0-10	0,68	0,62	1,10	0,80	0,58	0,56	0,56	0,55
	10-20	0,66	0,61	0,70	0,70	0,50	0,57	0,45	0,57
	0-20	0,67	0,62	0,90	0,75	0,54	0,57	0,50	0,56
3	0-10	0,67	0,77	1,00	1,20	0,52	0,53	0,53	0,97
	10-20	0,76	0,78	1,00	1,10	0,50	0,50	0,51	0,70
	0-20	0,72	0,78	1,00	1,15	0,51	0,52	0,52	0,82
4	0-10	0,68	0,77	1,00	1,10	0,52	0,54	0,50	0,79
	10-20	0,75	0,76	0,80	1,10	0,51	0,52	0,54	0,71
	0-20	0,72	0,77	0,90	1,10	0,52	0,53	0,52	0,75

Примечание: Варианты опыта те же, что в таблице 1. $C_{\text{ПК}}$ – углерод подвижных гумусовых веществ, мг/кг почвы; $C_{\text{ПК}}$ – углерод подвижных гумусовых кислот, мг/кг почвы;

$C_{\text{ПК}}$ – углерод подвижных фульвокислот, мг/кг почвы

Note: Variants of the experiment are similar to those in Table 1: 1. – $C_{\text{ПК}}$ is the carbon of mobile humus substances, mg/kg of soil; $C_{\text{ПК}}$ is the carbon of mobile humic acids, mg/kg of soil;

$C_{\text{ПК}}$ is the carbon of mobile fulvic acids, mg/kg of soil.

В августе-октябре 2019 года после разложения внесенной в почву побочной продукции и пожнивно-корневых остатков ячменя в пахотном слое отмечается тенденция к увеличению качества ПГВ на контроле, тенденция к снижению на варианте с азотными минеральными удобрениями в слое 0-10 см и увеличение в 1,2 раза в слое 10-20 см. При внесении биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями или без них установлено возрастание соотношения С_{пгк}:С_{пфк} в составе ПГВ в слое 0-10 см, соответственно, в 2,0 и 1,6 раза, а в слое 10-20 см – в 1,4 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые определена степень разложения в черноземе типичном слабоэродированном обработанной биопрепаратами побочной продукции и пожнивно-корневых остатков в полевом стационарном опыте на двух полях в звеньях зернового и зернопропашного севооборотов. Выявлено, что обработка побочной продукции (соломы или стеблей) ячменя, гречихи и подсолнечника биопрепаратами (Грибофит 5 л/га + Имуназот 3 л/га) и биопрепаратами + N₁₀ кг д.в. на 1 т продукции, заделка её в почву способствует увеличению степени разложения в черноземе типичном слабоэродированном растительных остатков по сравнению с контролем и внесением минеральных азотных удобрений. Внесение N₁₀ кг д.в. на 1 т побочной продукции тоже оказывают положительное влияние на разложение растительных остатков, но в меньшей степени, чем биопрепараты.

Степень разложения растительных остатков (побочной продукции и пожнивно-корневых остатков) зависит от гидротермических условий периода, в котором происходит разложение, от влажности почвы и культуры. В зависимости от культуры и её агротехники формируется различное увлажнение слоев 0-10 и 10-20 см. При влажности почвы близкой к влаге завядания отмечена её прямая средняя корреляционная зависимость со степенью разложения растительных остатков.

Влияние изучаемых факторов – биопрепаратов, биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями – на степень разложения растительных остатков больше проявилось в экстремальных гидротермических условиях.

Внесение биопрепаратов способствует не только повышению степени разложения побочной продукции и пожнивно-корневых остатков, но и улучшению качества подвижных гумусовых веществ в почве. Причем, в благоприятные по гидротермическим условиям годы при внесении биопрепаратов с побочной продукцией отмечается увеличение соотношения углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот в подвижных гумусовых веществах почвы, а в экстремальные – только тенденция к их увеличению.

Результаты исследований имеют важное значение для изучения процессов разложения растительных остатков при внесении биологических препаратов, их влияния на гумусное состояние почвы, для разработки инновационных путей оптимизации содержания, состава органического вещества в

черноземных почвах, сохранения и повышения их плодородия, агроэкологического состояния, рационального землепользования.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № 0632–2019–0014.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out within the framework of the state task for FSBSI Kursk Federal Agricultural Research Centre according to theme No. 0632–2019–0014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. Москва: ГЕОС, 2015. 233 с.
2. Масютенко Н.П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. Москва: Россельхозакадемия, 2012. 150 с.
3. Богатырева Е.В. Влияние биопрепаратов на темпы разложения солоmistых остатков озимой пшеницы и продуктивность чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Земледелие. 2015. N 8. С. 34-36.
4. Русакова И.В. Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. N 3-1. С. 107-111.
5. Fan F., Yu B., Wang B., George T.S., Yin H., Xu D., Li D., Song A. Microbial mechanisms of the contrast residue decomposition and priming effect in soils with different organic and chemical fertilization histories // Soil Biology and Biochemistry. 2019. V. 135. P. 213-221. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.05.001
6. Maarastawi S.A., Frindte K., Bodelier P.L.E., Knief C. Rice straw serves as additional carbon source for rhizosphere microorganisms and reduces root exudate consumption // Soil Biology and Biochemistry. 2019. V. 135. P. 235-238. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.05.007
7. Semenov V.M., Pautova N.B., Lebedeva T.N., Khromyckina D.P., Semenova N.A., Lopes de Gerenyu V.O. Plant Residues Decomposition and Formation of Active Organic Matter in the Soil of the Incubation Experiments // Eurasian Soil Science. 2019. V. 52. N 10. P. 1183-1194. DOI: 10.1134/S1064229319100119
8. Воробьев Н.И., Свиридова О.В. и др. Особенности применения микробиологических препаратов для гумификации растительных остатков зерновых сельскохозяйственных культур // Материалы международной научно-практической конференции «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения». Н.-Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. С. 29-32.
9. Русакова И.В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах // Juvenis scientia. 2018. N 9. С. 4-9. DOI: 10.32415/jscientia.2018.09.01
10. Abro S., Tian X., You D. Ba Y., Li M., Wu F. Influence inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes // African

Journal of Microbiology Research. 2011. V. 5(19). P. 3054-3061. DOI: 10.5897/AJMR11.193

11. Gaid S., Nain L. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants // *Biodegradation*. 2007. V. 18. Iss. 4. P. 495-503. DOI: 10.1007/s10532-006-9082-6

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

13. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1984. 96 с.

14. Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions // *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. V. 58. P. 216-234. DOI: 10.1016/j.soilbio.2012.11.009

REFERENCES

1. Semenov V.M., Kogut B.M. *Pochvennoye organicheskoye veshchestvo* [Soil organic matter]. Moscow, GEOS Publ., 2015, 233 p. (In Russian)

2. Masyutenko N.P. *Transformatsiya organicheskogo veshchestva v chernozemnykh pochvakh TsCR i sistemy yego vosproizvodstva* [Organic matter transformation in chernozem soils of CCR and systems of its reproduction], Moscow, Rossel'khozakademia Publ., 2012, 150 p. (In Russian)

3. Bogatyryova E.V. Influence of biological preparations on the rates of decomposition of straw residues of winter wheat and fertility of typical chernozem in the zone of unstable moistening. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2015, no. 8, pp. 34-36. (In Russian)

4. Rusakova I.V. Influence of microbial preparations and mineral nitrogen on straw decomposition. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [Int. J. Appl. & Fund. Res.]. 2016, no. 3-1, pp. 107-111. (In Russian)

5. Fan F., Yu B., Wang B., George T.S., Yin H., Xu D., Li D., Song A. Microbial mechanisms of the contrast residue decomposition and priming effect in soils with different organic and chemical fertilization histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 2019, vol. 135, pp. 213-221. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.05.001

6. Maarastawi S.A., Frindte K., Bodelier P.L.E., Knief C. Rice straw serves as additional carbon source for rhizosphere microorganisms and reduces root exudate consumption.

Soil Biology and Biochemistry, 2019, vol. 135, pp. 235-238. DOI: 10.1016/j.soilbio.2019.05.007

7. Semenov V.M., Pautova N.B., Lebedeva T.N., Khromyckina D.P., Semenova N.A., Lopes de Gerenyu V.O. Plant Residues Decomposition and Formation of Active Organic Matter in the Soil of the Incubation Experiments. *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 10, pp. 1183-1194. DOI: 10.1134/S1064229319100119

8. Vorob'ev, N.I., Sviridova, O.V. et al. Osobennosti primeneniya mikrobiologicheskikh preparatov dlya gumifikatsii rastitel'nykh ostatkov zernovykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Peculiarities of the application of microbiological preparations for humification of cereal crop residues] *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agrokhimikaty v KhKhI veke: teoriya i praktika primeneniya», N.-Novgorod, 2017* [Materials of the international scientific-practical conference "Agrochemicals in the XXI century: theory and practice of application"]. 2017, pp. 29-32. (In Russian)

9. Rusakova I.V. Biopreparations for decomposition of plant residues in agroecosystems. *Juvenis scientia*, 2018, no. 9, pp. 4-9. DOI: 10.32415/jscientia.2018.09.01 (In Russian)

10. Abro S., Tian X., You D. Ba Y., Li M., Wu F. Influence inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes. *African Journal of Microbiology Research*, 2011, vol. 5(19), pp. 3054-3061. DOI: 10.5897/AJMR11.193

11. Gaid S., Nain L. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants. *Biodegradation*, 2007, vol. 18, iss. 4, pp. 495-503. DOI: 10.1007/s10532-006-9082-6

12. Dospikhov B.A. *Metodika opytnogo dela (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Methods of the Field Experiment (with the fundamentals of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

13. *Rekomendatsii dlya issledovaniya balansa i transformatsii organicheskogo veshchestva pri sel'skokhozyaistvennom ispolzovanii i intensivnom okultiviraniy pochv* [Recommendations for the study of the balance and transformation of organic matter in agricultural use and intensive soil cultivation]. Moscow, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev Publ., 1984, 96 p. (In Russian)

14. Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N. and Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biology and Biochemistry*, 2013, vol. 58, pp. 216-234. DOI: 10.1016/j.soilbio.2012.11.009

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Нина П. Масютенко разработала алгоритм исследований, проанализировала данные, написала рукопись. Татьяна И. Панкова проводила полевые и лабораторные исследования по изменению содержания в почве негумифицированного органического вещества, подготовила и интерпретировала данные к статье. Алексей В. Кузнецов проводил полевые и лабораторные исследования по изменению качественного состава в почве подвижных гумусовых веществ, подготовил и интерпретировал данные к статье. Максим Н. Масютенко проводил полевые и лабораторные

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nina P. Masyutenko developed an algorithm for the research, analysed the data and wrote the manuscript. Tatiana I. Pankova conducted field and laboratory studies on changes in the content of non-humified organic matter and prepared and interpreted the data for the article. Alexei V. Kuznetsov conducted field and laboratory studies on changes in the quality of the composition of mobile humus substances in the soil and prepared and interpreted the data for the article. Maxim N. Masyutenko conducted field and laboratory studies on changes in the content of non-humified organic matter and conducted statistical

исследования по изменению содержания в почве негумифицированного органического вещества, провел статистическую обработку материала к статье. Галина М. Брескина проводила полевые и лабораторные исследования по изменению влажности в почве в почве, провела статистическую обработку материала к статье. Наталия А. Чуйан организовала проведение полевых и лабораторных исследований, написала обзор литературы к статье. Авторы в равной степени несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

processing of the material for the article. Galina M. Breskina conducted field and laboratory studies on changes in soil humidity and conducted statistical processing of the material for the article. Natalia A. Chuyan arranged the conducting of field and laboratory studies and wrote a review of the literature for the article. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Нина П. Масютенко / Nina P. Masyutenko <https://orcid.org/0000-0001-8348-0609>

Татьяна И. Панкова / Tatiana I. Pankova <https://orcid.org/0000-0001-8917-1428>

Алексей В. Кузнецов / Alexei V. Kuznetsov <https://orcid.org/0000-0002-0230-7503>

Максим Н. Масютенко / Maxim N. Masyutenko <https://orcid.org/0000-0001-8844-2433>

Галина М. Брескина / Galina M. Breskina <https://orcid.org/0000-0003-2381-312X>

Наталия А. Чуйан / Natalia A. Chuyan <https://orcid.org/0000-0002-4212-3143>