

DOI
УДК 631.581

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИДЕРАЛЬНЫХ ПАРОВ НА СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Р. И. Сафин, Р. М. Низамов, И. Х. Вафин

Реферат. Приводятся результаты исследований, проведенных в 2023 году на полях Агробиотехнопарка Казанского ГАУ. Целью исследований была оценка влияния различных сидеральных паров на агрофизические свойства и фитопатологическое состояние серой лесной среднесуглинистой почвы. В задачи исследований входило изучение характера изменений в ряде агрофизических параметров (плотность сложения, запасы продуктивной влаги, структурность) и в численности некоторых почвенных фитопатогенов при использовании чистого и различных сидеральных паров. В качестве парозанимающих сидератов выступали – гречиха, вико-овсяная смесь, горох, горчица белая, редька масличная. Контролем служил чистый пар. Опыты проводились в рамках многолетнего производственного стационара. Площадь, отводимая на каждый вариант составила 1,5 га. Повторность в опыте трехкратная. Почва опытных полей – высококультурная, серая лесная среднесуглинистая. Агротехнология возделывания сидеральных культур проводилась согласно рекомендациям. Заделка сидератов с бобовыми культурами проводилась в фазу их бутонизации; гречихи и капустных сидератов – в период начала цветения. Заделка сидератов, особенно горчицы белой, привела к снижению плотности сложения почвы до 1,00. Наибольшая структурность почвы также была в варианте с горчицей белой (76,2%). Применение в качестве сидератов горчицы белой и гороха привело, в сравнении с чистым паром, к увеличению накопления продуктивной влаги в почве на 20 мм. Заделка гречихи и горчицы белой способствовало полному очищению почвы от фитопатогенных грибов. В целом, среди изучаемых парозанимающих сидератов, наилучшие показатели по агрофизическим и фитопатологическим свойствам почвы были достигнуты при использовании горчицы белой.

Ключевые слова: сидераты, парозанимающие сидераты, агрофизические свойства почвы, почвенные фитопатогенные грибы

Для цитирования: Сафин Р.И., Низамов Р.М., Вафин И.Х. Влияние различных сидеральных паров на свойства серой лесной почвы // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. 1(9). С.

Введение. Современные тенденции в разработке эффективных систем земледелия предполагают максимальное использование природных ресурсов, т.е. их биологизацию [1, 2]. Применение приемов биологизации оказывает положительное влияние на различные свойства почвы, в том числе на ее биологическую активность [3]. В настоящее время в качестве приемов биологизации земледелия активно используются – многолетние травы; управление (менеджмент) соломы и растительных остатков; внесение органических и органоминеральных удобрений; применение биопрепаратов [4, 5, 6].

Одним из наиболее важных приемов биологизации земледелия является использование различных сидеральных культур, оказывающих многостороннее влияние на различные свойства сельскохозяйственных почв [7, 8, 9]. К числу наиболее распространенных сидератов, в различных регионах России, относятся парозанимающие [10, 11, 12]. В качестве парозанимающих сидератов могут выступать различные сельскохозяйственные культуры и их смеси. Так, достаточно много исследований было посвящено изучению влияния различных капустных растений (рапс, горчица белая, редька масличная), используемых в качестве парозанимающих сидератов, на различные свойства почв и продуктивность последующих сельскохозяйственных культур [13, 14, 15]. Высокая эффективность горчицы как сидеральной культуры в пару

показана в целом ряде работ [16, 17]. На Среднем Урале высокую эффективность показало использование смеси бобовых (горох) и зерновых (овес) в качестве парозанимающего сидерата под озимую рожь [18]. Возможно использование и гороха в чистом виде как сидеральной культуры [19]. К числу перспективных сидератов для использования в пару можно отнести и гречиху [20, 21]. Особенно ценным свойством данной культуры является способность ее корневой системы переводить недоступные формы почвенного фосфора в доступные, что имеет существенное значение для последующих культур севооборота. При изучении влияния различных сидератов, наибольшее внимание уделяется вопросам изменения под их влиянием в агрохимических параметрах почв. В меньшей степени изучаются изменения в агрофизических свойствах и накоплении почвенной инфекции фитопатогенов, вызывающих корневые гнили. В связи с вышеизложенным, целью исследований была оценка влияния различных сидеральных паров на агрофизические свойства и фитопатологическое состояние серой лесной среднесуглинистой почвы. В задачи исследований входило изучение характера изменений в ряде агрофизических параметров (плотность сложения, запасы продуктивной влаги, структурность) почвы и в численности почвенных фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих корневые гнили, при использовании чистого и различных сидеральных паров.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в 2023 году на стационарном полевом опыте Агробиотехнопарка Казанского ГАУ на серой лесной почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по Тюрину – 3,0%, подвижного фосфора очень высокое; обменного калия повышенное; рНКС1 – 6,6.

Агроклиматические параметры вегетационного периода 2023 года отличались периодически засушливыми явлениями. За вегетацию выпало лишь 40,9% осадков от нормы, а температура воздуха, в большинстве случаев, была выше среднегодовалных значений.

Схема полевого опыта:

1. Чистый пар (контроль);
2. Гречиха на сидерат (сорт Батыр, норма высева 50 кг/га);
3. Редька масличная на сидерат (сорт Альфа, норма высева 15 кг/га);
4. Горчица белая на сидерат (сорт Рапсодия, норма высева 20 кг/га);
5. Овес + вика на сидерат (овес сорт Рысак, вика – сорт Льговская 22, норма высева овса 2,5 млн. в.с./га., вики – 0,5 млн. в.с./га. весовая норма высева овса – 90 кг/га, вики – 40 кг/га);

6. Горох на сидерат (сорт Усатый кормовой, норма высева – 200 кг/га).

Общая площадь каждого варианта составила 1,5 га. В 2022 на участке выращивался яровой ячмень. Агротехнологии возделывания сидеральных культур были рекомендованными для зоны.

Заделка сидератов с бобовыми культурами проводилась в фазу их бутонизации; гречихи и капустных сидератов – в период начала цветения. Заделка проводилась с использованием двукратного дискования в разных направлениях дискатором.

Лабораторные исследования проводились в лабораторном комплексе Центра агроэкологических исследований ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. Определение агрофизических свойств почвы проводили по общепринятым методам [22]. Определение численности почвенных фитопатогенных грибов проводилось методом разведений с использованием твердых питательных сред Чапека и Сабуро.

Результаты и обсуждение. Одним из основных агрофизических показателей состояния почвы является ее плотность сложения (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика плотности сложения почвы в слое 0-20 см при использовании различных сидератов, г/см³, 2023 год

Вариант	Слой почвы			В среднем
	20.06.2023	17.07.2023	17.09.2023	
Чистый пар	1,04	1,11	1,14	1,10
Парозанимающие сидераты				
Гречиха	1,25	1,33	1,25	1,28
Редька масличная	1,18	1,28	1,18	1,21
Горчица белая	0,92	0,94	1,14	1,00
Вико-овсяная смесь	1,14	1,17	1,24	1,18
Горох	1,21	1,20	1,1	1,17

Примечание: оптимальные показатели для сельскохозяйственных культур – 1,0-1,3 г/см³

Результаты оценки показали, что использование в качестве сидерата горчицы белой, ведет к снижению плотности сложения почвы в сравнении с чистым паром. В тоже время, в варианте с гречихой на сидерат отмечается некоторое увеличение данного показателя. Однако, в целом, и на варианте с гречихой и во всех других вариантах с сидератами,

значения плотности сложения были в пределах оптимальных для большинства сельскохозяйственных культур параметров (от 1,00 до 1,28 г/см³), т.е. переуплотнение почвы не отмечалось.

Для оценки воздушного и водного режима почвы, важной характеристикой является общая пористость (табл. 2).

Таблица 2 – Общая пористость почвы при использовании различных сидератов, %, 2023 год

Вариант	Слой почвы			Оценка
	0-10 см	10-20 см	0-20 см	
Чистый пар	60,39	52,88	56,64	отличная
Парозанимающие сидераты				
Гречиха	55,4	49,68	52,54	удовлетворительная
Редька масличная	51,51	57,37	54,44	удовлетворительная
Горчица белая	56,32	56,42	56,37	отличная
Вико-овсяная смесь	51,04	54,3	52,67	удовлетворительная
Горох	58,63	56,31	57,47	отличная

Примечание: шкала оценки (по Н.А. Качинскому) – 55-65% – отличная; 50-55% - удовлетворительная; 50% – неудовлетворительная.

Как видно из таблицы 2, использование гороха, горчицы белой и чистого пара привело к тому, что пористость почвы была

на отличном уровне (56,37-57,47%), тогда как на вариантах с гречихой, редькой масличной и вико-овсяной смесью она была

АГРОНОМИЯ

на удовлетворительном уровне (52,54; 54,44 и 52,67 соответственно).

Для агрономической оценки состояния почв, особо важно знать ее

структурное состояние, и, в первую очередь, содержание агрономически ценных агрегатов, определяемых методом сухого просивания (табл. 3).

Таблица 3 – Коэффициент структурности почвы (содержание агрономически ценных агрегатов, %, 2023 год

Вариант	Слой почвы			Оценка
	0-10 см	10-20 см	0-20 см	
Чистый пар	60,93	61,93	61,43	хорошее
Парозанимающие сидераты				
Гречиха	68,43	75,62	72,02	хорошее
Редька масличная	68,09	71,74	69,91	хорошее
Горчица белая	70,56	81,83	76,20	хорошее
Вико-овсяная смесь	62,39	51,36	56,87	удовлетворительное
Горох	71,76	67,50	69,63	хорошее

Примечание: шкала оценки (по С.И. Долгову и П.У. Бахтину, 1966) – более 80% - отличное; 60-80% - хорошее; 40-60% - удовлетворительное; 20-40% - неудовлетворительное; менее 20% - плохое

Результаты оценки показали, что использование сидератов (за исключением вико-овсяной смеси), приводило к росту содержания агрономически ценных агрегатов в почве, по сравнению с вариантом с чистым паром.

Наибольшая структурность почвы была при использовании в качестве сидерата горчицы белой и составила в слое 0-20 см 76,2%. Водный режим почвы характеризуется показателями запасов продуктивной влаги (табл. 4) и влагоемкостью (табл. 5).

Таблица 4 – Запасы продуктивной влаги в почве при использовании различных сидератов (20.06.2023), мм

Вариант	Слой почвы			Оценка
	0-20 см	0-50 см	0-100 см	
Чистый пар	18,27	55,68	117,20	удовлетворительные
Парозанимающие сидераты				
Гречиха	17,35	61,69	114,90	удовлетворительные
Редька масличная	17,35	61,69	114,90	удовлетворительные
Горчица белая	17,09	60,07	137,67	хорошие
Вико-овсяная смесь	16,40	35,85	71,92	плохие
Горох	13,35	74,73	137,07	хорошие

Примечание: шкала оценки запасов продуктивной влаги в слое 0-100 см (по А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной, 1986) – больше 160 мм – очень хорошие; 130-160 мм - хорошие; 90-130 мм - удовлетворительные; 60-90 мм - плохие; меньше 60 мм – очень плохие

Данные по запасу продуктивной влаги показали, что использование в качестве сидератов горчицы белой и гороха привело к увеличению данного показателя (137,07-137,67 мм) в сравнении с чистым паром (117,2 мм). После гречихи и редьки масличной запасы продуктивной влаги были на уровне значений чистого пара, а в варианте с вико-овсяной смесью, показатели были

значительно ниже (71,92 мм) и оценивались как плохие.

Необходимо отметить, что засушливые явления в конце июня и в июле привели к резкому снижению запасов влаги в почве по всем вариантам до критического уровня (оценка запасов – очень плохие – плохие).

Численность фитопатогенных грибов, представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Численность фитопатогенных грибов в почве при использовании различных сидератов, *10³ КОЕ, 2023 г.

Вариант	Общая численность	Виды грибов
Чистый пар	1,3±0,06	<i>Botrytis sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> -
Парозанимающие сидераты		
Гречиха	0	-
Редька масличная	0,1±0,001	<i>Fusarium sp.</i> -
Горчица белая	0	-
Вико-овсяная смесь	1,6±0,08	<i>Fusarium sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i>
Горох	1,8±0,10	<i>Botrytis sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> -

Данные оценки показали, что использование в качестве сидератов гречихи и горчицы

белой способствует полному очищению почв от фитопатогенных грибов, тогда как после

гороха и вико-овсяной смеси отмечается увеличение численности фитопатогенных грибов в сравнении с чистым паром на 23-40%.

Выводы. Заделка сидератов привела к снижению плотности сложения почвы. Минимальные показатели плотности сложения отмечались в вариантах с горчицей белой и горохом на сидерат. Использование гороха на сидерат и горчицы белой привело к тому, что пористость почвы была на отличном уровне. Наибольшая структурность почвы была при использовании в качестве сидерата горчицы

белой. Использование в качестве сидератов горчицы белой и гороха привело к увеличению накопления влаги в почве в сравнении с чистым паром.

Использование в качестве сидератов гречи и горчицы белой способствовало полному очищению почвы от фитопатогенных грибов.

Таким образом, среди изучаемых парозанимающих сидератов, наилучшие показатели по агрофизическим и фитопатологическим свойствам почвы были достигнуты при использовании горчицы белой.

Литература

1. Башкин В. Н. Современные проблемы биологизации земледелия // Жизнь Земли. 2022. Т. 44, № 2. С. 180-191. DOI 10.29003/m3026.0514-7468.2022_44_2/180-191.
2. Основа биологизации земледелия сельскохозяйственных агроландшафтов / Н. В. Долгополова, Е. В. Мальшева, А. В. Нагорных и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 6-11.
3. Бобкова Ю. А., Никулин А. С. Свойства почвы и развитие растений в зависимости от применяемого элемента биологизации земледелия // Вестник сельского развития и социальной политики. 2020. № 2(26). С. 35-40.
4. Евстратова Л. П., Николаева Е. В., Евсеева Г. В. Эффективность использования многолетних трав в решении проблемы биологизации земледелия республики Карелия // Биосфера. 2022. Т. 14, № 3. С. 156-162. DOI 10.24855/biosfera.v14i3.687.
5. Бондаренко Н. А., Антонова О. И. Биологическая активность почв при внесении соломы и препаратов, ускоряющих её разложение // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (196). С. 26-33.
6. Зинченко М. К., Зинченко С. И. Биологическая диагностика экологического состояния серой лесной почвы в условиях интенсивной агрогенной нагрузки // Земледелие. 2023. № 1. С. 14-18. DOI 10.24412/0044-3913-2023-1-14-18.
7. Лошаков В. Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 30-42. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-30-42.
8. Битов Х. А., Бжеумыхов В. С. Влияние сидеральных культур на ферментативную активность почвы // Вестник аграрной науки. 2023. № 2(101). С. 6-11. DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6.
9. Стабилизация плодородия почвы и повышение продуктивности севооборотов / В. Ю. Скороходов, Ю. В. Кафтан, А. А. Зоров и др. // Плодородие. 2022. № 5(128). С. 16-20. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.04.
10. Бахвалова С. А., Федорова А. В. Сидераты и урожайность яровой пшеницы // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 36-38. DOI 10.25680/S19948603.2021.119.09.
11. Смуров С. И., Попова Т. В. Оценка различных видов культур и их сочетаний в качестве парозанимающих сидератов // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 11. С. 74-77.
12. Комарова Н. А. Значение различных паров в изменении плотности светло-серой лесной почвы и урожайности культур севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2(63). С. 58-63. DOI 10.30766/2072-9081.2018.63.2.58-63.
13. Стародубцев В. В., Виноградов Д. В. Использование ярового рапса в качестве парозанимающей культуры под озимую пшеницу // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 3(31). С. 107-110.
14. Пилипенко Н. Г., Андреева О. Т. Влияние редьки масличной в занятых и сидеральных парах на фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в полевом севообороте // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 4(20). С. 253-260.
15. Пегова Н. А. Урожайность и фитосанитарное состояние последних культур севооборота яровой пшеницы и ячменя // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 61-70. DOI 10.26897/0021-342X-2022-1-61-70.
16. Сравнительная эффективность различных систем удобрения и сидерата на продуктивность культур звена севооборота / Т. И. Володина, А. Н. Левченкова, Н. С. Козлов, В. Ю. Иванова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(44). С. 16-25.
17. Пегова Н. А., Тронина Л. О. Влияние вида пара и основной обработки почвы в севообороте на биологические свойства пахотного слоя // Агротехнический вестник. 2021. № 6. С. 3-8. DOI 10.24412/1029-2551-2021-6-001.
18. Биологические свойства чернозёма оподзоленного при использовании различных сидеральных культур по системе органического земледелия на Среднем Урале / М. Ю. Карпухин, В. В. Чулкова, В. А. Чулков, Э. Р. Батыршина // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3(43). С. 16-25. DOI 10.52463/22274227_2022_43_16.
19. Чадаев И. М., Гурин А. Г. Аккумуляция элементов питания зернобобовыми культурами используемых в качестве предшественника // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 1(33). С. 59-63. DOI 10.24411/2309-348X-2020-11157.
20. Нечаев Л. А., Гольшшин Л. В. Определение оптимального варианта использования сидератов под озимую пшеницу на основе морфометрического анализа параметров флагового листа // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 3(7). С. 65-74.
21. Казанбеков И. А., Котлярова Е. Г., Титовская А. И. Водный режим и продуктивность сидератов в зависимости от основной обработки чернозема типичного // Вестник аграрной науки. 2017. № 6(69). С. 9-15.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Работа выполнена в рамках НИР «Комплексная многолетняя оценка эффективности применения приемов биологизации, снижения углеродного следа и агрометеорологического мониторинга в зернопаропропашных севооборотах Республики Татарстан».

Сведения об авторах:

Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Низамов Рустам Мингазизович – доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: nizamovr@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5436-9351>

Вафин Ильшат Хафизович – старший преподаватель, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1415-0734>

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE INFLUENCE OF VARIOUS GREEN MANURE VAPORS ON THE PROPERTIES OF GRAY FOREST SOI

R. I. Safin, R. M. Nizamov, I. Kh. Vafin

Abstract. The results of research conducted in 2023 on the fields of the Agrobiotechnopark of Kazan State Agrarian University are presented. The purpose of the research was to assess the influence of various green manure fallows on the agrophysical properties and phytopathological state of gray forest medium-loamy soil. The objectives of the research included studying the nature of changes in a number of agrophysical parameters (density, reserves of productive moisture, structure) and in the abundance of some soil phytopathogens when using pure and various green manure fallows. The steam-taking green manures were buckwheat, vetch-oat mixture, peas, white mustard, and oilseed radish. Pure steam served as control. The experiments were carried out within the framework of a long-term production hospital. The area allocated for each option was 1.5 hectares. The experiment was repeated three times. The soil of the experimental fields is highly cultivated, gray forest medium loamy. The agricultural technology for cultivating green manure crops was carried out according to the recommendations. The incorporation of green manure with legumes was carried out during their budding phase; buckwheat and cabbage green manure - during the beginning of flowering. The incorporation of green manure, especially white mustard, led to a decrease in soil density to 1.00. The highest soil structure was also observed in the variant with white mustard (76.2%). The use of white mustard and peas as green manures led, in comparison with pure steam, to an increase in the accumulation of productive moisture in the soil by 20 mm. Incorporation of buckwheat and white mustard contributed to the complete cleansing of the soil from phytopathogenic fungi. In general, among the studied fallow green manures, the best indicators for agrophysical and phytopathological properties of the soil were achieved when using white mustard.

Key words: green manure, vapor-consuming green manure, agrophysical properties of soil, soil phytopathogenic fungi

For citation: Safin R.I., Nizamov R.M., Vafin I.Kh. The influence of various green manure fallows on the properties of gray forest soil. *Agrobiotechnologies and digital agriculture*. 2024; 1(9):

References

1. Bashkin V. N. [Modern problems of biological agriculture]. *Zhizn' Zemli*. 2022; 4. 2: 180-191. DOI 10.29003/m3026.0514-7468.2022_44_2/180-191.
2. Dolgoplova N. V., Malysheva E. V., Nagornyh A. V. [The basis of biologization of agriculture of agricultural agricultural landscapes]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2021; 7: 6-11.
3. Bobkova Ju. A., Nikulin A. S. [Soil properties and plant development depending on the applied agriculture biologization element]. *Vestnik sel'skogo razvitija i social'noj politiki*. 2020; 2(26): 35-40.
4. Evstratova L. P., Nikolaeva E. V., Evseeva G. V. [The effectiveness of the use of perennial grasses in solving the problem of biologization of agriculture in the republic of Karelia]. *Biosfera*. 2022; 14(3): 156-162. DOI 10.24855/biosfera.v14i3.687.
5. Bondarenko N. A., Antonova O. I. [Biological activity of soils during the application of straw and preparations, increasing its decomposition]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; 2(196): 26-33.
6. Zinchenko M. K., Zinchenko S. I. [Biological diagnostics of the ecological state of grey forest soil under conditions of intense agrogenic load]. *Zemledelie*. 2023; 1: 14-18. DOI 10.24412/0044-3913-2023-1-14-18.
7. Loshakov V. G. [Ecological and phyto-sanitary functions of green manure]. *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2018; 5: 30-42. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-30-42.
8. Bitov H. A., Bzheumyhov V. S. [Influence of sideral crops on the enzymatic soil activity]. *Vestnik agrarnoj nauki*. 2023; 2(101): 6-11. DOI 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6.
9. Skorohodov V. Ju., Kaftan Ju. V., Zorov A. A. [The possibility of stabilizing soil fertility and increasing crop rotation productivity by saturation with intermediate crops and sideral steam]. *Plodorodie*. 2022; 5(128): 16-20. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.04.
10. Bahvalova S. A., Fedorova A. V. [Ciderates and spring wheat crop yield]. *Plodorodie*. 2021; 2(119): 36-38. DOI 10.25680/S19948603. 2021.119.09.
11. Smurov S. I., Popova T. V. [Evaluation of different crops and their combinations as green manure]. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2015; 29(11): 74-77.
12. Komarova N. A. [The importance of various fallows for changing the density of light-gray forest soil and yield productivity of plants in crop rotation]. *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018; 2(63): 58-63. DOI 10.30766/2072-9081.2018.63.2.58-63.
13. Starodubcev V. V., Vinogradov D. V. [Use of summer colza as parozanimayushchy culture under winter wheat]. *Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2016; 3(31): 107-110.
14. Pilipenko N. G., Andreeva O. T. [Influence of various kinds couple on phytosanitary condition of grain crops in crop rotation]. *Vestnik APK Stavropol'ja*. 2015; 4(20): 253-260.
15. Pegova N. A. [Yield and phytosanitary state of the last crops of the crop rotation of wheat and barley].

- Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2022; 1: 61-70. DOI 10.26897/0021-342X-2022-1-61-70.
16. Volodina T. I., Levchenkova A. N., Kozlov N. S. [Comparative effectiveness of various fertilizer and siderate systems on crop productivity in a rotation link]. Izvestija Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2023; 3(44): 16-25.
17. Pegova N. A., Tronina L. O. [Influence of fallow type and main soil treatment in crop rotation on biological properties of arable layer]. Agrohimicheskij vestnik. 2021; 6: 3-8. DOI 10.24412/1029-2551-2021-6-001.
18. Karpuhin M. Ju., Chulkova V. V., Chulkov V. A. [Biological properties of podzolic chernozem when using various green manure crops according to the organic agriculture system in the middle urals]. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2022; 3(43): 16-25. DOI 10.52463/22274227_2022_43_16.
19. Chadaev I. M., Gurin A. G. [The accumulation of elements of a food legume used as a precursor]. Zernobobovye i krupjanye kul'tury. 2020; 1(33): 59-63. DOI 10.24411/2309-348X-2020-11157.
20. Nechaev L. A., Golyshkin L. V. [Definition of optimum variant of use of green manure crops under winter wheat on basis of morphometric analysis of parameters of flag leaf]. Zernobobovye i krupjanye kul'tury. 2013; 3(7): 65-74.
21. Kazanbekov I. A., Kotljarova E. G., Titovskaja A. I. [Water mode and green manure effect depending on the main cultivation of the typical chernozem]. Vestnik agrarnoj nauki. 2017; 6(69): 9-15. DOI 10.15217/issn2587-666X.2017.6.9.
22. Shein E. V., Goncharov V. M. Agrophysics. Rostov na Donu: Feniks. 2006: 400.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

The work was carried out within the framework of the research project "Comprehensive long-term assessment of the effectiveness of the use of biologization techniques, carbon footprint reduction and agrometeorological monitoring in grain-fallow crop rotations of the Republic of Tatarstan".

Authors:

Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, head of the department, e-mail: radiksaf2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6276-5728>

Nizamov Rustam Mingazizovich – Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: nizamovr@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5436-9351>

Vafin Ilshat Khafizovich – senior lecturer, e-mail: zemledeliekazgau@mail.ru, [http:// orcid.org/0000-0002-1415-0734](http://orcid.org/0000-0002-1415-0734)

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.