

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 631.51/582

doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_25

**НАКОПЛЕНИЕ ПОЖНИВНЫХ И КОРНЕВЫХ ОСТАТКОВ В СЕВООБОРОТАХ
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL
В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Наталья Михайловна Троц¹, Сергей Вениаминович Орлов², Евгений Сергеевич Герасимов³, Анна Алексеевна Бокова⁴

¹ Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

² ООО «Орловка» – АИЦ, Старый Аманак, Самарская область, Россия

¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

²orlovsv63@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4247-3466>

³ger.ewgeny@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6491-7916>

⁴anuta1998b@mail.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

Цель исследований – разработка приемов повышения плодородия почвы и урожайности культур за счет поступления пожнивно-корневых остатков в зернопропашных севооборотах. Прямой посев предполагает выращивание растений без физической подготовки почвы с сохранением пожнивных остатков предыдущей культуры на ее поверхности. Пожнивно-корневые остатки создают благоприятные условия для биологических процессов, происходящих в почве, способствуют связыванию углерода. Исследования проводились в период 2018–2022 гг. на производственных посевах ООО «Орловка» – АИЦ Похвистневского района Самарской области. Почва – чернозем типичный среднегумусный среднесиловый. В 10 севооборотах происходило чередование культур: соя, яровая пшеница, озимая пшеница, подсолнечник, ячмень, кукуруза, горчица. Были подсчитаны показатели урожайности и количество пожнивно-корневых остатков (ПКО) после каждой культуры. С использованием программы Microsoft Excel был проведен математический анализ зависимости урожая от суммарного количества поверхностных и корневых остатков культуры-предшественника. Отмечено, что для сои оптимальным является следующее чередование культур: соя – пшеница – подсолнечник – пар и соя – кукуруза – соя – пшеница, где после кукурузы и пшеницы оставалось большее количество ПКО – 103,0 и 43,4 ц/га, соответственно. Для получения максимального урожая пшеницы можно применять севообороты, в которых происходит чередование пшеницы и сои. Корреляционный анализ данных показал, что наиболее тесная связь между урожайностью и количеством ПКО наблюдается в случае возделывания пшеницы после подсолнечника ($r = 0,90$) и подсолнечника после пшеницы ($r = 0,82$). Также можно отметить, что растительные остатки сои и пшеницы взаимно не влияют на формирование будущего урожая.

Ключевые слова: севооборот, пожнивно-корневые остатки, урожайность, технология No-till.

Для цитирования: Троц Н. М., Орлов С. В., Герасимов Е. С., Бокова А. А. Накопление пожнивных и корневых остатков в севооборотах при применении технологии No-till в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1. С. 25–31. doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_25

ACCUMULATION OF STUBBLE AND ROOT RESIDUES IN CROPPED ROTATIONS WHEN USING THE NO-TILL TECHNOLOGY IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Natalya M. Trots¹, Sergey V. Orlov², Evgeny S. Gerasimov³, Anna A. Bokova⁴✉

^{1,4}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

^{2,3}Orlovka LLC – Agro-Innovation Center, Stary Amanak, Samara region, Russia

¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

²orlovsv63@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4247-3466>

³ger.ewgeny@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6491-7916>

⁴anuta1998b@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>

The purpose of the research is to develop methods for increasing soil fertility and crop yields due to the supply of stubble and root residues in grain-row crop rotations. Direct sowing involves the cultivation of plants without physical preparation of the soil with the preservation of crop residues of the previous crop on its surface. Stubble and root residues provide favorable conditions for biological processes in the soil, contribute to carbon sequestration. Field experiments were carried out in the period of 2018-2022 in the conditions of the Middle Volga region on the territory of the Pokhvistnevsky district within the land use boundaries of «Orlovka» – AIC LLC using direct sowing technologies (No-till). The soil is a typical medium-humus, medium-thick chernozem. Our research was carried out in 10 crop rotations where crops were grown: soybean, spring wheat, winter wheat, sunflower, barley, corn, mustard. Yield indicators and the amount of stubble and root residues (CRR) of each crop were calculated. Using the Microsoft Excel program, a mathematical analysis of the dependence of the yield on the total amount of surface and root residues of the predecessor crop was made. Based on the results of the study, it can be noted that the following crop rotation is optimal for soybeans: soybean – wheat – sunflower – fallow. A similar result was obtained in the soybean – corn – soybean – wheat crop rotation, where after corn and wheat a large amount of CRR remained — 103.0 and 43.4 c/ha, respectively. The most successful for obtaining the maximum yield of wheat can be considered crop rotations in which the alternation of wheat and soybeans occurs. Correlation analysis of the data showed that the closest relationship between the yield and the amount of CRR is observed in the case of cultivation of wheat after sunflower ($r = 0.90$) and sunflower after wheat ($r = 0.82$). It can also be noted that the plant residues of soybean and wheat do not mutually affect the formation of the future crop.

Keywords: crop rotations, stubble and root residues, yield, No-till technology.

For citation: Trots, N. M., Orlov, S. V., Gerasimov, E. S. & Bokova, A. A. (2023). Accumulation of stubble and root residues in cropped rotations when using the No-till technology in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 25–31(in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_25

Практика прямого посева предполагает выращивание растений без физической подготовки почвы с сохранением пожнивных остатков предыдущей культуры на её поверхности. Пожнивно-корневые остатки (ПКО) создают благоприятные условия для биологических процессов, происходящих в почве, способствуют связыванию углерода и, как следствие, сокращению выбросов углекислого газа [1-4]. Пожнивные остатки содержат значительное количество питательных веществ, их разумное применение в севооборотах оказывают положительное влияние на управление питательными веществами растений. Длительные исследования влияния ПКО на почву показали улучшение её физического, химического и биологического здоровья [5]. Исследователи считают, что вклад бобовых растений в азотный фонд почвы определяется азотом, оставляемым в корневых и пожнивных остатках культур [6-7]. Известно, что накопление в почве корневой массы, а также пожнивных остатков способствует наращиванию плодородия [8]. Кроме того, азот из растительных остатков вымывается в меньшей степени, чем из минеральных удобрений. В результате положительное влияние ПКО на сельскохозяйственные культуры более выражено по сравнению с органическими удобрениями.

Цель исследований – разработка приемов повышения плодородия почвы и урожайности культур за счет поступления пожнивно-корневых остатков в зернопропашных севооборотах.

Задачи исследований – оценить роль отдельных культур зернопропашного севооборота; установить взаимосвязь содержания пожнивно-корневых остатков с урожайностью культур в севообороте.

Материал и методы исследований. Роль пожнивно-корневых остатков в формировании урожая культур изучалась в условиях Среднего Поволжья на территории Похвистневского района в границах землепользования ООО «Орловка» – АИЦ при применении технологий прямого посева (No-till) всех исследуемых культур в 10 севооборотах. Почва – чернозем типичный среднелесный среднесиловый с повышенным содержанием минерального азота и подвижного фосфора, с пониженным содержанием обменного калия. Климат территории континентальный, характеризуется умеренным увлажнением, непродолжительной весной и осенью, значительной годовой амплитудой температур. Гидротермический коэффициент (ГТК) в среднем составил 0,8-0,9. По данным метеостанции «Кинель-Черкасская» за время проведения исследований проанализировано годовое суммарное количество осадков. Координаты метеостанции: 53,47 с.ш, 51,58 в.д., высота над уровнем моря – 63 м.

Агротехника возделывания культур – рекомендуемая в зоне. За время исследований проведены определения и учеты по общепринятым методикам [9-12].

Результаты исследований. За период 2018-2022 гг. с применением технологии прямого посева на опытных полях выращивались культуры: соя, яровая пшеница (далее – пшеница), озимая пшеница, подсолнечник, ячмень, кукуруза, горчица. Было выделено 10 севооборотов, каждый из которых представлял собой определенное чередование культур (табл. 1).

Таблица 1

Растительные остатки и урожайность зерновых и пропашных культур в севооборотах, ц/га

№ севооборота	2018			2019			2020			2021			2022		
	культура	ΣПК	Урожайность, т/га	культура	ΣПК	Урожайность, т/га	культура	ΣПК	Урожайность, т/га	культура	ΣПК	Урожайность, т/га	культура	ΣПК	Урожайность, т/га
1	соя	27,0	2,0	кукуруза	103,0	6,3	соя	26,2	1,9	пшеница	43,4	3,2	соя	27,7	2,3
2	соя	26,2	1,9	пар*			соя	27,0	2,0	пшеница	20,3	1,0	соя	19,8	1,1
3	соя	20,6	1,2	пшеница	34,4	2,3	подсолнечник	33,5	1,7	пар			соя	28,9	2,5
4	соя	18,2	0,9	пшеница	37,4	2,6	подсолнечник	37,7	2,0	пшеница	28,7	1,7	соя	19,8	1,1
5	пшеница	21,5	1,1	соя	22,2	1,4	пшеница	55,4	4,4	пар			пшеница	50,4	3,9
6	пшеница	22,7	1,2	соя	21,4	1,3	пшеница	47,4	3,6	соя	15,0	0,5	пшеница	49,4	3,7
7	пшеница	25,1	1,4	подсолнечник	36,3	1,9	пшеница	31,1	1,9	соя	19,8	1,1	пшеница	39,4	2,8
8	пшеница	25,1	1,4	горчица	23,5	1,2	озимая пшеница	40,7	2,7	соя	15,8	0,6	пшеница	39,4	2,8
9	пшеница	21,5	1,1	подсолнечник	26,5	1,2	ячмень	33,7	2,6	соя	15,8	0,6	пшеница	38,4	2,7
10	пшеница	29,0	1,7	соя	26,2	1,9	пшеница	41,4	3,0	подсолнечник	47,5	2,7	пшеница	27,7	2,3
Количество осадков, мм	377			457			420			480			612		
ГТК	0,8			0,9			0,8			0,7			0,9		

Примечание. * – почва не обрабатывалась из-за повышенного увлажнения.

Используя уравнения регрессии для определения массы поверхностных растительных остатков и корней по урожаю основной продукции (по Ф. И. Левину) [13], была рассчитана масса поверхностных остатков и корней каждой культуры, а также их суммарное количество, оставляемое на поле (табл. 1). Таким образом можно выявить не только влияние предшественника на рост и развитие следующей культуры, но и роль ПКО на продуктивность культур севооборота.

Для оценки влияния ПКО на формирование урожая сои и пшеницы в 2022 г. был проведен сравнительный анализ севооборотов, отличающихся лишь по одной культуре. Первые два севооборота отличаются тем, что в 2019 г. в первом произрастала кукуруза, после которой осталось 103,0 ц/га ПКО, а во втором было паровое поле. На формирование урожая сои в 2020 г. это не оказало влияния, однако урожайность пшеницы в 2021 г. оказалась в 3,2 раза выше, чем во втором севообороте. Максимальная урожайность сои – 2,3 т/га – отмечена в первом севообороте. Третий и четвертый севообороты между собой отличаются тем, что в 2021 г. в третьем был оставлен пар, а в четвертом выращивалась пшеница. В третьем севообороте был получен наибольший урожай сои в 2022 г. – 2,5 т/га.

Севообороты 5, 6 и 10 отличаются культурами, выращиваемыми в 2021 г.: в севообороте 6 – соя, в 10-м – подсолнечник, 5-й – чистый пар. Наибольший урожай пшеницы в 2022 г. получили с севооборота 5 – 3,9 т/га. Близкое значение урожайности – 3,7 т/га – оказалось в севообороте 6 с чередованием культур соя и пшеница. Подсолнечник как предшественник в севообороте 10 снижал урожайность пшеницы до минимального в 2022 г. – 2,3 т/га.

Равные значения урожайности пшеницы (2,7-2,8 т/га) получены в севооборотах 7 (пшеница – подсолнечник – пшеница – соя – пшеница), 8 (пшеница – горчица – озимая пшеница – соя – пшеница) и 9 (пшеница – подсолнечник – ячмень – соя – пшеница). Предшественником являлась соя, причем количество ПКО не повлияло на формирование урожая пшеницы.

Наиболее благоприятные условия для максимальной продуктивности сои и пшеницы в севооборотах можно выявить, исходя из опытных данных по урожайности за 2022 год. В этот период культура, возделываемая на момент закладки опыта, проходит одну ротацию в севообороте. Таким образом можно сравнить показатели урожайности сои и пшеницы в 2018 и 2022 годах, а также оценить влияние предшественников и количества ПКО на продуктивность сельскохозяйственных культур.

В 2018 г. самый высокий урожай сои – 2 т/га – получили в севообороте 1, а наименьший – 0,9 т/га – в севообороте 4. Урожайность сои в 2022 г. по сравнению с 2018 г. возросла на 0,2-1,3 т/га, за исключением севооборота 2 (предшественник – пшеница), где урожайность снизилась на 0,8 т/га. Наибольшее значение наблюдали в севообороте 3 – 2,5 т/га, где в предыдущем году был чистый пар. В остальных случаях предшественником являлась пшеница. При этом урожай, близкий к максимальному (2,3 т/га), удастся получить в севообороте 1, где количество ПКО от пшеницы было вдвое больше, чем в севооборотах 2 и 4. Таким образом, наилучшая урожайность сои в 2022 г. оказалась в севооборотах 1 и 3. При этом значение имела не только культура-предшественник, но и количество ПКО, оставляемых на поле. Так, в севообороте 1 присутствует кукуруза, после которой остается 103,0 ц/га ПКО, благодаря чему в 2021 г. на этом поле получили наибольший урожай пшеницы (3,2 т/га), что в свою очередь дало 43,4 ц/га поверхностных остатков и корней.

Наибольший урожай пшеницы в 2018 г. отмечен в севообороте 10 – 1,7 т/га, а наименьший – 1,1 т/га – в севооборотах 5 и 9. Урожайность пшеницы в 2022 г. по сравнению с 2018 г. возросла на 0,6-2,8 т/га. Максимальный прирост получен в севообороте 5, где предшественником являлся чистый пар, наименьшая разница оказалась в севообороте 10 (предшественник – подсолнечник). В остальных случаях в предыдущем году на поле возделывалась соя. Чередование только пшеницы и сои в севообороте 6 оказывает положительное воздействие на урожайность пшеницы – 3,7 т/га. Более низкий показатель урожайности – 2,7-2,8 т/га – выявлен при замене в севообороте сои на подсолнечник и горчицу, а яровой пшеницы – на озимую пшеницу или ячмень.

Обобщая полученные данные, можно отметить, что для сои оптимальным является севооборот 3: соя – пшеница – подсолнечник – пар. В этом случае подсолнечник оставляет большое количество растительных остатков и корней, а пар помогает накоплению влаги в почве и уменьшает сорную растительность. Похожий результат получен в севообороте 1: соя – кукуруза – соя – пшеница, где и кукуруза и пшеница дали значительное количество ПКО – 103,0 и 43,4 ц/га, соответственно, что в свою очередь благоприятно отразилось на урожайности сои. Наиболее удачными для получения в 2022 г. максимального урожая пшеницы можно считать севообороты 5 и 6, в которых происходит чередование пшеницы и сои. Добавление же в севооборот подсолнечника или замена яровой пшеницы другими зерновыми культурами ведет к снижению урожайности пшеницы.

Сравнительный анализ продуктивности культур по годам показал, что урожайность сои в 2018 г. составила 0,9-2,0 т/га, наибольшее значение соответствует 1 севообороту. Урожайность

пшеницы варьировала от 1,1 до 1,7 т/га, максимальное значение отмечено в севообороте 10.

В 2019 г. показатель урожайности сои составил от 1,3 до 1,9 т/га, предшественником являлась пшеница, причем наибольшая урожайность получена в 10 севообороте. Урожайность пшеницы по предшественнику сое составила 2,3-2,6 т/га. Причем наблюдается обратная зависимость от количества ПКО предыдущей культуры: чем больше поверхностных остатков и корней сои оставалось на поле, тем меньше урожай пшеницы получен.

В 2020 г. соя возделывалась в севооборотах 1 и 2, значения урожайности оказались очень близки и составили 1,9 и 2,0 т/га, соответственно. Предшественником в первом севообороте являлась кукуруза, во втором был чистый пар. Влияние предшественника кукурузы, оставившей на поле большое количество ПКО – 103,0 ц/га, оказалось сопоставимо с последствием на урожайность сои чистого пара. За весь период исследований наибольшая урожайность пшеницы получена в 2020 г., которая составила 1,9-4,4 т/га. Максимальное значение отмечено в севообороте 5, где предшественником была соя. Высокие значения урожайности – 3,0-3,6 т/га – выявлены после сои в качестве предшественника, после возделывания подсолнечника был получен наименьший урожай – 1,9 т/га.

В 2021 г. урожайность сои снизилась и составила от 0,5 до 1,1 т/га, предшественником во всех случаях являлись зерновые культуры. Наибольшая урожайность соответствует севообороту 7: пшеница – подсолнечник – пшеница – соя. Значения урожайности пшеницы составили 1,0-3,2 т/га. Самый высокий показатель выявлен в севообороте 1: соя – кукуруза – соя – пшеница. Хотя предшественником в севооборотах 1 и 2 являлась соя с почти одинаковым количеством ПКО, показатель урожайности пшеницы во втором севообороте оказался ниже, чем в первом, на 2,2 т/га. Таким образом, можно предположить, что в севообороте 1 на урожайность пшеницы оказали влияние поверхностные и корневые остатки кукурузы, оставшиеся в почве с 2019 г., тогда как в севообороте 2 поле паровало и ПКО поступили в почву лишь от сои. Среднее значение урожайности пшеницы в этом году – 1,7 т/га – было получено после подсолнечника как предшественника.

В 2022 г. урожайность сои достигла максимума за все годы исследований и составила 1,1-2,5 т/га, наибольшее значение получено в севообороте 3, где в предыдущем году был пар, в остальных случаях предшественником являлась пшеница. В 2022 г. отмечена высокая урожайность пшеницы – 2,3-3,9 т/га. Максимальный показатель достигнут при оставлении в предыдущем году парового поля. Более низкие результаты получаются после сои в качестве предшественника, а наименьший урожай – после подсолнечника. Таким образом, за период исследований отмечена тенденция низкого урожая пшеницы, когда предшественником являлся подсолнечник.

С использованием программы Microsoft Excel был выполнен математический анализ зависимости урожая сельскохозяйственных культур от суммарного количества поверхностных и корневых остатков культуры-предшественника. Для расчетов выбирали по одной культуре и считали корреляцию между ее урожайностью по одному предшественнику и количеством ПКО этого предшественника. Результаты расчетов представлены в таблице 2. В качестве числового показателя, указывающего на тесноту и направление связи двух параметров, используют коэффициент корреляции (r), значение которого лежит в диапазоне от -1 до +1. Чем ближе коэффициент корреляции к +1 или к -1, тем теснее прямолинейная корреляционная связь [8].

Таблица 2

Зависимость урожайности культур от количества ПКО предшественника

Показатель	Коэффициент корреляции, r	Степень зависимости	Уравнение регрессии
Урожайность пшеницы по предшественнику – сое	-0,24	слабая	$y = -0,048x + 3,923$
Урожайность пшеницы по предшественнику – подсолнечнику	0,90	сильная	$y = 0,045x + 0,140$
Урожайность сои по предшественнику – зерновым	-0,16	слабая	$y = -0,01x + 0,71$
Урожайность подсолнечника по предшественнику – пшенице	0,82	сильная	$y = 0,05x + 0,20$

Анализ данных показал, что наиболее тесная связь между урожайностью и количеством ПКО наблюдается в случае возделывания пшеницы после подсолнечника ($r = 0,90$) и подсолнечника после пшеницы ($r = 0,82$), это объясняется тем, что с увеличением количества оставляемых на поле растительных и корневых остатков увеличивается урожайность последующей культуры. Отмечено, что эти культуры являются хорошими предшественниками друг для друга. Слабая обратная зависимость наблюдается между количеством ПКО сои и урожайностью пшеницы ($r = -0,24$), а также при возделывании сои после зерновых (пшеница яровая и озимая, ячмень), в этом случае коэффициент корреляции составляет $r = -0,16$. Таким образом, можно отметить, что растительные остатки сои и пшеницы почти не влияют на формирование будущего урожая друг друга.

Закключение. Оценка влияния пожнивных и корневых остатков на формирование урожая сои и пшеницы в 2022 г. проводилась сравнительным анализом динамики урожайности культур в севооборотах, отличающихся по одной культуре. В этот период культура прошла одну ротацию в севообороте. Для сои оптимальным является следующее чередование культур: соя – пшеница – подсолнечник – пар. В этом севообороте подсолнечник оставляет большее количество растительных остатков и корней, а естественный пар помогает накоплению влаги в почве и уменьшает количество сорной растительности. В севообороте соя – кукуруза – соя – пшеница после кукурузы и пшеницы оставалось больше ПКО – 103,0 и 43,4 ц/га, соответственно, повышение урожайности сои составило 1,2 т/га. Влияние на урожайность сои кукурузы как предшественника оказалось равнозначным последствием естественного пара. Для получения максимального урожая пшеницы рациональны севообороты, в которых происходит чередование пшеницы и сои. Добавление в севооборот подсолнечника или замена яровой пшеницы другими зерновыми культурами ведет к снижению урожайности.

Сравнительный анализ продуктивности культур по годам показал, что максимальная урожайность пшеницы получается после предшественника – сои и естественного пара. Наблюдается обратная зависимость от количества ПКО предыдущей культуры: чем больше поверхностных остатков и корней сои оставалось на поле, тем урожайность пшеницы была ниже. За весь период исследований отмечена тенденция понижения урожая пшеницы после предшественника – подсолнечника.

Корреляционный анализ данных показал, что наиболее тесная связь между урожайностью и количеством ПКО наблюдается при чередовании пшеницы и подсолнечника. Количество растительных остатков сои и пшеницы взаимно не влияли на формирование будущего урожая.

Список источников

1. Ghimire B., Ghimire R., VanLeeuwen D., Mesbah A. Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization // Sustainability. 2017. Vol. 9, Iss. 12. P. 2316.
2. Philippot L., Raaijmakers J. M., Lemanceau P., Van der Putten W. H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere // Nat. Rev. Microbiol. 2013. Vol. 11. P. 789–799.
3. Bardgett R. D., Mommer L., De Vries F. T. Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes // Trends Ecol. Evol. 2014. Vol. 12, Iss. 29. P. 692–699.
4. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter // Front Plant Sci. 2017. Vol. 8. P. 84.
5. Bisen N., Rahangdale C. P. Crop residues management option for sustainable soil health in rice-wheat system: A review // International Journal of Chemical Studies. 2017. Vol. 5, Iss. 4, P. 1038–1042.
6. Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 188 с.
7. Мудрых Н. М., Самофалова И. А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечернозёмной зоны России // Пермский аграрный вестник. 2017. № 1. С. 88–97.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Дридигер В. К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву : методические рекомендации. Ставрополь : Сервисшкола, 2020. 69 с.
10. Научные основы возделывания полевых культур по технологии прямого посева : коллективная монография / сост. В. К. Дридигер. Ставрополь : Ставрополь-Сервис-Школа, 2021. 210 с.
11. Сушко С. В., Балашов Е. В., Троц Н. М. и др. Оценка эффективности ресурсосберегающих технологий в повышении секвестрации органического углерода сельскохозяйственными почвами в условиях Среднего Поволжья (на примере нулевой обработки почвы) // Современные проблемы почвозащитного земледелия : сб. науч. тр. Курск : ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2022. С. 130–134.
12. Троц Н. М., Троц В. Б., Горшкова О. В. Почвенно-экологическое состояние и особенности рекультивации

нарушенных переуплотнением черноземов лесостепной зоны среднего Поволжья // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : материалы V Международной научно-практической конференции. Рязань : ИП Коняхин Александр Викторович, 2021. С. 404–407.

13. Левин Ф. И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. 1977. №8. С. 36–42.

References

1. Ghimire, B., Ghimire, R., VanLeeuwen, D. & Mesbah, A. (2017). Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. *Sustainability*, 9, 12, 2316.
2. Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P. & Van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol*, 11, 789–799.
3. Bardgett, R. D., Mommer, L. & De Vries, F. T. (2014). Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol*, 12, 29, 692–699.
4. Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., Hammelehle, A. & Mayer, J. (2017). Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci*, 8, 284.
5. Bisen, N. & Rahangdale, C. P. (2017). Crop residues management option for sustainable soil health in rice-wheat system: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 5, 4, 1038–1042.
6. Figurin, V. A. (2013). *Growing perennial grasses for feed*. Kirov: Research Institute of Agriculture of the North-East (in Russ).
7. Mudryh, N. M. & Samofalova, I. A. (2017). Experience in the use of plant residues in the soils of the Nonchernozem zone of Russia. *Permskii agrarnii vestnik (Perm Agrarian Journal)*, 1, 88–97 (in Russ).
8. Dospekhov, B. A. (1985). *Field experiment methodology*. Moscow : Agropromizdat (in Russ).
9. Dridiger, V. K. (2020). *Features of conducting scientific research on minimizing tillage and direct sowing*. Stavropol : Servisshkola (in Russ).
10. Dridiger, V. K. (Comp.) (2021). *Scientific basis of cultivation of field crops using direct sowing technology : collective monograph*. Stavropol' : Stavropol'-Servis-SHkola (in Russ).
11. Sushko, S. V., Balashov, E. V. & Trots, N. M. et al. (2022). Evaluation of the effectiveness of resource-saving technologies in increasing the sequestration of organic carbon by agricultural soils in the conditions of the Middle Volga region (on the example of zero tillage). *Modern problems of soil-protective agriculture 22': collection of scientific papers*. (pp. 130–134). Kursk (in Russ).
12. Trots, N. M., Trots, V. B. & Gorshkova, O. V. (2021). Soil-ecological state and features of recultivation of chernozems disturbed by overconsolidation in the forest-steppe zone of the middle Volga region. *Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies 21': materials V International scientific and practical conference*. (pp. 404–407). Ryazan (in Russ).
13. Levin, F. I. (1977). The amount of plant residues in field crops and its determination by the yield of the main products. *Agrokhimiya (Agrochemistry)*, 8, 36–42 (in Russ).

Информация об авторах:

Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
С. В. Орлов – управляющий директор ООО «Орловка» – АИЦ;
Е. С. Герасимов – главный агроном ООО «Орловка» – АИЦ;
А. А. Бокова – аспирант.

Information about the authors:

N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
S. V. Orlov – Managing Director of Orlovka LLC – AIC;
E. S. Gerasimov – chief agronomist of Orlovka LLC – AIC;
A. A. Bokova – post-graduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.12.2022; одобрена после рецензирования 11.01.2023; принята к публикации 6.02.2023.

The article was submitted 20.12.2022; approved after reviewing 11.01.2023; accepted for publication 6.02.2023.