

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО СЛАБОГУМУСИРОВАННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ В ЗОНЕ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

А. А. Гонгало, кандидат сельскохозяйственных культур, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, gongalo_a@niishk.site, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218;

В. В. Реент, младший научный сотрудник лаборатории земледелия, reent_val@niishk.site, ORCID ID: 0009-0002-4424-5360

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
295043, г. Симферополь, ул. Киевская, д. 150; e-mail: priemnaya@niishk.site*

Исследования по влиянию технологии возделывания на агрофизические свойства чернозема южного малогумусированного на лессовидных легких глинах в условиях континентального климата проводились на опытных полях ФГБУН «НИИСХ Крыма». Метеоусловия в годы исследований отличались по температуре, количеству осадков. Исследования проводились в стационарном полевом севообороте в 2017–2024 годах. Целью исследования было сравнительное изучение традиционной технологии, рекомендованной для условий Крыма, с технологией прямого посева. По данным агрометеорологической станции Клепинино, среднегодовая температура воздуха за 2017–2024 гг. превышала среднемноголетнюю норму на 1,3–3,4 °С. Количество осадков, выпавших в 2017, 2020 и 2024 годах, можно оценивать как экстремально засушливые условия. Три года из восьми лет наблюдений, были близки к средне климатическому показателю (2019, 2021, 2022), а сумма осадков 2018 и 2023 годов, превысила показатель на 116 и 118 %. За исследуемые годы доступная влажность по технологиям была одинаковой, небольшие отличия находились в пределах погрешности. Равновесная плотность в слое почвы 0–30 см по обеим технологиям находилась в оптимальных значениях и составляла 1,27–1,28 г/см³. Инокуляция семян способствовала достоверному увеличению урожая на варианте прямого посева по льну масличному на 0,06 т/га, на ячмене озимом составила 0,31 т/га, на сорго зерновом – 0,14 т/га. Среднегодовая продуктивность севооборота при прямом посеве, где применялась инокуляция семян Микробиоком-Агро самая высокая – 2,38 т. зерновых единиц с 1 га. – 2,79 т. кормопротеиновых единиц т. Полученные результаты исследования могут быть рекомендованы при внедрении ресурсо- и энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур в агросистемах степного Крыма, с обязательной инокуляцией семян полифункциональными микробными препаратами.

Ключевые слова: технология прямого посева, влажность почвы, плотность почвы, урожайность, севооборот, продуктивность.

Для цитирования: Гонгало А. А., Реент В. В. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства чернозема южного слабогумусированного и урожайность в зоне недостаточного увлажнения // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 5. С. 104–110. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-100-5-104-110.



A CULTIVATION TECHNOLOGY EFFECT ON THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF LOW-HUMUS SOUTHERN BLACKEARTH AND CROP PRODUCTIVITY IN A ZONE OF INSUFFICIENT MOISTURE

A. A. Gongalo, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for agriculture, gongalo_a@niishk.site, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218;

V. V. Reent, junior researcher of the laboratory for agriculture, reent_val@niishk.site, ORCID ID: 0009-0002-4424-5360

*Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture in Crimea”,
295043, Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Str; e-mail: priemnaya@niishk.site*

There has been studied the cultivation technology effect on the agrophysical properties of low-humus southern blackearth on the forest-like light clays in continental climate conditions on the experimental plots of the FSBSI “Research Institute of Agriculture in Crimea”. Weather conditions during the years of study varied in temperature and precipitation. The research was conducted in a stationary field crop rotation from 2017 to 2024. The purpose of the study was to compare the traditional technology recommended for Crimean conditions with the direct seeding technology. The average annual air temperature in 2017–2024 exceeded the annual average by 1.3–3.4 °C according to the Klepinino agrometeorological station dates. The precipitation amount in 2017, 2020 and 2024 can be estimated as having formed extremely arid conditions. The average climatic indicators for three of the eight years of observations (2019, 2021, 2022) were close to the average climatic indicator. The amount of precipitation in 2018 and 2023 exceeded the indicator by 116 and 118%. During the years of study, the available moisture was the same in different technologies, with minor differences within the margin of error. The equilibrium density in the 0–30 cm soil layer for both technologies was within optimal values and amounted to 1.27–1.28 g/cm³. The seeds inoculation to a significant increase in yield on the direct sowing option for oilseed flax by 0.06 t per ha, on winter barley it amounted to 0.31 t per ha, on grain sorghum by 0.14 t per ha has contributed. The average annual productivity

of the crop rotation with direct seeding, where seed inoculation with Microbiokom-Agro was used, was the largest with 2.38 tons of grain units per 1 ha, and with 2.79 tons of feed protein units per 1 ha. The obtained research results for the introduction of resource- and energy-saving technologies for crop cultivation in the agro-systems of the steppe Crimea can be recommended with mandatory inoculation of seeds with multifunctional microbial preparations.

Keywords: direct seeding technology, soil moisture, soil density, yield, crop rotation, productivity.

Введение. Современные системы обработки почвы являются важной составляющей при успешном ведении сельского хозяйства. Обострение экологических проблем в России и в мире в целом диктует нам необходимость дифференцированно подходить к системам земледелия (Горянин и др., 2024; Tubalov et al., 2023).

Основной обработкой почвы в Республике Крым с момента освоения целинных земель и до середины 70-х гг. XX века была разноглубинная вспашка с оборотом пласта. Такая система обработки сопровождалась частыми пыльными бурями. В отдельные годы с крымских полей терялось до 90 млн м³ плодородного слоя, что поставило перед учеными задачу разработать для условий степного Крыма почвозащитную, влаго-, и энергосберегающую систему обработки почвы.

Под руководством В. И. Зинченко на протяжении 30 лет стационарных опытов была разработана научно обоснованная система земледелия Крыма, в основе которой лежал вариант с сочетанием мелких и поверхностных обработок с глубокой вспашкой в поле черного пара. Основным видом органического удобрения, вносимого под черный пар, был навоз КРС, который вносился (в среднем на 1 га севооборотной площади) на суходоле до 10 т, а на орошении – до 15 т. Сегодня на гектар пашни вносится меньше 0,4 т органических удобрений, что в последние годы привело к росту эрозионных процессов и угнетению почвенной микрофлоры, а содержание гумуса снизилось в среднем на 0,5–0,8 % (Гонгало, 2025). Поэтому поиск путей предотвращения подобных процессов актуален.

В связи с этим растет интерес к ресурсосберегающим технологиям, к которым относится и технология прямого посева, набирающая популярность как в нашей стране (Гоноченко и др., 2025; Дубовик и Дубовик, 2024), так и по всему миру (Hongyu et. al., 2025). Для сохранения черноземов южных слабогумусированных, которые содержат менее 4 % гумуса, актуальной проблемой является пополнение запасов органического вещества почвы с помощью минимизирования обработки почвы, применяя в том числе и прямой посев (Дементьев и Фадеев, 2024).

Цель наших исследований – сравнительное изучение традиционной технологии, рекомендованной для условий Крыма, с технологией прямого посева.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытном поле отделения полевых культур ФГБУН «Научно-исследовательского института Крыма» (с. Клепинино Красногвардейского района, координаты 45°31'47.3" с. ш.; 34°11'48.0" в. д.). Этот

район относится к степи южной зоны недостаточного увлажнения. Среднегодовое количество осадков составляет 428 мм. Около 60 % от годового их объема выпадает на теплый период, часто в виде кратковременных ливней летом.

Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С – 3350–3500 °С, гидротермический коэффициент 0,4–0,8. Средняя продолжительность безморозного периода в воздухе составляет 195–200 дней, на поверхности почвы – 170–175 дней. Количество дней с относительной влажностью воздуха ≤ 30 % в среднем составляет 20, количество дней с суховеями в теплый период (апрель–октябрь) достигает 20–30. Количество дней с засухой в приземном слое воздуха в период вегетации сельскохозяйственных культур за 30 лет метеонаблюдений отмечают от 300–350 дней. Климатические условия проведения полевого опыта относятся к умеренно-холодным, полусухим, континентальным. Весна характеризуется значительной сухостью и частыми холодными ветрами восточного (22 %) и северо-восточного (20 %) направления. Лето обычно жаркое, засушливое. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,5 °С, в последние годы зафиксирована тенденция к ее повышению (Прудко и Адаменко, 2011).

Почва опыта представлена черноземом южным слабогумусированным среднесиловым на лессовидных легких глинах в пятипольном плодосменном севообороте. Мощность гумусового слоя (горизонт А) составляет 24–36 см, всего 57–70 см. В пахотном слое содержится 2,4–2,7 % гумуса (по Тюрину), N-NO₃ – 5,2 мг/100 г почвы, подвижных форм P₂O₅ – 1–2,5 мг/100 г почвы, K₂O – 42 мг/100 г почвы (по Мачигину); валовых: азота (N) – 0,11–0,12 %, фосфора (P) – 0,20 %, калия (K) – 1,96 %. Сумма поглощенных щелочей – 28,5–38,3 мг-экв/100 г почвы. Реакция почвенного раствора слабощелочная в верхнем горизонте (рН 7,7–7,9). У выщелоченных черноземов линия вскипания от HCl проходит на 40 см.

Севооборот развернут в пространстве всеми пятью полями со следующим чередованием культур: по традиционной технологии – черный пар – озимая пшеница – лен масличный – ячмень озимый – сорго зерновое, на прямом посеве имеется отличие по предшественнику озимой пшеницы – горох зерновой. Первая ротация севооборота (5 лет) завершилась в 2021 г., с 2022 г. проходит вторая ротация. Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов рендомизированное с расщеплением делянок, шахматное в два яруса. Общая площадь опытной делянки составляла 150 м² (6 × 25), учетная площадь – 50 м².

Схема опыта включала следующие варианты: технология возделывания (фактор А) традиционная технология (поверхностная обработка – дискование 10–12 см + культивация 5 см; под черный пар вносили 30 т/га перепревшего навоза КРС с заделкой в почву на 22 см), прямой посев (без обработки почвы) и предпосевная обработка семян (фактор В) контроль – семена обрабатывали химическим протравителем, на изучаемом варианте предпосевную обработку проводили комплексным микробным препаратом Микробиоком-Агро.

Расход препарата Микробиоком-Агро – 100 мл/т семян, он обладает полифункциональными свойствами (его основу составляют азот-, фосфорфиксирующие бактерии и биофунгицид).

Традиционная технология возделывания сельскохозяйственных культур общепринятая для региона. Сев культур проводили сеялкой СЗ-3,6 (ширина междурядий 15 см), пропашной культуры сорго – СП КЛЕН-4,2 (ширина междурядий 70 см). По прямому посеву не проводили механической обработки почвы, кроме посева сеялкой ДОН-114 (ширина междурядий 21 см). На варианте прямого посева после уборки предшественника и перед посевом культуры проводили обработку участков препаратом сплошного спектра действия (Торнадо 540, BP) нормой 2 л/га. Колтер сеялки обеспечил про-

резание пожнивных остатков и создание борозды на линии посева. Основное внесение минеральных удобрений (NP)₆₀ в виде аммофоса N₁₂P₅₂ вносили перед посевом по классической технологии с заделкой в почву на глубину 10–12 см, по прямому посеву – одновременно с посевом сеялкой ДОН-114. Весеннюю подкормку аммиачной селитрой (N)₃₀ проводили по мерзлоталой почве агрегатом РУМ-1000. Обработки посевов гербицидами, фунгицидами и инсектицидами выполняли согласно технологической карте культур. Норма высева культур: пшеницы – 4, ячменя – 3,5, гороха – 1,2, льна – 3,5, сорго – 0,8 млн всхожих семян на 1 гектар. Продуктивность севооборота рассчитывали согласно рекомендациям Т. В. Князева и В. С. Ульянова (2016). Запасы продуктивной влаги в почве на глубину 1 м определяли послойно (каждые 10 см) термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89). Плотность почвы рассчитывали методом цилиндров (Доспехов, 2014) послойно на глубину 30 см в период посева культур. Учеты и статистическую обработку полевых опытов осуществляли по методике Б. А. Доспехова (2014) с использованием программы Microsoft Excel.

По данным агрометеорологической станции Клепинино среднегодовая температура воздуха за 2017–2024 гг. превышала средне многолетнюю норму на 1,3–3,4 °C (рис. 1).

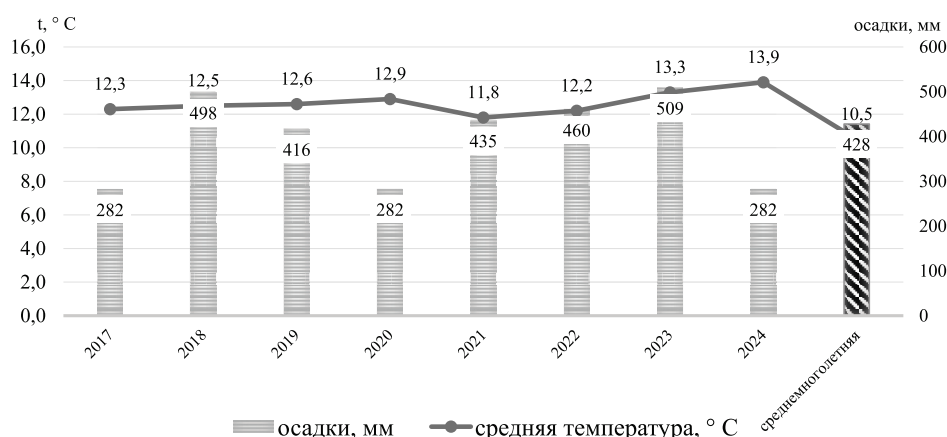


Рис. 1. Среднегодовые агроклиматические показатели в годы проведения исследования, агрометеорологическая станция Клепинино

Fig. 1. Average annual agroclimatic parameters during the years of study, agrometeorological station Klepinino

Согласно рис. 1, количество осадков сильно варьировало по годам исследований. В 2017, 2020 и 2024 гг. культуры вегетировали в экстремально засушливых условиях. Три года из восьми лет наблюдений были близки к среднему климатическому показателю (2019, 2021, 2022 гг.), а сумма осадков 2018 и 2023 гг. превысила показатель на 116 и 118 % соответственно.

По данным агрометеорологической станции Клепинино среднемесячная температура воздуха за годы исследований была выше средне многолетних значений (рис. 2).

Среднемесячная температура января и февраля не имела отрицательных показателей, что не могло не отразиться на вегетации озимой группы культур и минерализационных процессах в целом.

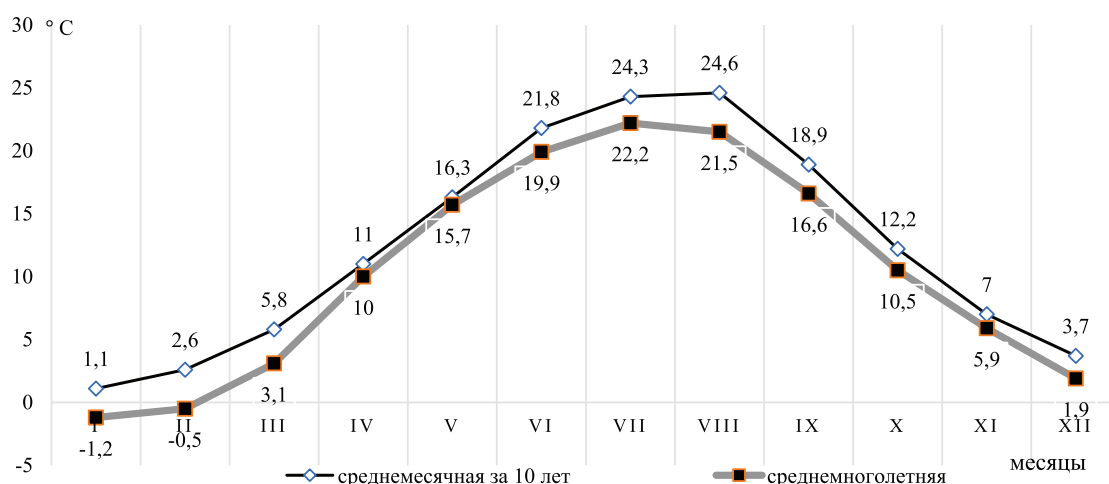


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха в годы проведения исследования, °C (среднее за 2017–2024 гг.)

Fig. 2. Average monthly air temperature during the years of study, °C (mean in 2017–2024)

Результаты и их обсуждение. Для получения урожая в степных районах лимитирующим фактором является влага. Наличие продуктивной влаги в почве зависит от выпадающих осадков, среднесуточной температуры воздуха и силы ветра.

Контрастные погодные условия в годы исследования позволили более полно раскрыть

поставленную задачу по изучению влияния технологий на накопление и сохранение доступной влаги.

В нашем исследовании обработки почвы не оказали существенного влияния на запас влаги в посевном, пахотном и метровом слоях почвы (табл. 1).

Таблица 1. Влияние технологии возделывания культур на количество доступной влаги, мм (среднее за 2017–2024 гг.)

Table 1. A cultivation technology effect on available moisture, mm (mean in 2017–2024)

Технология возделывания	Слой почвы, см	Период учета, мм	
		посев	полная спелость
Традиционная	0–10	5,8	3,3
	0–20	14,4	9,6
	0–100	60,5	31,1
Прямой посев	0–10	6,4	2,7
	0–20	14,5	7,8
	0–100	61,7	29,2
НСП ₀₅	0–10	FФ < FТ	FФ < FТ
	0–20	FФ < FТ	FФ < FТ
	0–100	FФ < FТ	FФ < FТ

В среднем за годы исследований перед посевом культур, независимо от систем земледелия, запасы продуктивной влаги оценивались в посевном и пахотном слоях почвы как неудовлетворительные – менее 20 мм, а в метровом – плохие. Перед уборкой влагообеспеченность была очень низкой и даже в метровом слое почвы находилась на уровне 30 мм. В среднем по севообороту при анализе данных не отмечено существенных отличий между технологиями и их достоверного влияния на накопление и сохранение влаги в почве.

Важным показателем, влияющим на рост и развитие культур, является объемная масса – плотность почвы. Плотность почвы должна находиться в оптимальных пределах для луч-

шего развития корневой системы сельскохозяйственных культур и соответствовать их экологическим потребностям. Черноземы южные малогумусированные среднемощные на лесовидных легких глинах в гумусовом горизонте (0–40 см) имеют плотность сложения почвы 1,10–1,32 г/см³, в переходном горизонте (40–115 см) объемная масса варьирует в диапазоне 1,35–1,48 г/см³ (Драган, 2004). Оптимальными значениями плотности почвы для большинства культур являются показатели от 0,9 до 1,2 г/см³. В наших исследованиях при обеих технологиях возделывания слой почвы 0–10 см имел оптимальный параметр сложения для всхожести сельскохозяйственных культур и не имел достоверных отличий (табл. 2).

Таблица 2. Изменение плотности почвы в зависимости от технологии возделывания, г/см³ (среднее за 2017–2024 гг.)
Table 2. Change of soil density depending on a cultivation technology, g/cm³ (mean in 2017–2024)

Технология возделывания	Культура	Слой почвы, см		
		0–10	10–20	20–30
Традиционная	черный пар	1,00	1,23	1,39
	озимая пшеница	1,11	1,37	1,51
	лен масличный	1,09	1,28	1,45
	озимый ячмень	1,09	1,38	1,51
	сorgho зерновое	1,00	1,36	1,43
	среднее	1,06	1,32	1,46
Прямой посев	горох посевной	1,01	1,35	1,31
	озимая пшеница	1,05	1,35	1,45
	лен масличный	1,03	1,36	1,33
	озимый ячмень	1,16	1,45	1,49
	сorgho зерновое	1,03	1,33	1,36
	среднее	1,05	1,37	1,39
НСР ₀₅		0,04	0,08	0,04

Слой почвы в 10–20 см, где будет размещаться и развиваться основная масса корней растений, значительно плотнее вышележащего слоя на обеих технологиях – 1,32 и 1,37 г/см³ соответственно. При этом в слое 10–20 см прослеживается тенденция уплотнения почвы по технологии прямого посева на 0,05 г/см³, или 3,8 %. Под пахотным горизонтом (20–30 см) зафиксировано уплотнение почвенного профиля по традиционной технологии

на 0,07 г/см³, или 5,0 %, по сравнению с прямым посевом. В отличие от технологии прямого посева в слое 20–30 см в традиционной технологии наблюдается уплотнение почвы в сравнении с вышележающим слоем, что объясняется длительной обработкой на одинаковую глубину.

В нашем опыте урожайность яровой культуры гороха посевного в среднем за восемь лет составила 1,22–1,34 т/га (табл. 3)

Таблица 3. Влияние технологии возделывания и обработки семенного материала на урожайность, т/га (среднее за 2017–2024 гг.)
Table 3. Effect of cultivation technology and seed processing on productivity, t/ha (mean in 2017–2024)

Технология возделывания	Обработка семян	Сельскохозяйственные культуры				
		горох	пшеница	лен	ячмень	сorgho
Традиционная	без обработки	–	4,43	0,97	3,64	1,70
	обработка семян	–	4,49	0,93	3,58	1,79
Прямой посев	без обработки	1,22	3,18	0,87	3,31	1,60
	обработка семян	1,34	3,12	0,93	3,62	1,74
Средняя по технологиям	традиционная	–	4,43	0,94	3,64	1,75
	прямой посев	–	3,15	0,85	3,31	1,67
Средняя по обработке	без обработки	1,22	3,80	0,90	3,58	1,65
	обработка семян	1,34	3,80	0,90	3,62	1,77
НСР ₀₅	по технологии	–	0,83	0,12	0,43	0,43
	по обработке	0,09	0,21	0,05	0,12	0,13
	взаимодействие	–	0,86	0,13	0,44	0,45

Применение комплексного микробного препарата Микробиоком-Агро способствовало достоверной прибавке урожая на 0,12 т/га, или 9,8 %. Урожайность озимой пшеницы по классической технологии, где предшественником выступил черный пар с внесением органического удобрения, существенно превышала – на 1,28 т/га (40,6 %) – прямой посев. Предпосевная обработка семян не оказала достоверного влияния на изменение урожайности по обеим технологиям. Возделывание льна масличного по разным технологиям не повлияло на урожайность культуры. Инокуляция семян способствовала достоверному увели-

чению урожая на варианте прямого посева на 0,06 т/га (7,0 %). Вышеописанные закономерности повторяются при анализе данных урожайности озимого ячменя и sorgho зернового. При инокуляции семян Микробиокомом-Агро на прямом посеве прибавка на ячмене составила 0,31 т/га, на sorgho – 0,14 т/га.

Для оценки севооборота по исследуемым технологиям возделывания и обработке семенного материала мы провели расчет продуктивности, где средняя урожайность культур переведена в зерновые и кормовые единицы, переваримый протеин, а также рассчитан показатель кормопroteина (КПЕ).

В среднем за 8 лет исследований на контрольном варианте прямого посева урожайность была на 0,14 т/га (6,5 %) з. ед. меньше, чем

контроль, и больше на 0,04 т/га (1,9 %) з. ед. варианта с инокуляцией по традиционной технологии (табл. 4).

Таблица 4. Влияние технологии возделывания на продуктивность севооборотов, т/га (среднее за 2017–2024 гг.)

Table 4. A cultivation technology effect on crop rotation productivity, t/ha (mean in 2017–2024)

Технология возделывания	Обработка семян	Урожайность, т/га (средняя по культурам)	Выход с 1 га, т			
			з. ед.	к. ед.	переваримый протеин	КПЕ
Традиционная технология	без обработки	2,16	2,28	2,58	0,25	2,53
	обработка семян	1,99	2,10	2,37	0,23	2,33
Прямой посев	без обработки	2,04	2,14	2,43	0,25	2,48
	обработка семян	2,38	2,38	2,71	0,28	2,76

При изучении применения предпосевной инокуляции семян препаратом Микробиоком-Агро сбор зерновых единиц превысил варианты контроля по традиционной технологии и прямому посеву на 0,1 т/га (4,4 %) и 0,24 т/га (11,2 %) соответственно. Вышеописанные значения прослеживаются в таких показателях, как кормовые и кормопротеиновые единицы.

Таким образом, при возделывании изучаемых в опыте культур прямым высевом в засушливых условиях степного региона обязательным агрономическим приемом должна стать инокуляция семенного материала полифункциональным микробным препаратом.

Выводы. Установлено, что в условиях недостаточного увлажнения Центральной степи Крыма в целом по севообороту значимых отличий по накоплению и сохранению доступной влаги в период посева и уборки культур между сравниваемыми технологиями обнаружено не было.

Проведенные исследования свидетельствуют, что при соблюдении всех технологических аспектов технологии введение прямого посева на черноземах южных малогумусированных на лессовидных легких глинах не приводит к переуплотнению почвенного профиля.

Плотность почвы при ПП восстанавливается до исходного уровня. На традиционной технологии в слое почвы 20–30 см отмечено достоверное уплотнение плотности, превышающее оптимальные значения.

При сравнении технологий достоверное увеличение урожайности отмечено на озимой пшенице по ТП на 1,28 т/га. Обработка семян Микробиоком-Агро способствовала прибавке урожая на ПП.

Среднегодовая продуктивность севооборота на прямом посеве с инокуляцией семенного материала самая высокая из всех вариантов – 2,38 зерновых единиц.

Таким образом, на черноземе южном в условиях недостаточного увлажнения, применяя инокуляцию семян полифункциональными микробными препаратами, возможно внедрение технологии прямого посева.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» (тема № FNZW-2022-0004).

Благодарности. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку работы.

Библиографический список

1. Гонгало А. А. Влияние технологии возделывания на засоренность посевов и продуктивность озимого ячменя // Плодородие. 2025. № 1(142). С. 26–30. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.07
2. Гоноченко А. В., Гаджиумаров Р. Г., Джандаров А. Н., Дриджер В. К. Рост, развитие и урожайность озимой пшеницы в зависимости от интенсификации технологии возделывания в системе прямого посева на черноземе обыкновенном Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 3. С. 84–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-98-3-84-90
3. Горянин О. И., Джангабаев Б. Ж., Щербинина Е. В., Пронович Л. В. Оптимизация технологических операций при возделывании полевых культур в засушливых условиях Поволжья // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 5. С. 34–38. DOI: 10.31857/S250026272305006X
4. Дементьев Д. А., Фадеев А. А. Влияние систем обработки на агрофизические свойства темно-серой лесной почвы и продуктивность звена полевого севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. Т. 25, № 6. С. 1100–1111. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.6.1100-1111
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В. Макроструктурное состояние чернозема типичного при различных способах обработки почвы // Агрофизика. 2024. № 1. С. 1–9. DOI: 10.25695/AGRPH.2024.01.01
7. Князева Т. В., Ульянов В. С. Кормопроизводство: метод. рекомендации. Краснодар: КубГАУ, 2016. 56 с.
8. Прудко О. И., Адаменко Т. И. Агроклиматический справочник по АР Крым / под ред. О. И. Прудко, Т. И. Адаменко. Симферополь: Таврида, 2011. 342 с.
9. Tubalov A. A., Belyakov A. M., Koshelev A. V., Sytin G. O. Influence of the No-till Technology on the Bulk Density of the Calcic Chernozem of the Volgograd Region // Indian Journal of Agricultural Research. 2024. Vol. 58(3). P. 488–494. DOI: 10.18805/IJARE.AF-825

10. H. Lin, J. Zheng, M. Zhou, P. Xu, T. Lan, F. Kuang, Z. Li, Z. Yao, B. Zhu Crop straw incorporation increases the soil carbon stock by improving the soil aggregate structure without stimulating soil heterotrophic respiration // *Journal of Integrative Agriculture*. 2025. Vol. 24. P. 1542–1561. DOI: 10.1016/j.jia.2024.09.026

References

1. Gongalo A. A. Vliyanie tekhnologii vozdel'yvaniya na zasorennost' posevov i produktivnost' ozimogo yachmenya [A cultivation technology effect on weediness and winter barley productivity] // *Plodorodie*. 2025. № 1(142). S. 26–30. DOI: 10.25680/S19948603.2025.142.07
2. Gonochenko A. V., Gadzhumarov R. G., Dzhandarov A. N., Dridiger V. K. Rost, razvitiye i urozhnaynost' ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot intensivifikatsii tekhnologii vozdel'yvaniya v sisteme pryamogo poseva na chernozeme obyknovennom Stavropol'skogo kraya [Winter wheat growth, development, and productivity depending on cultivation intensification in a direct seeding system on ordinary blackearth in the Stavropol territory] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2025. T. 17, № 3. S. 84–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-98-3-84-90.
3. Goryanin O. I., Dzhangabaev B. Zh., Shcherbinina E. V., Pronovich L. V. Optimizatsiya tekhnologicheskikh operatsii pri vozdel'yvanii polevykh kul'tur v zasushlivykh usloviyakh Povolzh'ya [Optimization of technological operations in field crop cultivation in the arid conditions of the Volga Region] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2023. № 5. S. 34–38. DOI: 10.31857/S250026272305006X
4. Dement'ev D. A., Fadeev A. A. Vliyanie sistem obrabotki na agrofizicheskie svoystva temno-seroi lesnoi pochvy i produktivnost' zvena polevogo sevooborota [The effect of cultivation systems on the agro-physical properties of dark gray forest soils and the field crop rotation productivity] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2024. T. 25, № 6. S. 1100–1111. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.6.1100-1111
5. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with fundamentals of statistical analysis of the study results)]. Izd. 5-e., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. Dubovik E. V., Dubovik D. V. Makrostrukturnoe sostoyanie chernozema tipichnogo pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy [Macrostructural state of typical blackearth under various tillage methods] // *Agrofizika*. 2024. № 1. S. 1–9. DOI: 10.25695/AGRP.2024.01.01
7. Knyazeva T. V., Ul'yanov V. S. Kormoproizvodstvo: metod. Rekomendatsii [Forage production: methodological recommendations]. Krasnodar: KubGAU, 2016. 56 s.
8. Prudko O. I., Adamenko T. I. Agroklimaticheskii spravochnik po AR Krym [Agroclimatic handbook for the AR of Crimea] / pod red. O. I. Prudko, T. I. Adamenko. Simferopol': Tavrida, 2011. 342 s.
9. Tubalov A. A., Belyakov A. M., Koshelev A. V., Sytin G. O. Influence of the No-till Technology on the Bulk Density of the Calcic Chernozem of the Volgograd Region // *Indian Journal of Agricultural Research*. 2024. Vol. 58(3). P. 488–494. DOI: 10.18805/IJARE.AF-825
10. H. Lin, J. Zheng, M. Zhou, P. Xu, T. Lan, F. Kuang, Z. Li, Z. Yao, B. Zhu. Crop straw incorporation increases the soil carbon stock by improving the soil aggregate structure without stimulating soil heterotrophic respiration // *Journal of Integrative Agriculture*. 2025. Vol. 24. P. 1542–1561. DOI: 10.1016/j.jia.2024.09.026

Поступила: 29.04.25; доработана после рецензирования: 23.07.25; принята к публикации: 23.07.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гонгало А. А. – подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, концептуализация исследования, подготовка рукописи; Реент В. В. – подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.