

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА (NO-TILL) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТЕПИ КРЫМА

К. Г. Женченко, научный сотрудник лаборатории земледелия, klara.zhenchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1210-2547;

Е. Н. Турин, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, turin_e@niishk.ru, ORCID ID: 0000-0003-1680-2828;

А. А. Гонгало, научный сотрудник лаборатории земледелия, gongalo-nyura@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail priemnaya@niishk.ru

Озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – ценная зерновая культура. Цель исследования – оценить влияние системы земледелия прямого посева (no-till, технология без обработки почвы) на агрофизические свойства почвы, засоренность делянок и урожайность озимой пшеницы в сравнении с рекомендованной для зоны Центральной степи Крыма. Стационарный опыт заложен в 2015 г., научные исследования начали проводить с 2017 г. В опытах изучался сорт пшеницы озимой Аскет. Почва на участке закладки стационарного опыта – чернозем южный с содержанием: гумуса – 2,0–2,1%; подвижного фосфора – 2,0–2,7 мг/100 г почвы; обменного калия – 25–30 мг/100 г почвы. Общая площадь делянки – 300 м²; учетная – 50 м². Повторность – трехкратная. Среднегодовая температура воздуха – 10,4 °С; среднегодовое количество осадков – 428 мм. Математическую обработку проводили по Б. А. Доспехову. Прямой посев за 2017–2019 гг. способствовал накоплению доступной влаги в почве при выращивании озимой пшеницы. За осенне-зимний период ее накопилось 46 мм, что в два раза больше, чем на контроле. Прямой посев не влиял на видовой состав сорняков. Количество их при отсутствии обработки почвы увеличилось на 6,1 шт./м². Плотность почвы при посеве в слое 0–30 см находилась на одном уровне по технологиям. В возобновление весенней вегетации произошло уплотнение почвы, в среднем по слоям этот параметр был на уровне оптимальных значений. Количество агрегатов агрономически ценных размеров было при прямом посеве на 2,5% выше, чем на контроле. Коэффициент структурности на контрольном варианте равнялся 2,7; при no-till – 3,2. Урожайность на контроле составила 3,86 т/га, а по прямому посеву – 3,30 т/га, что в контроле на 0,56 т/га (14,5%) больше, чем на изучаемом варианте.

Ключевые слова: пшеница озимая, *Triticum aestivum* L., система земледелия, прямой посев, no-till, без обработки почвы, нулевая технология, урожайность.

Для цитирования: Женченко К. Г., Турин Е. Н., Гонгало А. А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (no-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71) С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.



THE STUDY RESULTS OF THE FARMING SYSTEM OF DIRECT SOWING (NO-TILL) WHEN GROWING WINTER WHEAT IN THE CENTRAL STEPPE OF THE CRIMEA

K. G. Zhenchenko, researcher of the laboratory for agriculture, klara.zhenchenko@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1210-2547;

E. N. Turin, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for agriculture, turin_e@niishk.ru, ORCID ID: 0000-0003-1680-2828;

A. A. Gongalo, researcher of the laboratory for agriculture, gongalo-nyura@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3098-3218

Research Institute of Agriculture of the Crimea, 295493, The Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya Str., 150; e-mail priemnaya@niishk.ru

Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) is a valuable grain crop. The purpose of the current study was to assess the effect of the direct sowing system (no-till, technology without tillage), in comparison with the one recommended for the zone of the Central Steppe of the Crimea, on the agrophysical characteristics of the soil, weed infestation of the plots and winter wheat productivity. The trial was laid in 2015, the study began to be carried out in 2017. In the trials there was studied the winter wheat variety 'Asket'. The soil of the experimental plot was southern blackearth (chernozem) with 2.0–2.1% of humus, with 2.0–2.7 mg of labile phosphorus per 100 g of soil and 25–30 mg of exchangeable potassium per 100 g of soil. The total area of the plot was 300 m², the accounting area was 50 m² with threefold repetition. The average annual air temperature was 10.4 °C, the average annual precipitation was 428 mm. Mathematical processing was carried out according to the Dospikhov's method. The direct sowing in 2017–2019 contributed to the accumulation of available moisture in the soil when growing winter wheat. During the autumn-winter period, there were accumulated 46 mm, which was two times more than in the control variant. The direct sowing did not affect the weed species' composition. Their number in the variants with no-tillage increased by 6.1 pcs/m². The soil density when sowing in the 0–30 cm layer was at the same level in terms of technologies. During the renewal of the spring vegetation there was soil softening and, on average, over the layers, this parameter was at the level of optimal values. The number of agronomically valuable aggregates was on 2.5% higher with direct sowing than in the control variant. The structural coefficient in the control variant was 2.7, and with no-till it was 3.2. The productivity in the control variant was

3.86 t/ha, and in the direct sowing it was 3.30 t/ha, which was on 0.56 t/ha (14.5%) more in the control variant than in the studied variant.

Keywords: winter wheat, *Triticum aestivum* L., farming system, direct sowing, no-till, no tillage, zero technology, productivity.

Введение. Среди зерновых культур в мировом земледелии ведущее место по площадям, урожайности, по значению в питании человека пшеница занимает ведущее место (Николаев и Изотов, 2001; Qin et al., 2020).

Экологическая пластичность, огромное видовое и сортовое разнообразие дают возможность возделывать пшеницу при довольно разных сочетаниях почвенных и погодно-климатических условий. Большая часть мирового производства пшениц представлена пшеницей озимой (Izotov et al., 2019).

На Крымском полуострове также среди полевых культур главенствует пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.). Уникальное сочетание почвенно-климатических условий нашего региона способствует формированию зерна пшениц высокого качества (Николаев и Изотов, 2001).

По последним исследованиям экономистов в мировом производстве зерна пшениц наблюдается тенденция уменьшения площадей ее посева, но при этом повышается урожайность (Kumar et al., 2020). Задача аграрного производства России для увеличения валового сбора зерна – идти тем же путем, то есть увеличивать урожайность и качество производимой продукции, не расширяя при этом площади посевов. Освободившиеся посевные площади послужат расширению видового разнообразия в структуре посевных площадей, что очень актуально для современного сельскохозяйственного производства.

Вопросы выращивания пшеницы озимой изучены крымскими учеными и производственниками досконально (Николаев и Изотов, 2001). На данном этапе стоит вопрос изучения новой системы земледелия – прямой посев в необработанную почву в сравнении с традиционной системой, принятой в Степном Крыму.

Новая система земледелия кардинально отличается от традиционной полным отсутствием механической обработки почвы, поэтому ее еще называют нулевой. В мировой земледельческой практике, учитывая отсутствие механической обработки почвы, сохранение растительных остатков на поверхности почвы, увеличение фотосинтетического периода путем посева промежуточных и бинарных посевов, ее также называют природоподобной технологией прямого посева (Байбеков, 2018; Турин, 2020).

Появление данной системы – это требование самой жизни, суммы сложившихся обстоятельств. Почвенное плодородие, создававшееся веками, в последнее столетие довольно активно эксплуатировалось, поэтому, как результат, повсеместное ухудшение всех его физико-химических параметров: водная, ветровая эрозия, значительные потери гумуса,

а в некоторых регионах даже невосполнимые (Петрова и др., 2015).

В конце прошлого столетия в мире произошло резкое повышение цен на энергоносители. В России рост тарифов и цен на топливно-энергетические ресурсы продолжается, а обработка почвы в технологиях выращивания полевых культур самая дорогая технологическая операция (Дридигер и др., 2017). Отток рабочей силы из сельской местности, кадровые вопросы – тоже своего рода проблема в аграрном производстве, особенно в Республике Крым.

Вопрос наличия продуктивной влаги в почве на сегодня особо актуальный. Влага в степи всегда была лимитирующим фактором, все более усиливающаяся аридность климата усугубила эту проблему. По мнению многих ученых и фермеров, прямой посев обеспечивает более полное накопление и сохранение продуктивной влаги в почве в сравнении с традиционной системой земледелия (Izotov et al., 2019; Петрова и др., 2015).

Первыми начали внедрять новую систему земледелия сельхозпроизводители Бразилии, Аргентины, США, Канады и других стран латиноамериканского континента (Дридигер и др., 2017), а позже уже подключилась аграрная наука к ее изучению.

Многие крымские фермеры, изучив опыт других стран, начали осваивать новую технологию и внедрять ее в своих предприятиях с начала нового столетия, получая при этом положительные результаты, так как не только экономят средства на обработке почвы, но и получают из года в год урожаи основных сельскохозяйственных культур выше, чем в среднем по Республике Крым. Рентабельность производства у них выше, чем в агропредприятиях, выращивающих полевые культуры по традиционной технологии (Борисенко и др., 2019).

Цель работы – выяснить влияние системы земледелия прямого посева (no-till, технология без обработки почвы, нулевая технология) на агрофизические свойства почвы, засоренность делянок и урожайность озимой пшеницы в сравнении с рекомендованной для зоны Центральной степи Крыма.

Материалы и методы исследований. Стационарный опыт по изучению технологии прямого посева в сравнении с традиционной системой был заложен в 2015 г. на поле отдела интродукции технологий в полеводстве и животноводстве лаборатории земледелия ФГБУН «НИИСХ Крыма» (зона Центральной степи Крыма, с. Клепонино Красногвардейского района). Закладка опытов и проведение исследований осуществлялись в соответствии с общепринятыми методиками полевых опытов в земледелии и растениеводстве (Доспехов, 1985). В севообороты входили всеми полями,

поэтому 2015–2016 гг. считаются переходными. Севообороты одинаковые по изучаемым системам, за исключением заглавного поля: традиционная система (ТС) – пар черный – пшеница озимая – лен масличный – ячмень озимый – сорго зерновое; система земледелия прямого посева (СЗПП) – поле пара черного заменили горохом посевным. При ТС вспашку на 20–22 см проводили в паровом поле, на всех остальных полях основная обработка была мелкая или поверхностная; при СЗПП полностью исключили механические обработки. Органические удобрения вносились в паровом поле из расчета 30 т/га с последующей вспашкой, минеральные удобрения – под основную обработку или предпосевную культивацию при традиционном земледелии. При СЗПП такими же нормами, согласно технологии, минеральные удобрения вносились сеялкой прямого посева одновременно с посевом.

Борьба с сорной растительностью при ТС предполагает сочетание механических и химических методов, для этих же целей при ПП используется только химическая защита.

Посев на контрольном варианте проводился сеялкой СН-16, на изучаемом – специальной сеялкой прямого посева Gherardi G-117. Пар чистый обрабатывали в течение периода парования согласно классической технологии – содержание деленок в чистом от сорняков состоянии с мелкокомковатым посевным слоем.

Уборку предшественника озимой пшеницы при СЗПП гороха посевного проводили по мере его созревания, это происходило в разные годы исследований в третьей декаде июня или в первой июля. В послеуборочный период, при отрастании сорняков и падалицы, проводили обработку глифосатсодержащим гербицидом нормой 1,5–2 л/га – Торнадо, ВР (глифосат (изопропиламинная соль, 360 г/л)) – в зависимости от видового состава, количества и фазы развития сорной растительности (норма рабочей жидкости раствора составляла 50 л/га).

В исследовании использовался сорт озимой пшеницы Аскет (оригинатор и патенто-обладатель: ФГБНУ «ВНИИ зерновых культур им. И. Г. Калининко»). Посев пшеницы озимой проводили при наступлении оптимальных условий. Во все года исследований это было во второй декаде октября с одинаковой нормой высева по обеим системам – 3,5 млн/га. В конце зимы или ранней весной проводили подкормку азотными удобрениями – 30 кг аммиачной селитры по д. в. В фазу кущения проводили гербицидную обработку – Балерина, СЭ (2,4-Д (2-этилгексилловый эфир) – 410 г/л; Флорасулам – 7,4 г/л). Уборку проводили комбайном Winterstigger Classic с соломоизмельчителем и половоразбрасывателем. Все эти мероприятия проводили в один день по технологиям, вариантам и повторениям.

Климатические условия за годы проведения исследований характеризовались резкими и частыми колебаниями годовых, месячных и даже суточных температур, недостаточным и неустойчивым выпадением осадков, большим притоком тепла и относительно низкой влажностью воздуха. Сумма позитивных температур выше 5 °С доходила до 3400–3600 °С. Среднегодовая температура воздуха – 10,4 °С. При среднегодовой сумме осадков 428 мм величина испаряемости составляет 744–855 мм. В период активной вегетации растений гидротермический коэффициент равнялся 0,4–0,8.

За годы исследований температура воздуха превышала среднемноголетние показатели на 0,50 °С (2016–2017 гг.), 2,50 °С (2017–2018 гг.) и 1,6 °С (2018–2019 гг.) (табл. 1). Количество осадков в первые два года было на уровне нормы – 454 и 425 мм; в третий год исследований – на 131 мм больше среднемноголетнего показателя. Во все годы исследований осадки выпадали неравномерно и несвоевременно: их было меньше нормы при посеве (октябрь), при возобновлении весенней вегетации (март), при выходе в трубку и при колошении (апрель, май). Обильный выпавшие осадки в июне – июле не влияли на уровень урожайности.

1. Характеристика основных параметров погодно-климатических условий вегетации пшеницы озимой за годы исследований (А. Клепинино)

1. Characteristics of the main parameters of the weather-climatic conditions of the winter wheat vegetation period during the years of research (A. Klepinino)

Год	Месяц												
	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	среднее
Среднесуточная температура воздуха, °С													
2016–2017	25,1	19,1	10,0	5,7	–1,4	–1,9	0,6	3,9	9,3	15,7	21,4	23,8	10,9
2017–2018	25,1	20,5	12,2	6,6	7,2	0,97	1,4	1,9	13,2	19,0	22,7	24,1	12,9
2018–2019	25,1	18,8	13,2	4,8	2,0	1,03	1,6	2,7	9,8	17,7	23,8	23,1	12,0
Норма	21,5	16,6	10,4	5,9	1,9	–1,5	–0,5	3,1	10,0	15,7	19,9	22,2	10,4
Сумма осадков, мм													
2016–2017	22,5	169	27,5	26,8	40,6	30,0	18,6	22,1	39,9	23,6	20,5	12,6	454
2017–2018	53,2	0,1	24,8	24	18,4	37,8	42,3	22,8	3,1	15,6	46,3	136	425
2018–2019	4,3	88,8	20,1	51,2	84	48,6	20,7	11,7	26,9	14,4	120	68,2	559
Норма	32	33	27	33	39	32	30	31	28	42	59	42	428

Почва опытного участка, на котором за-

ложен стационар – чернозем южный, харак-

теризующийся слабой гумусированностью. Мощность гумусового слоя – 24–36 см, всей гу-

мусовой толщи – 57–70 см. Содержание гумуса в пахотном слое на целине – 3,76%, в этом же слое на пашне – 2,12%, подвижного фосфора – 2,0–2,7 мг/100 г почвы и обменного калия – 25–30 мг/100 г почвы (Драган, 1983). Общая площадь делянки – 300 м², учетная – 50 м². Повторность – трехкратная. Математическая обработка проводилась согласно методу Б. А. Доспехова.

Результаты и их обсуждение. В условиях степной зоны испаряемость значительно выше количества выпадающих осадков. За годы ис-

следований участились кратковременные ливневые осадки, не имеющие хозяйственно полезного значения. Следовательно, все технологические операции были направлены на накопление и сохранение продуктивной влаги в почве.

За годы исследований к рекомендованным срокам посева пшеницы озимой как в посевном, так и в пахотном слоях было недостаточное количество продуктивной влаги, независимо от технологий и предшественников (табл. 2).

2. Влажность почвы в зависимости от технологии выращивания пшеницы озимой, мм (2017–2019 гг.)

2. Soil moisture depending on the cultivation technology of winter wheat, mm (2017–2019)

Система земледелия	Годы									Среднее		
	2017			2018			2019					
	0–10	0–20	0–100	0–10	0–20	0–100	0–10	0–20	0–100	0–10	0–20	0–100
Посев												
ТС* (контроль)	6,5	12,0	70,2	2,1	13,6	58,5	8,2	17,3	76,5	5,6	14,3	68,4
СЗПП**	5,7	12,2	41,5	0	0	20,8	6,3	14,9	70,3	4,0	9,0	44,2
±	-0,8	+0,2	-28,7	-2,1	-13,6	-37,1	-1,9	-2,4	-6,2	-1,6	-5,3	-24,2
НСР ₀₅	1,61	1,16	22,8	0,19	1,24	23,8	0,62	1,26	4,19	–	–	–
Возобновление весенней вегетации												
ТС (контроль)	10,1	19,1	100,1	10,9	22,2	101	5,5	11,9	69,4	8,8	17,7	90,2
СЗПП	8,20	20,4	102,6	9,9	20,2	96,3	4,8	10,9	71,1	7,6	17,2	90,0
±	-1,90	+1,3	+2,5	-1,00	-2,00	-4,70	-0,70	-1,00	+1,7	-1,2	-0,5	-0,2
НСР ₀₅	2,26	2,00	3,70	1,20	2,16	6,43	0,42	0,94	1,63	–	–	–

Примечание: ТС* (традиционная система) – предшественник – чистый пар; СЗПП** (система земледелия прямого посева) – предшественник – горох посевной.

В посевном слое минимальное количество влаги по годам составляет в среднем 5,6 и 4 мм (соответственно по технологиям), в пахотном – 14,3 и 9,0 мм, что тоже недостаточно для получения своевременных, дружных всходов. Если проанализировать количество продуктивной влаги в пахотном слое по годам, то имеем одинаковое количество влаги по системам земледелия влажной осенью (под урожай 2017 г.), а в засушливый послеуборочный период под урожай 2018 и 2019 гг. – достоверно большее количество влаги при традиционном земледелии за счет предшественника чистый пар. В метровом горизонте достоверно большее количество влаги за все годы исследований при традиционной системе земледелия в сравнении с прямым посевом на 24,2 мм. Разница эта обусловлена в основном различными звеньями севооборота по системам земледелия: пар черный – пшеница озимая (ТС) и горох посевной – пшеница озимая (СЗПП).

Ко времени возобновления вегетации пшеницы озимой запасы влаги по изучаемым системам земледелия и независимо от предшественников выровнялись: на контроле – 90,2 мм; при прямом посеве – 90,0 мм. Расчеты показывают, что за осенне-зимний период почва, обработанная по ТС, накопила всего 22 мм продуктивной влаги, а необработанная – 46 мм, или в два раза больше.

Приоритетными (при любой системе земледелия) по-прежнему остаются вопросы защиты растений, в частности борьба с сорной расти-

тельностью. Многолетний запас семян сорного компонента в почве, даже без его пополнения, сказывается на засоренности.

В первый год исследований количество сорняков не зависело от систем земледелия, в последующие годы засоренность делянок при прямом посеве была достоверно выше, чем на контроле (табл. 3). После возобновления весенней вегетации и достижения температур, приемлемых для работы средствами защиты растений, делянки озимой пшеницы обрабатывали гербицидом. Процент гибели сорняков высокий: в среднем 95,8% на контроле и 95,7% на изучаемом варианте. Видовой состав сорной растительности в посевах пшеницы озимой представлен в основном эфемерами: ранними яровыми – 91%; озимыми и зимующими – 8%; единичными многолетниками – 1%. Изучаемая технология прямого посева на видовой состав сорняков за три года исследований не повлияла.

При освоении новой технологии возникают вопросы по физическим свойствам почвы, особенно по вопросу плотности. Урожайность на переуплотненных почвах снижается, если плотность более 1,4 г/см² на 15–30%, когда этот показатель увеличивается до 1,5 и более, снижение может достигнуть 50% (Турин, 2020). На плотность почвы влияет не только применяемая технология, но и севооборот. Корневые системы культурных растений имеют существенные различия. В перечне культур севооборота обязательно присутствие таких

растений, корни которых работают как разуплотнители, разрыхлители почвы на достаточ-

ную глубину (Петрова, 2015; Турин, 2020). В нашем стационарном опыте это сорго зерновое.

3. Засоренность озимой пшеницы в зависимости от систем земледелия, шт./м² (2017–2019 гг.) 3. Weed infestation of winter wheat depending on farming systems, pcs/m² (2017–2019)

Система земледелия	2017 г.			2018 г.			2019 г.			Среднее за 3 года		
	До обработки гербицидами	После обработки	% гибели	До обработки гербицидами	После обработки	% гибели	До обработки гербицидами	После обработки	% гибели	До обработки гербицидами	После обработки	% гибели
ТС (контроль)	67,0	2,70	95,8	50,8	2,64	94,8	24,5	0,80	96,7	47,4	2,05	95,8
СЗПП	62,0	2,70	96,0	62,8	3,20	94,9	35,6	1,30	96,3	53,5	2,40	95,7
НСР ₀₅	6,23	0,11	–	7,41	0,21	–	5,27	–	–	–	–	–

При изучении, а также применении в производстве новой технологии не допускаются посев, уход и уборка делянок в одном направлении. Все технологические операции, в том числе и посев, должны проводиться под углом 30° по отношению к направлению работ в прошлом году. В противном случае будет происходить переуплотнение почвы по следу тракторов, комбайнов и другой техники, применяемой в хозяйстве, которое ведет к снижению урожайности, искажению данных при оценке данной технологии (Петрова, 2015).

Зачастую в научных опытах при обработке делянок в одном направлении по этому показателю получают отрицательный результат, а в производстве, где соблюдаются вышеуказанные рекомендации, – положительный.

Плотность почвы в среднем по горизонту – 0–30 см, за все годы исследований к посеву озимой пшеницы была одинаково высокой по обеим изучаемым технологиям: по ТС – 1,34 г/см³, по СЗПП – 1,35 (табл. 4). Достоверного превышения плотности почвы при прямом посеве в сравнении с контролем за годы исследований по горизонтам не наблюдалось.

4. Влияние систем земледелия на плотность почвы при посеве и возобновлении весенней вегетации озимой пшеницы, г/см³ (2017–2019 гг.) 4. Farming systems' effect on soil density during sowing and renewal of spring vegetation of winter wheat, g/cm³ (2017–2019)

Система земледелия	Горизонты, см	Годы			Среднее за 3 года
		2017	2018	2019	
Посев					
ТС (контроль)	0–10	1,14	1,12	1,17	1,14
	10–20	1,40	1,42	1,44	1,42
	20–30	1,40	1,57	1,48	1,48
	0–30	1,31	1,37	1,36	1,34
СЗПП	0–10	1,21	1,17	1,12	1,16
	10–20	1,34	1,45	1,53	1,44
	20–30	1,44	1,58	1,39	1,47
	0–30	1,33	1,40	1,34	1,35
НСР ₀₅	0–10	0,08	0,06	0,09	–
	10–20	0,07	0,05	0,10	–
	20–30	0,04	0,04	0,09	–
	0–30	0,04	0,09	–	–
Возобновление весенней вегетации					
ТС (контроль)	0–10	0,99	0,88	1,13	1,00
	10–20	1,09	1,34	1,46	1,29
	20–30	1,31	1,36	1,62	1,43
	0–30	1,13	1,19	1,40	1,24
СЗПП	0–10	1,01	0,91	1,14	1,02
	10–20	1,19	1,38	1,42	1,33
	20–30	1,43	1,31	1,64	1,46
	0–30	1,21	1,20	1,40	1,27
НСР ₀₅	0–10	0,03	0,07	0,11	–
	10–20	0,12	0,06	0,11	–
	20–30	0,14	0,07	0,12	–
	0–30	0,10	0,04	–	–

За осенне-зимний период в условиях 2017 и 2018 гг. произошло разуплотнение почвы естественным путем, поэтому к началу возобновления весенней вегетации плотность почвы находилась в диапазоне оптимальных показателей. В условиях 2019 г. разуплотнение почвы к весне не произошло, а, скорее, наоборот, она переуплотнилась. Мы можем объяснить это только создавшимися специфическими погодными условиями осенне-зимнего периода. В течение зимнего периода не наблюдалось замерзания и оттаивания почвы, поэтому разуплотнения почвы не происходило.

Структура почвы – это форма, размер и взаимное расположение почвенных агрегатов, которые имеют огромное влияние на агротехнологически свойства почвы, а следовательно, на ее плодородие и урожайность возделываемых культур. Наиболее ценные структурные агрегаты в посевном слое размером от 0,25

до 10,0 мм. Длительные, многократные механические обработки почвы приводят к увеличению количества агрегатов менее 0,25 мм, что способствует распылению почвы. В природных условиях структура почвы формируется под воздействием жизнедеятельности почвенной биоты, корневых систем растений, т. е. представители флоры растут без механических обработок.

В начале перехода на прямой посев количество агрономически ценных агрегатов 0,25–10,0 мм по технологиям было одинаковым, в дальнейшем (2018–2019 гг.) наблюдается достоверное их увеличение на 5,1 и 3,5% при прямом посеве соответственно (табл. 5). В среднем за годы исследований количество агрегатов агрономически ценного размера увеличилось при СЗПП на 2,5% выше, чем на контроле.

5. Влияние технологии возделывания на количество агрономически ценных агрегатов в слое почвы 0–10 см (2017–2019 гг.)

5. Cultivation technology effect on the number of agronomically valuable aggregates in the 0–10 cm soil layer (2017–2019)

Система земледелия	Количество агрегатов агрономически ценного диапазона перед посевом, %							
	2017 г.	±	2018 г.	±	2019 г.	±	Среднее	±
ТС (контроль)	67,2	–	73,5	–	74,2	–	71,6	–
СЗПП	66,0	–1,13	78,6	+5,1	77,7	+3,5	74,1	+2,5
НСР ₀₅	5,45	–	3,00	–	3,40	–	–	–

Об улучшении структуры почвы при переходе на природоподобную технологию прямого посева свидетельствует и увеличение коэффициента структурности. В среднем за три

года исследований коэффициент структурности на контрольном варианте составил 2,7%, при исключении механических обработок почвы – 3,2%, что на 0,5% больше (табл. 6).

6. Влияние технологии возделывания на коэффициент структурности в слое почвы 0–10 см (2017–2019 гг.)

6. Cultivation technology effect on the structural coefficient in the 0–10 cm soil layer (2017–2019)

Система земледелия	Коэффициент структурности перед посевом полевых культур, %			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
ТС (контроль)	2,09	2,94	3,10	2,70
СЗПП	1,96	4,05	3,60	3,20

В 2017 и 2018 гг. урожайность пшеницы озимой достоверно была ниже по прямому посеву в сравнении с традиционной системой на 0,95 и 0,70 т/г соответственно (табл. 7). В 2019 г. урожайность по обоим вариантам не имела достоверной разницы. В среднем же за три года исследований урожайность по ТС составила

3,86 т/га, а по СЗПП – 3,30 т/га, что на контроле на 0,56 т/га (14,5%) больше, чем на изучаемом варианте. За счет предшественника черной пар в ТС, по сравнению с СЗПП, где предшественником озимой пшеницы в опытах был горох посевной, контроль по урожайности выиграл.

7. Урожайность пшеницы озимой по изучаемым технологиям, т/га (2017–2019 гг.)

7. Winter wheat productivity according to the studied technologies, t/ha (2017–2019)

Система земледелия	Годы			Среднее за годы исследований
	2017	2018	2019	
ТС (контроль)	3,78	3,85	3,95	3,86
СЗПП	2,83	3,15	3,92	3,30
НСР ₀₅	0,25	0,38	0,18	0,56

Опыты по изучению технологии прямого посева в стационаре будут продолжены, с 2022 г. начнется вторая ротация севооборотов.

Выводы

1. Новая система земледелия – прямой посев в необработанную почву – за 2017–2019 гг.

исследований, в сравнении с традиционной системой, способствовала накоплению количества доступной влаги в почве при выращивании озимой пшеницы. За осенне-зимний период ее количество накопилось 46 мм, что в два раза больше, чем при традиционной технологии за этот же период времени.

2. Технология прямого посева за первые три года ее изучения не влияла на видовой состав сорных растений в сравнении с классической системой. Количественный показатель при отсутствии механических обработок почвы в среднем за три года исследований увеличился на 6,1 шт./м².

3. Плотность почвы к моменту посева в слое 0–30 см находилась на одном уровне по технологиям, разность между вариантами недостаточна и составила 0,01 г/см³. В фазу возобнов-

ления весенней вегетации озимой пшеницы произошло разуплотнение почвы, в среднем по слоям этот параметр был на уровне оптимальных значений.

4. В среднем за годы исследований количество агрегатов агрономически ценных размеров сформировалось при СЗПП на 2,5% выше, чем на контроле. Коэффициент структурности на контрольном варианте равнялся 2,7; при СЗПП – 3,2.

5. В среднем за три года исследований урожайность по ТС составила 3,86 т/га, а по СЗПП – 3,30 т/га, что на контроле на 0,56 т/га (14,5%) больше, чем на изучаемом варианте. За счет предшественника черный пар в ТС, по сравнению с СЗПП, где предшественником озимой пшеницы в опытах был горох посевной, контроль по урожайности выиграл.

Библиографические ссылки

1. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 3–6.
2. Борисенко М. Н., Волкова Н. Е., Голубкина Н. А. и др. Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 252 с. DOI: 10.33952/978-5-907162-56-3.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 315 с.
4. Драган Н. А. Почвы Крыма. Симферополь: СГУ, 1983. 95 с.
5. Дридигер В. К., Невечеря А. Ф., Токарев И. Д., Вайцеховская С. С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.
6. Николаев Е. В., Изотов А. М. Пшеница в Крыму. Симферополь: Сонат, 2001. 288 с.
7. Петрова Л. Н., Дридигер В. К., Кашчаев Е. А. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. 2015. № 5. С. 13–15.
8. Турин Е. Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2(22). С. 150–168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.
9. Izotov A. M., Turin E. N., Turina E. L., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Susskiy A. N. Comparison of no-till and traditional technologies for Triticum Aestivum L. cultivation // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. No. 341. Bristol: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012087. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.
10. Kumar D., Kushwaha S., Delvento C., Liatukas Z., Vivekanand V., Svensson J. T., Henriksson T., Brazauskas G., Chawade A. Affordable phenotyping of winter wheat under field and controlled conditions for drought tolerance // Agrisculture-Basel. 2020. No. 6(10). P. 882. DOI: 10.3390/agronomy10060882.
11. Qin R. J., Noulas C., Wysocki D., Liang X., Wang G. J., Lukas S. Application of plant growth regulators on soft white winter wheat under different nitrogen fertilizer scenarios in irrigated fields // Agrisculture-Basel. 2020. No. 7(11). P. 305. DOI: 10.3390/agriculture10070305.

References

1. Bajbekov R. F. Prirodopodobnye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya [Nature-like technologies are the basis for sustainable development of agriculture] // Zemledelie. 2018. № 2. S. 3–6.
2. Borisenko M. N., Volkova N. E., Golubkina N. A. i dr. Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya sel'skih territorij Kryma [Problems and prospects of innovative development of rural areas of the Crimea]. Simferopol': IT "ARIAL", 2019. 252 s. DOI: 10.33952/978-5-907162-56-3.
3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Agropromizdat, 1985. 315 s.
4. Dragan N. A. Pochvy Kryma [Soils of the Crimea]. Simferopol': SGU, 1983. 95 s.
5. Dridiger V. K., Nevecherya A. F., Tokarev I. D., Vajcekhovskaya S. S. Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologii No-till v zasushlivoj zone Stavropol'skogo kraja [Economic efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol Territory] // Zemledelie. 2017. № 3. S. 16–19.
6. Nikolaev E. V., Izotov A. M. Pshenica v Krymu [Wheat in the Crimea]. Simferopol': Sonat, 2001. 288 s.
7. Petrova L. N., Dridiger V. K., Kashchaev E. A. Vliyanie tekhnologij vozdelvaniya sel'skokozyajstvennykh kul'tur na sodержание produktivnoj vlagi i plotnost' pochvy v sevooborote [Effects of technologies of agricultural crops' cultivation on the productive moisture and soil density in crop rotation] // Zemledelie. 2015. № 5. S. 13–15.
8. Turin E. N. Preimushchestva i nedostatki sistemy zemledeliya pryamogo poseva (obzor) [Advantages and disadvantages of direct seeding farming system (overview)] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 2(22). S. 150–168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.

9. Izotov A. M., Turin E. N., Turina E. L., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Susskiy A. N. Comparison of no-till and traditional technologies for *Triticum Aestivum* L. cultivation // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. No. 341. Bristol: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012087. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

10. Kumar D., Kushwaha S., Delvento C., Liatukas Z., Vivekanand V., Svensson J. T., Henriksson T., Brazauskas G., Chawade A. Affordable phenotyping of winter wheat under field and controlled conditions for drought tolerance // *Agrisculture-Basel*. 2020. No. 6(10). P. 882. DOI: 10.3390/agronomy10060882.

11. Qin R. J., Noulas C., Wysocki D., Liang X., Wang G. J., Lukas S. Application of plant growth regulators on soft white winter wheat under different nitrogen fertilizer scenarios in irrigated fields // *Agrisculture-Basel*. 2020. No. 7(11). P. 305. DOI: 10.3390/agriculture10070305.

Поступила: 04.09.20; принята к публикации: 24.09.20.

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. Женченко К. Г., Турин Е. Н., Гонгало А. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Женченко К. Г., Турин Е. Н. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.