ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.51.01; 631.432.2; 631.425.6; 631.559

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-182-193

Влияние способов основной обработки почвы на влаготемпературный режим почвы и урожайность озимой пшеницы

Юлия Александровна Семенихина, Сергей Иванович Камбулов

Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Юлия Александровна Семенихина,
semenixina1982@mail.ru

Аннотация. **Цель:** изучение влияния способов обработки почвы на влаготемпературный режим почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения. **Материалы и методы:** исследование различных способов основной обработки почвы осуществлялось в условиях многолетнего стационарного опыта в 2017–2019 гг. на выделенном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской» (южная зона Ростовской области). Возделываемая культура – озимая пшеница сорта Станичная, предшественник – горох. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Изучаемые способы обработки: поверхностный, мелкий, отвальный и нулевой (прямой посев). Методика определения относительной влажности и температуры почвы в автономном режиме основывалась на применении метеостанций (регистраторов) Watch Dog серии 1400 Micro фирмы Spectrum Technologies, Inc., датчики влажности и температуры почвы располагали на глубине 30 см. Параллельно отслеживались влажность и температура воздуха с количеством выпавших осадков. **Результаты:** установлено, что в южной зоне Ростовской области нулевая обработка почвы на протяжении всего периода наблюдений обеспечивает высокое влагосбережение, не допуская перегрева почвы, одновременно позволяя получать стабильно высокую урожайность озимой пшеницы, чем выгодно отличается от других способов обработки почвы. **Выводы:** сравнение различных способов обработки с лидирующей по всем показателям нулевой обработкой почвы позволило установить, что в среднем при поверхностной обработке влажность почвы ниже на 17,75 %, температура почвы выше на 4,12 %, а урожайность ниже на 8,37 %. При мелкой обработке влажность почвы ниже на 20,12 %, температура почвы выше на 12,19 %, а урожайность ниже на 12,14 %. При отвальном способе обработки влажность почвы ниже на 13,19 %, температура почвы выше на 11,48 %, а урожайность ниже на 5,44 %.

Ключевые слова: способ обработки почвы, влажность почвы, температура почвы, озимая пшеница, урожайность

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Influence of primary tillage methods on moisture-temperature soil regime and winter wheat yield

Yulia A. Semenikhina, Sergey I. Kambulov

Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russian Federation

Corresponding author: Yulia A. Semenikhina, semenixina1982@mail.ru

Abstract. Purpose: to study the influence of soil cultivation methods on soil moisture-temperature regime and the winter wheat yield under conditions of insufficient and unstable moisture. **Materials and methods:** the study of various primary soil tillage methods was carried out under the conditions of long-term stationary experience in 2017–2019 on the isolated field of Federal State Budgetary Scientific Institution “Asovskiy Scientific Centre “Donskoy” (southern zone of Rostov region). The cultivated crop is Stanichnaya variety winter wheat, the predecessor is peas. The experimental site soil is ordinary calcareous heavy loamy chernozem. The studied tillage methods are surface, shallow, moldboard and zero (direct seeding). The method for determining the relative humidity and soil temperature in an autonomous mode was based on the use of Watch Dog 1400 Micro meteorological stations (recorders) from Spectrum Technologies, Inc., the soil moisture and temperature sensors were located at a depth of 30 cm. At the same time, the air humidity and temperature and the accumulation precipitation were monitored. **Results:** it was found that in the southern zone of Rostov region, zero tillage throughout the entire observation period provides high moisture conservation, preventing soil overheating, at the same time allowing to obtain a consistently high yield of winter wheat, which compares favorably with other tillage methods. **Conclusions:** comparison of various tillage methods with leading in all indicators zero tillage allowed to establish that, on average, with surface tillage, soil moisture is lower by 17.75 %, soil temperature is higher by 4.12 %, and yield is lower by 8.37 %. With shallow tillage, the soil moisture is 20.12 % lower, the soil temperature is 12.19 % higher, and the yield is 12.14 % lower. With the moldboard method, soil moisture is lower by 13.19 %, the soil temperature is higher by 11.48 %, and the yield is lower by 5.44 %.

Keywords: tillage methods, soil moisture, soil temperature, winter wheat, yield

Введение. Любая технология возделывания сельскохозяйственных культур опирается на почвенные и погодно-климатические условия [1], соответствующие географическому положению. Для южных регионов России характерны неустойчивое и недостаточное увлажнение [2], участвовавшие периоды засух и прогрессирующая деградация почв, которой способствует ветровая и водная эрозия [3]. В этом случае интенсивная отвальная обработка [4] почвы с упрощением севооборотов губительна для пахотного плодородного слоя. По мнению А. В. Жученко, В. Г. Антонова и др. [5, 6], комбинированные и минимальные способы обработки с технологической операцией послойного рыхления, способствующие сохранению растительных остатков от стерни, оказывают щадящее воздействие на почвенный слой, обеспечивая при этом оптимальную почвенную структуру [7]. Последняя способна создавать наилучшие условия для биологических, химических, физических и прочих процессов, разуплотняя почву и сберегая при этом ее слой от выветривания и вымывания. Поскольку наш институт,

ФГБНУ «АНЦ «Донской», географически расположен в зоне рискованного земледелия с недобором осадков, то исследование влияния способов обработки почвы на влаготемпературный режим и урожайность озимой пшеницы является целесообразным и практически актуальным.

Цель исследования – установить влияние способов обработки почвы на влаготемпературный режим почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения (южная зона Ростовской области).

Материалы и методы. Для намеченного исследования нами был заложен многолетний стационарный опыт в 2017–2019 гг. на выделенном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской» (южная зона Ростовской области). Возделываемая культура – озимая пшеница сорта Станичная, предшественник – горох. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы гумуса – 3,3 %, P_2O_5 – 19,0–24,5 мг/кг, K_2O – 327–337 мг/кг почвы, pH – 7,1. Погодные условия в период вегетации озимой пшеницы различались по количеству выпавших осадков и температуре воздуха. Так, в 2016/2017 сельскохозяйственном году сумма осадков и среднесуточная температура воздуха были выше среднемноголетних и составили 124 и 110 % от среднемноголетних соответственно. В 2017/2018 сельскохозяйственном году осадки выпадали неравномерно по сезонам, их сумма равнялась 102 % от нормы, а среднемесячная температура воздуха была выше среднемноголетней на 17 %. В 2018/2019 сельскохозяйственном году отмечалось незначительное превышение осадков (106 % от многолетней нормы) и повышенный температурный режим воздуха в период вегетации (127 % от нормы).

Изучали следующие способы обработки почвы, положенные в основу традиционной технологии возделывания сельскохозяйственных культур:

- поверхностная на глубину 8–10 см с применением дисковой бороны Б7Т, осуществляющей рыхление дисковыми батареями;

- мелкая на глубину 12–14 см комбинированным многооперационным почвообрабатывающим агрегатом КУМ-4, совмещающим в себе операции рыхления, крошения глыб, вычесывания сорняков с последующим уплотнением почвы;

- отвальная на глубину 23–25 см (проводили вспашку плугом ПН-5-35 с оборотом почвенного пласта);

- нулевая обработка почвы с применением сеялки прямого посева Wintersteiger Plotseed и соблюдением принципа нулевой технологии, заключающегося в обязательном наличии мульчирующего слоя из растительных остатков предшествующих культур [8], который препятствует испарению и перегреву почвы [9, 10].

Известно [11, 12], что в результате длительного применения нулевой технологии процесс почвообразования проходит по природному принципу, в результате чего преобладают анаэробные процессы в почве, способствующие медленному разложению растительных остатков с последующим накоплением органического вещества.

Недобор осадков и их неравномерное распределение в вегетационный период приводит к периодическому дефициту влаги, который влияет на пластичность корневой системы растений [13, 14], выраженную в их приспособляемости извлекать влагу из максимального объема почвы. Установлено, что глубокая обработка почвы с достаточным увлажнением провоцирует развитие мощной корневой системы, способной проникать на всю глубину пахотного слоя и даже глубже. В то же время при уменьшении глубины обработки пластичность корневой системы проявляется в ее распределении в приповерхностном слое, что позволяет растениям активно использовать не только атмосферные осадки, но и атмосферную ирригацию, когда за счет разницы температур почвы и воздуха в почве образуется роса и происходит так называемый «сухой» полив.

Поэтому нами было принято решение об исследовании динамики

влажностетемпературного режима почвы в 30-сантиметровом (пахотном) слое, который содержит такое количество влаги при имеющихся температурных условиях, что органические вещества и микроэлементы способны поглощаться корневой системой растений в наиболее короткие сроки.

Методика определения влажности и температуры почвы в автономном режиме основывалась на применении метеостанций (регистраторов) Watch Dog серии 1400 Micro фирмы Spectrum Technologies, Inc. (США), оснащенных датчиками для измерения относительных параметров влажности и температуры почвы на протяжении вегетационного периода озимой пшеницы. Согласно техническим характеристикам метеостанций диапазон измеряемых значений относительной влажности от 0 до 100 % (точность измерений ± 3 % при температуре 25 °С для диапазона 10–90 %, за пределами этого диапазона точность измерений ± 5 %). Диапазон измеряемых температур от минус 40 до плюс 85 °С; для диапазона от минус 20 до плюс 50 °С точность измерений составляет $\pm 0,6$ °С, за пределами этого диапазона $\pm 1,2$ °С. Метеостанции настраивали при помощи программы Spec Ware 9 Basic на фиксацию показателей влажности и температуры каждый час (24 измерения в сутки) в автономном режиме. Передача данных осуществлялась по кабелю в полевых условиях. Впоследствии данные обрабатывались в программе Microsoft Excel и Statistica 6.0. Применение подобной методики для определения влажности и температуры почвы позволило отказаться от трудоемкого термостатно-весового способа. На рисунке 1 представлена схема размещения регистратора и датчиков в почве и фото в процессе изъятия данных в полевых условиях.

Результаты и обсуждения. В результате исследования динамики влажности и температуры почвы по 24 измерениям вычисляли среднесуточные значения. После выявления зависимости влажности и температуры почвы от различных способов ее обработки проводили их сравнительную оценку с учетом атмосферных условий: влажности и температуры окружа-

ющего воздуха, количества выпавших осадков. Для глубокого анализа влияния способов обработки почвы на ее влажность и температуру за годы исследований руководствовались средним арифметическим значением за вегетационный период озимой пшеницы, что объясняет «завышение» итоговых значений влажности почвы. При анализе результатов (таблица 1) исследований режима влажности почвы за «эталон» сохранно увлажненной почвы была принята почва при нулевой обработке (100 %), что позволило данную обработку отнести к контрольной (К).

а) схема размещения регистратора, датчика влажности и температуры в исследуемом слое почвы (источник: <http://agrolla.ru/index.php?action=subgroup&groupid=19&subid=88>)

б) процесс изъятия данных в полевых условиях (автор фото С. И. Камбулов)

Рисунок 1 – Метеостанция Watch Dog серии 1400 Micro

**Таблица 1 – Результаты исследования влажности почвы
в зависимости от способов ее основной обработки (средние
данные за вегетационный период озимой пшеницы)**

В %

Способ обработки почвы	Влажность почвы за годы исследований на глубине 30 см				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Изменение к контролю
Поверхностная обработка	44,78	43,41	41,4	43,20	82,25
Мелкая обработка	43,12	42,84	39,9	41,95	79,88
Отвальная обработка	47,62	47,56	41,6	45,59	86,81
Нулевая обработка (К)	58,71	52,35	46,5	52,52	100,00
НСР ₀₅	2,34	2,11	2,98	—	—

Влияние других способов обработки почвы на режим влажности почвы проявилось следующим образом: при мелком и поверхностном способах обработки потери почвенной влаги были максимальными и составили 20,12 и 17,75 % соответственно, при отвальном способе обработки 13,19 %. Это позволяет сделать вывод о том, что стабильное влагосбережение обеспечивает необработанная почва, оно объясняется наличием мульчирующего слоя и принципом невмешательства, позволяющим самоорганизованно выстраивать биохимические, физиологические и прочие почвенные процессы, стремясь к их балансу. Этот же вывод подтверждается значением НСР, поскольку фактическая разница между вариантами значений существенна.

Также статистической обработкой установлена средняя отрицательная корреляционная связь между влажностью окружающего воздуха и влажностью почвы при поверхностной обработке ($r = -0,42$), при мелкой обработке $r = -0,48$, при нулевой обработке $r = -0,42$, при отвальной обработке корреляционная связь практически отсутствует ($r = -0,15$). Это свидетельствует о том, что при поверхностной, мелкой, нулевой обработке (наименьшем вмешательстве в структуру почвы) имеют место схожие закономерности в протекании миграционных процессов с участием почвенной влаги и влаги окружающего воздуха; при отвальном способе обработки процессы отличны.

Аналогично процессам изменения влажности почвы протекали и

тепловые процессы в почве в зависимости от способов ее обработки, результаты исследования которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования температуры почвы в зависимости от способов ее основной обработки (средние данные за вегетационный период озимой пшеницы)

В °С

Способ обработки почвы	Температура почвы за годы исследований на глубине 30 см				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Изменение к контролю, %
Поверхностная обработка	10,62	12,64	7,84	10,37	104,12
Мелкая обработка	12,32	13,12	8,07	11,17	112,19
Отвальная обработка	11,71	13,46	8,13	11,10	111,48
Нулевая обработка (К)	9,76	12,30	7,81	9,96	100,00
НСР ₀₅	0,78	0,84	0,52	–	–

При анализе результатов исследований режима температуры почва при нулевой обработке оказалась менее прогретой и была взята за контроль (100 %) для дальнейшего сравнения. Таким образом, было выявлено следующее влияние других способов обработки почвы на ее температурный режим: при мелком и отвальном способах обработки среднее прогревание почвы было максимальным и составило 12,19 и 11,48 % соответственно, при поверхностном способе прогревание было незначительным (4,12 %). Фактической разницы НСР по способам обработки выявлено не было.

Статистическая обработка установила прямую тесную корреляционную связь между температурой почвы и температурой воздуха при поверхностной обработке ($r = 0,96$), при мелкой обработке $r = 0,95$, при отвальной обработке $r = 0,93$, при нулевой обработке $r = 0,95$. Это свидетельствует о том, что способ обработки почвы, а также наличие мульчирующего слоя влияет на температуру почвы. А тепловая инертность самой почвы при возникающем перепаде температур способна создавать «точку» росы, способствуя возникновению дополнительной конденсированной влаги, что имеет значение в период отсутствия атмосферных осадков и высоких температур воздуха.

Анализ данных об урожайности озимой пшеницы, представленных в таблице 3, показал, что в среднем за годы исследований наиболее высокая урожайность была зафиксирована при нулевой обработке. При рассмотрении средних значений за годы исследований урожайность озимой пшеницы после мелкой обработки почвы сравнительно с нулевой обработкой ниже на 12,14 %, после поверхностной обработки почвы – на 8,37 %; наименьшая разница в урожайности отмечена после отвальной обработки (5,44 %). При этом фактическая разница между вариантами обработок почвы при получении урожайности в 2017 и 2018 гг. была меньше НСР (2,19 и 1,45 соответственно), что не выявило их существенных отличий. Тем не менее в 2019 г. различия между вариантами обработок были существенными, поскольку фактическая разница между вариантами превысила НСР (0,72).

Таблица 3 – Результаты исследования урожайности озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы

В т/га

Способ обработки почвы	Урожайность за годы исследований				
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	Изменение к контролю, %
Поверхностная обработка	8,63	5,43	5,64	6,57	91,63
Мелкая обработка	7,23	5,63	6,05	6,30	87,86
Отвальная обработка	7,70	6,23	6,41	6,78	94,56
Нулевая обработка (К)	8,48	6,27	6,75	7,17	100,00
НСР ₀₅	2,19	1,45	0,72	–	–

Тем не менее благоприятный по погодным условиям 2017 г. позволил получить высокую урожайность по всем вышеуказанным обработкам. Что касается отвального способа обработки, то он занимает срединное положение по способам обработки в период трехлетних исследований между поверхностным, мелким способами и нулевой обработкой. Абсолютно лидирующее положение по урожайности пшеницы, независимо от погодных условий, закрепилось за нулевой обработкой.

Следовательно, фактический опыт исследований различных способов обработки почвы и технологии возделывания озимой пшеницы выявил наибольшую эффективность применения нулевой обработки по ее уро-

жайности в южной зоне Ростовской области с недостаточным и неустойчивым увлажнением.

Выводы. Сравнение различных способов обработки в разнообразных климатических условиях с лидирующей по всем показателям нулевой обработкой почвы выявило, что при поверхностной обработке влажность почвы ниже на 17,75 %, температура почвы выше на 4,12 %, а урожайность ниже на 8,37 %. При мелкой обработке влажность почвы ниже на 20,12 %, температура почвы выше на 12,19 %, а урожайность ниже на 12,14 %. При отвальном способе обработки влажность почвы ниже на 13,19 %, температура почвы выше на 11,48 %, а урожайность ниже на 5,44 %.

Таким образом, установлено, что в южной зоне Ростовской области нулевая обработка почвы на протяжении всего периода наблюдений обеспечивает высокое влагосбережение, не допуская перегрева почвы, одновременно позволяя получать стабильно высокую урожайность озимой пшеницы, чем выгодно отличается от других способов обработки почвы.

Список источников

1. Дорохов Б. А., Васильева Н. М. Современные погодные условия и их воздействие на хозяйственные показатели озимой пшеницы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 11-2(38). С. 106–111. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762.
2. Беляков А. М., Назарова М. В. Оценка экологического состояния агроландшафтов в зонах недостаточного увлажнения юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 35–42. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-3.
3. Vach M., Hlisnikovsky L., Javurek M. The effect of different tillage methods on erosion // Agriculture (Pol'nohospodarstvo). 2018. Vol. 64, № 1. P. 28–34. DOI: 10.2478/agri-2018-0003.
4. Пыхтин И. Г. Обработка почвы: действительность и мифы // Земледелие. 2017. № 1. С. 33–36.
5. Жученко А. В., Оберемок В. А. Комбинированный способ основной обработки почвы и сравнительная энергетическая оценка различных технологических процессов обработки почвы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2016. № 116(02). С. 1–13. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/27.pdf> (дата обращения: 13.04.2021).
6. Антонов В. Г., Ермолаев А. П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65, № 4. С. 87–92. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92.
7. Николаев В. А., Биналиев И. Ф. Влияние разных способов обработки на структуру почвы и урожайность озимой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8(154). С. 18–23.

8. Поляков Д. Г., Бакиров Ф. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
9. Rahma A. E., Warrington D. N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // International Soil and Water Conservation Research. 2019. Vol. 7. P. 335–345. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.08.003.
10. Семенихина Ю. А., Камбулов С. И. Влаготемпературный режим почвы при возделывании озимой пшеницы // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 3(91). С. 269–278.
11. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
12. Изменение почвенно-биологических процессов и структуры микробного сообщества агрочерноземов при разных способах обработки почвы / О. В. Кутовая, А. М. Гребенников, А. К. Тхакахова, В. А. Исаев, В. М. Гармашов, В. А. Беспалов, Ю. И. Чевердин, В. П. Белобров // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 35–61.
13. Влага и корневая система озимой пшеницы в севообороте / И. Н. Листопадов, Э. А. Гаевая, А. Ю. Габунов, А. Е. Мищенко // Земледелие. 2009. № 5. С. 34–36.
14. Динамика развития корневой системы яровой пшеницы в условиях активного проявления засух и различной обеспеченности элементами питания растений / И. Ф. Медведев, Ф. В. Сиренко, В. И. Ефимова, С. С. Деревягин // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 8. С. 6–10.

References

1. Dorokhov B.A., Vasilyeva N.M., 2019. *Sovremennye pogodnye usloviya i ikh vozdeystvie na khozyaystvennye pokazateli ozimoy pshenitsy* [Current weather conditions and their impact on economic indicators of winter wheat]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], no. 11-2(38), pp. 106-111, DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762. (In Russian).
2. Belyakov A.M., Nazarova M.V., 2019. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya agrolandshaftov v zonakh nedostatochnogo uvlazhneniya yuga Rossii* [Assessment of the ecological state of agricultural landscapes in zones of insufficient moisture in the south of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(55), pp. 35-42, DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-3. (In Russian).
3. Vach M., Hlisnikovskiy L., Javurek M., 2018. The effect of different tillage methods on erosion. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*, vol. 64, no. 1, pp. 28-34, DOI: 10.2478/agri-2018-0003.
4. Pykhtin I.G., 2017. *Obrabotka pochvy: deystvitel'nost' i mify* [Soil Cultivation: Reality and Myths]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 33-36. (In Russian).
5. Zhuchenko A.V., Oberemok V.A., 2016. [Combined primary tillage and comparative energy assessment of various technological processes of soil cultivation]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskiy setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 116(02), pp. 1-13, available: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/27.pdf> [accessed 13.04.2021]. (In Russian).
6. Antonov V.G., Ermolaev A.P., 2018. *Effektivnost' dlitel'nogo primeneniya minimal'nykh sposobov obrabotki pochvy v sevooborotakh* [The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agrarian Science of Euro-North-East], vol. 65, no. 4, pp. 87-92, DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92. (In Russian).
7. Nikolaev V.A., Binaliev I.F., 2017. *Vliyanie raznykh sposobov obrabotki na strukturu pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy* [Influence of different tillage methods on

the soil structure and winter wheat yield]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 8(154), pp. 18-23. (In Russian).

8. Polyakov D.G., Bakirov F.G., 2020. *Organicheskaya mul'cha i No-till v zemledelii: obzor zarubezhnogo opyta* [Organic mulch and no-till in agriculture: a review of foreign experience]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 3-7, DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101. (In Russian).

9. Rahma A.E., Warrington D.N., Lei T., 2019. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China. *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 7, pp. 335-345, DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.08.003.

10. Semenikhina Yu.A., Kambulov S.I., 2019. *Vlagotemperaturnyy rezhim pochvy pri vozdeystvii ozimoy pshenitsy* [Moisture-temperature mode of soil while cultivating winter wheat]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], vol. 14, no. 3(91), pp. 269-278. (In Russian).

11. Baibekov R.F., 2018. *Prirodopodobnye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya* [Nature-like technologies is the basis for sustainable development of agriculture]. *Zemledeliye* [Agriculture], no. 2, pp. 5-8, DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201. (In Russian).

12. Kutovaya O.V., Grebennikov A.M., Tkachkova A.K., Isaev V.A., Garmashov V.M., Bupalov V.A., Cheverdin Yu.I., Belobrov V.P., 2018. *Izmenenie pochvenno-biologicheskikh protsessov i struktury mikrobnogo soobshchestva agrochernozemov pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy* [Changes in soil biological processes and structure of microbial community of agrochernozems with different methods of soil cultivation]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva* [Bulletin of Soil Institute named after V.V. Dokuchaev], iss. 92, pp. 35-61. (In Russian).

13. Listopadov I.N., Gaevaya E.A., Gabunov A.Yu., Mishchenko A.E., 2009. *Vlaga i kornevaya sistema ozimoy pshenitsy v sevooborote* [Moisture and root system of winter wheat in crop rotation]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 5, pp. 34-36. (In Russian).

14. Medvedev I.F., Sirenko F.V., Efimova V.I., Derevyagin S.S., 2013. *Dinamika razvitiya kornevoy sistemy yarovoy pshenitsy v usloviyakh aktivnogo proyavleniya zasukhi i razlichnoy obespechennosti elementami pitaniya rasteniy* [Dynamics of spring wheat root system under active manifestation of droughts and different supply of plant nutrients]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], no. 8, pp. 6-10. (In Russian).

Информация об авторах

Ю. А. Семенихина – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, semenixina1982@mail.ru

С. И. Камбулов – главный научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, kambulov.s@mail.ru

Information about the authors

Yu. A. Semenikhina – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, semenixina1982@mail.ru

S. I. Kambulov – Senior Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, kambulov.s@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.03.2021; одобрена после рецензирования 01.06.2021; принята к публикации 07.06.2021.

The article was submitted 19.03.2021; approved after reviewing 01.06.2021; accepted for publication 07.06.2021.