

Турин Е. Н., Женченко К. Г., Гонгало А. А., Зубоченко А. А., Суцкий А. Н.
**ВЫРАЩИВАНИЕ СОРГО ДВУЦВЕТНОГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.)
MOENCH) ПО НУЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ (NO-TILL) В СРАВНЕНИИ С
ТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ В СТЕПНОМ КРЫМУ**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Сорго двуцветное (сорго зерновое) – ценная продовольственная и кормовая культура. Цель исследований – изучить влияние технологии выращивания сорго зернового без обработки почвы в сравнении с классической системой земледелия в степном Крыму. В задачи исследования входило: определить наличие продуктивной влаги при посеве, количественный и видовой состав сорной растительности, плотность почвы, урожайность, качество зерна и экономическую эффективность культуры. Стационарный опыт заложен в 2015–2016 гг., научные исследования начали проводить с 2017 г. В опыте изучали сорт зернового сорго Крымбел селекции Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». Почва на участке закладки стационара – чернозем южный на лессовидных легких глинах с содержанием гумуса 2,0–2,1 %, подвижного фосфора – 2,0–2,7 мг/100 г почвы и обменного калия – 25–30 мг/100 г почвы. Общая площадь делянки – 300 м², учетная – 50 м². Повторность – трехкратная. Среднегодовая температура воздуха – 10,2 °С, среднегодовое количество осадков – 412 мм. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Количество влаги в метровом слое почвы за годы исследований было достоверно больше при no-till по сравнению с классической системой на 12,2 мм (81,6 (ТС) и 93,8 (ПП) мм соответственно). Количественный состав сорного сообщества по традиционной системе и в варианте прямого посева был практически одинаков и составил 41,3 шт./м² и 41,7 шт./м² соответственно. Плотность сложения по системам земледелия в слое 0–30 см при посеве находится в оптимальном диапазоне: при традиционной системе она составила 1,17–1,25 г/см³, при no-till – 1,18–1,27 г/см³. Средняя урожайность за три года исследований по традиционной технологии составила 1,69 т/га, а при прямом посеве – 1,43 т/га, что на 0,26 т/га (15,4 %) ниже. По традиционной системе уровень рентабельности был выше на 17 % (123 % – ТС и ПП – 106 %), чем в варианте нулевой технологии.

Ключевые слова: no-till, технология без обработки почвы, нулевая технология, zero-till, природная технология, сорго двуцветное (сорго зерновое) (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

Введение

Производство зерна – одна из главных отраслей аграрного производства [1–3].

Каждый год в Российской Федерации высевают около 100 тыс. га сорго двуцветного (сорго зернового – *Sorghum bicolor* L.) [4]. Данной сельскохозяйственной культуре должна принадлежать важная роль в увеличении производства зерна как в Крыму, так и на Юге России. С каждым годом все чаще повторяются засухи, вызывая нехватку доступной влаги в почве в разные фазы развития полевых растений, а сорго является засухоустойчивым и нетребовательным к предшествующей культуре растением. Сорго способно фиксировать одну молекулу СО₂ с потреблением воды в два раза меньшим, чем у других высших растений, то есть связывание углерода идет по С₄-пути фотосинтеза, что и объясняет его продуктивность. Зерновое сорго – одна из немногих культур, способная противостоять глобальному потеплению. Оно имеет

низкий коэффициент транспирации и использует осадки в течение всего вегетационного периода, что позволяет ему выживать в продолжительных засушливых условиях. Главное – получить всходы. Ценность зерна сорго определяет высокое содержание крахмала, белка и жира [5].

В 2020 г. площади сорго, выращиваемого на зерно, в Республике Крым составили около 2 тыс. га [6].

Технология прямого посева (no-till, технология без обработки почвы, нулевая технология, zero-till, природная технология), то есть посев в необработанную почву имеет в Республике Крым [7], в России [8] и в мире [9, 10] значительное количество сторонников. Многие фермеры выращивают сельскохозяйственные культуры по этой технологии уже более 15 лет. Надо отметить, что наши земледельцы, длительное время занимающиеся прямым посевом, на протяжении последних пяти лет получают урожаи основных полевых культур в своих севооборотах выше, чем в среднем по Крыму, а себестоимость их продукции – ниже [11]. При изучении и внедрении прямого посева сорго интересно своими свойствами восстанавливать, а затем регулировать отдельные параметры почвенного плодородия. Мощная корневая система, проникая на глубину 2,5 м и более, улучшает физические аспекты (плотность, структурность) почвы и ее фитомелиоративные свойства. Почвенное плодородие увеличивают послеуборочные остатки сорго на поверхности почвы и в земле [5].

Тем не менее, при изучении и освоении новой технологии возникает значительное количество нерешенных вопросов. Переход на нулевую технологию предусматривает полное отсутствие механической обработки почвы, а это – значительная экономия энергетических затрат, повышение производительности труда. Однако незначительно увеличиваются затраты на средства защиты растений, особенно в первые годы применения новой системы земледелия. Отметим, что цены на горюче-смазочные материалы растут более быстрыми темпами (за последние три года выросли на 197 %), чем на средства защиты растений. Применять пестициды при прямом посеве необходимо грамотно, чтобы это было экономически обосновано. Использование прямого посева в необработанную почву предусматривает со временем (через три–четыре года) образование рыхлого мульчирующего слоя на ее поверхности, насыщенного неразложившимися и полуразложившимися органическими остатками растений. Этот слой хорошо пропускает осадки, предохраняя нижние горизонты от потерь влаги на испарение, защищает почву от проявления ветровой эрозии и способствует расширенному воспроизводству почвенного плодородия, способствуя гумусообразованию [12–15].

Цель исследований – изучить влияние технологии выращивания сорго зернового без обработки почвы в сравнении с классической системой земледелия в степном Крыму.

В задачи исследования входило: определить наличие продуктивной влаги в почве при посеве, количественный и видовой состав сорной растительности, плотность почвы, урожайность, качество зерна, экономическую эффективность применения no-till.

Материалы и методы исследований

В 2015–2016 гг. в отделе интродукции и технологий в полеводстве и животноводстве отделения полевых культур (с. Клепинино, Красногвардейский район) ФГБУН «НИИСХ Крыма» заложен длительный стационарный полевой опыт по изучению системы земледелия прямого посева в сравнении с общепринятой для нашего региона традиционной системой земледелия (контроль). Почвозащитная ресурсосберегающая технология обработки почвы была разработана и внедрена в производство Республики Крым учеными нашего института и преподавателями

Крымского Ордена «Знак почета» Сельскохозяйственного института имени М. И. Калинина еще в 70–80 гг. прошлого столетия [16].

За основу взяли классический для нашей зоны севооборот: пар черный – пшеница озимая – лен масличный – ячмень озимый – сорго зерновое; такой же севооборот использовали и для изучаемой новой технологии, но заменили поле пара черного горохом посевным, чтобы заведомо не ухудшать ни одну из технологий. Заключительное поле севооборота – сорго зерновое. Данная полевая культура полностью подходит для нашего засушливого климата [17] и выращивается в системе земледелия прямого посева [13]. В 2015–2016 гг. все поля одновременно ввели в севооборот (согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова) [18]. Научные исследования по изучению сорго зернового в двух системах земледелия начали проводить с 2017 г.

Почва на участке закладки стационара – чернозем южный на лессовидных легких глинах с содержанием гумуса 2,0–2,1 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 2,0–2,7 мг/100 г почвы (по Чирикову) и обменного калия – 25–30 мг на 100 г почвы (по Мачигину) [19]. Среднегодовая температура воздуха – 10,2 °С, среднегодовое количество осадков – 412 мм [20]. Опыт заложен в трехкратной повторности систематически со смещением согласно методике [18]. Общая площадь делянки – 300 м², учетная – 50 м². В опыте изучали сорт зернового сорго Крымбел селекции Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». По традиционной технологии (ТС) механическую обработку почвы проводили непосредственно после уборки предшественника (озимый ячмень) – дискование в два следа, с целью разрыхления почвы и уничтожения сорной растительности, дальше до ухода в зиму проводили по необходимости культивации на глубину 5–6 см. Параллельно в вариантах с прямым посевом (ПП) для борьбы с сорняками (при их отрастании) использовали гербициды глифосатной группы в дозе 2,0 л/га.

Весной, в соответствии с технологиями, проводили предпосевную культивацию на ТС и вносили глифосатсодержащий гербицид перед посевом при ПП («Факел», ВР, 360 г/л). Дозу регулировали в зависимости от количества и видового состава сорняков – от 1,5 до 2,0 л/га. Посев сорго зернового, в зависимости от технологии проводили сеялками «Клен 1,8» (ТС) и «Gherardi G117» (ПП). Норма высева – 130 тыс. шт./га независимо от технологии. Удобрения в дозе N₄₀P₄₀ вносили при ТС под предпосевную культивацию, а при ПП – одновременно с посевом.

Уход за посевами состоял в применении междурядных обработок на контрольных делянках и гербицидной обработке («Балерина», СЭ (2,4-Д (2-этилгексилэфир), 410 г/л + «Флорасулам», 7,4 г/л) нормой 0,4 л/га в варианте прямого посева при количестве сорняков, превышающем экономический порог вредоносности (ЭПВ).

Иногда, как в 2017 и 2018 гг., складывались оптимальные условия для размножения тли (Aphidoidea). На растениях сорго в фазе кущения ЭПВ был превышен в обоих системах земледелия. В эти годы для борьбы с тлей и уничтожения сорного компонента применяли баковые смеси: инсектицид «Кинфос», КЭ (Бета-циперметрин, 40 г/л + Диметоат, 300 г/л) нормой 0,25 л/га плюс гербицид «Балерина» нормой 0,4 л/га. Перед уборкой проводили десикацию гербицидом «Факел», ВР (изопропиламинавая соль) дозой 2 л/га. Уборку осуществляли комбайном «Сампо 500». Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [18].

Среднемесячная температура воздуха по годам за вегетацию сорго зернового была выше климатической нормы, превышение составляло от 1,7 до 2,9 °С. Наиболее жарким за время исследований выдался 2018 г. Сорго зерновое относится к

культурам, у которого CO_2 усваивается по C_4 -пути фотосинтеза [5], поэтому повышенный температурный режим за годы исследований для него был в пределах нормы (рисунок 1).

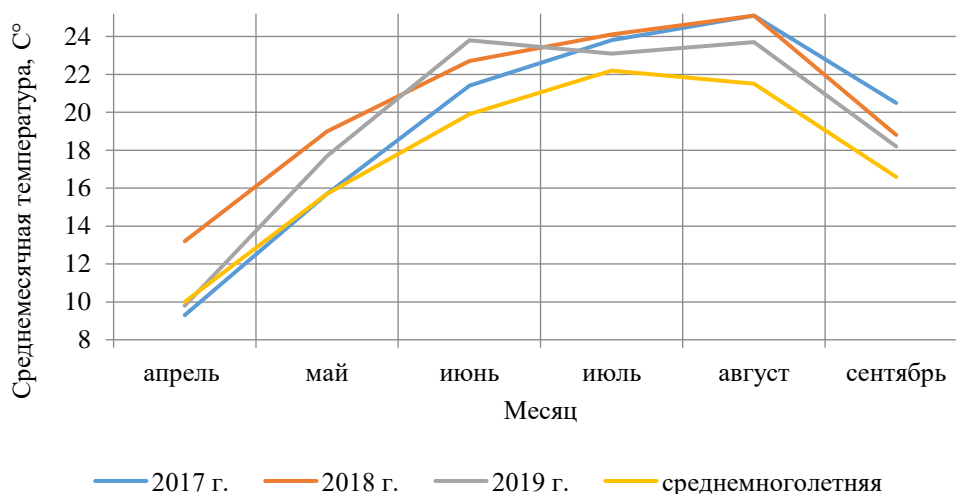


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха во время вегетации сорго зернового в сравнении с среднеголетними данными, °С (среднее за 2017–2019 гг.)

Осадки неравномерные, как по месяцам в пределах каждого года, так и по годам. Острый недостаток осадков отмечен в апреле–мае, затем ситуация в июне–июле улучшилась, а в августе – снова ухудшилась по сравнению со среднеголетней нормой (рисунок 2).

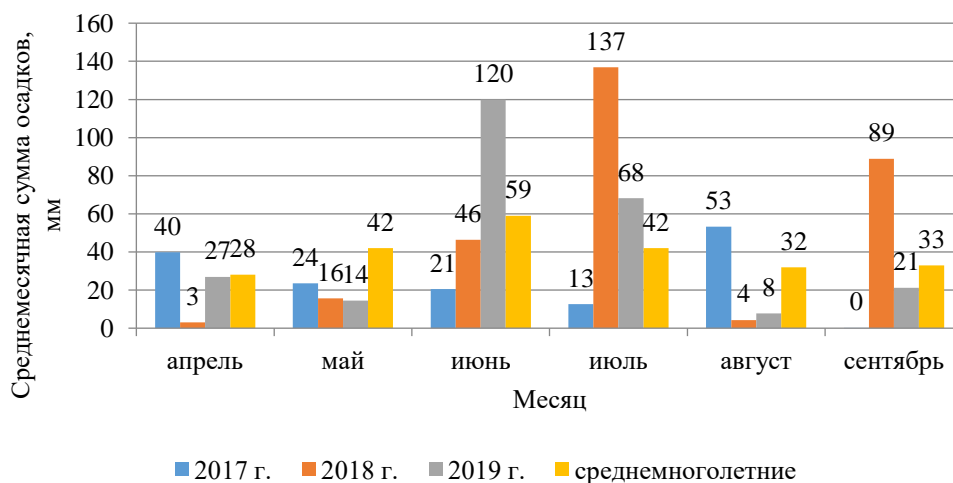


Рисунок 2 – Среднемесячная сумма осадков за вегетационный период сорго зернового в сравнении со среднеголетними данными, мм

В целом за вегетацию минимум осадков выпало в 2017 г. – 150 мм (в 1,6 раз меньше нормы), в 2018 г. их было в 1,2 раза больше среднеголетнего показателя (распределение по месяцам крайне неравномерное) и одинаковое количество со среднеголетней – в 2019 г. Континентальность и засушливость степного Крыма усиливается из-за повышенного ветрового режима. Количество дней со скоростью

ветра более 10–12 м/с в последние годы увеличилось на треть. Для комплексной оценки климатических условий за период вегетации сорго рассчитали гидротермический коэффициент (ГТК). По годам он равнялся 0,34–0,77–0,58 соответственно, в среднем – 0,57 при норме по нашей зоне – 0,84.

Результаты и их обсуждение

Доступная почвенная влага в степном Крыму является лимитирующим фактором даже для таких засухоустойчивых культур, как сорго зерновое. Наличие продуктивной влаги в почве зависит от выпадающих осадков, среднесуточной температуры воздуха и силы ветра. Сочетание этих факторов в начальный период (появление всходов и начало кущения) за годы исследований было особо неблагоприятным. Выпало минимальное (104 мм – средняя сумма осадков за три года; 129 мм – среднемноголетний показатель) количество осадков при максимальных (17 °С – среднее за три года; 15,2 °С – среднемноголетний показатель) температурах, что отрицательно повлияло на наличие влаги в посевном и метровом слоях почвы. В нашем исследовании независимо от систем земледелия в посевном слое ее было недостаточно. Необходимо учесть, что оптимальные запасы влаги должны быть в это время 12–15 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание продуктивной влаги в зависимости от систем земледелия при посеве сорго зернового, мм, 2017–2019 гг.

Система земледелия*	Количество продуктивной влаги послойно по годам, мм						Среднее за годы	
	2017 г.		2018 г.		2019 г.			
	0–10 см	0–100 см	0–10 см	0–100 см	0–10 см	0–100 см	0–10 см	0–100 см
ТС (контроль)	5,70	101,00	7,20	60,40	8,90	83,50	7,27	81,60
ПП	5,80	111,00	7,20	76,40	9,00	94,10	7,30	93,80
НСР ₀₅	1,79	4,34	1,47	2,73	0,40	4,60		

Примечание. Здесь и далее *ТС – традиционная технология, ПП – прямой посев.

В посевном слое содержание продуктивной влаги в контрольном варианте составило в среднем 7,27 мм, при отсутствии механических обработок – 7,30 мм (на юге России для появления дружных всходов сорго доступной влаги в почве в слое 0–10 см должно быть больше 10 мм [5]). При недостатке влаги в посевной период из года в год получали изреженные всходы как при ТС, так и при ПП. Этот факт впоследствии сказался на уровне урожайности. Каждый год достоверно больше влаги накапливалось в метровом слое (0–100 см) при нулевой технологии, чем в контроле, разница в среднем за три года составила 12,2 мм.

При уборке сорго доступная влага в пахотном слое (0–20 см) отсутствовала, а в метровом слое ее количество было минимальным независимо от технологии возделывания и составило от 0,50 до 2,50 мм по годам.

Сорные растения по сравнению с культурными более приспособлены к изменяющимся условиям среды и более конкурентоспособны. Растения сорго в начальные фазы (всходы и начало кущения) обладают замедленным ростом и развитием, следовательно, они в этот период довольно уязвимы и могут сильно угнетаться сорным компонентом. Несмотря на то, что уже в послеуборочный период предшественника и до посева изучаемой культуры по обеим технологиям проводят агротехнические и химические приемы борьбы с сорной растительностью, сорняки на всходах сорго все равно появляются. Результаты количественного учета сорной растительности в разные фазы развития сорго зернового представлены в таблице 2.

Количество сорняков по годам изменялось следующим образом: в 2017 г. достоверно более высокая засоренность по всходам была по ПП, разница с контролем составила 11 сорных растений на 1 м². В следующем году количество их не зависело

от систем земледелия, а в 2019 г. при незначительной, но достоверной разнице, более высокую засоренность наблюдали в контроле.

Таблица 2 – Количество сорных растений на делянках сорго зернового в зависимости от системы земледелия, шт./м²

Система земледелия	Количество сорняков по всходам сорго				Количество сорняков перед уборкой			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
ТС (контроль)	25,0	61,0	38,0	41,3	16,0	17,0	26,0	19,7
ПП	36,0	55,0	34,0	41,7	18,0	20,0	23,0	20,3
НСР ₀₅	4,03	6,00	1,95		2,80	4,02	3,36	

В среднем за три года преимущество какой-то одной из изучаемых систем земледелия не выявлено, так как количество засорителей в опыте было одинаковым (ТС – 41,3 шт./м²; ПП – 41,7 шт./м²). К уборке количество сорной растительности после всех мероприятий по борьбе с ней за годы эксперимента было на одном уровне, независимо от технологий возделывания.

Видовой состав сорняков на делянках в обоих вариантах опыта представлен в основном ранними, поздними яровыми однолетними и незначительным количеством многолетних видов. Ранние яровые в основном – гибискус тройчатый (*Hibiscus trionum* L.), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus* L.), гелиотроп европейский (*Heliotropium europaeum* L.), двойчатка лучистая (*Bifora radians* M. Beieb.); поздние – щирица белая, жминдовидная и запрокинутая (*Amaranthus albus* L., *A. blitoides* S. Watson., *A. retroflorum*), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.). Многолетние виды представлены: единичными растениями – осот розовый (*Cirsium arvense* L.), молокан татарский (*Lactuca tatarica* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.). В общем, по полным всходам сорго количество ранних и поздних яровых сорных растений в среднем за три года по ТС составило 93,0 %, корнеотпрысковых – 7,0 %, по ПП – 90,0 и 10,0 % соответственно. Такое же соотношение по видам сорной растительности наблюдали и к уборке изучаемой культуры в 2017 и 2018 гг. В 2019 г. отмечали увеличение количества многолетнего сорного растения вьюнка полевого в варианте ТС до 27 %, по ПП – до 16 %.

Плотность сложения почвы при переходе на ПП отдельные ученые считают наиболее чувствительным параметром [10, 13]. При изучении минимальных ресурсосберегающих мелких и поверхностных рыхлений почвы в 70-е годы XX века плотности почвы придавали огромное значение. Изучали ежегодную разноглубинную вспашку (диапазон от 20–22 см до 27–30 см, а в отдельных случаях – еще и плантажная до 45–50 см), мелкие – 10–14 см и поверхностные обработки на глубину заделки семян. Тогда пришли к единому выводу: южные малогумусные черноземы к уборке, особенно поздноубираемых культур, при недостатке влаги и избыточных температурах значительно уплотнялись, но не более 1,35–1,40 г/см³. Даже на делянках с минимальной глубиной рыхления, то есть без вспашки или плоскорезного рыхления они к весеннему периоду обретали свою равновесную плотность порядка – 1,0–1,3 г/см³ [17, 21].

В наших опытах по изучению новой системы земледелия в сравнении с классической технологией плотность почвы была в первые три года по изучаемым системам земледелия в среднем в слое 0–30 см близкой к равновесной, то есть оптимальной для роста корневой системы сорго зернового (таблица 3).

Анализ данных послойно показал, что верхний слой излишне рыхлый, так как во все три года он был меньше 1 г/см³, слой 10–20 см имел оптимальную плотность сложения, а горизонт 20–30 см достоверно переуплотнен в обеих технологиях, так как показатель больше 1,3 г/см³. В последние годы немаловажным фактором, который

препятствует разуплотнению почвы, является отсутствие зимних перепадов температуры – замерзания и оттаивания почвенного покрова.

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания на плотность почвы на полянках сорго зернового при посеве, г/см³, 2017–2019 гг.

Слой почвы, см	Вариант	Плотность почвы		
		2017 г.	2018 г.	2019 г.
0–10	ТС (контроль)	0,94	0,9	0,96
	ПП	0,95	0,96	1,03
	НСР ₀₅	0,09	0,08	0,05
10–20	ТС (контроль)	1,3	1,32	1,33
	ПП	1,3	1,26	1,34
	НСР ₀₅	0,04	0,09	0,04
20–30	ТС (контроль)	1,25	1,42	1,44
	ПП	1,3	1,32	1,42
	НСР ₀₅	0,17	0,04	0,05
Среднее в слое 0–30 см	ТС (контроль)	1,17	1,22	1,25
	ПП	1,19	1,18	1,27

Урожайность сорго зернового в 2017 г. была достоверно более низкая при ПП на 0,57 т/га. В 2018 г. сравниваемые технологии не влияли на уровень урожайности сорго. В 2019 г. урожайность по ТС составила 2,02 т/га, а на ПП – 1,51 т/га, что по классической системе земледелия больше на 0,51 т/га. Средняя урожайность за три года исследований по ТС составила 1,69 т/га, а при ПП – 1,43 т/га, что по no-till на 0,26 т/га (15,4 %) достоверно ниже (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии возделывания на урожайность сорго зернового, т/га

Система земледелия	2017 г.	± к контролю	2018 г.	± к контролю	2019 г.	± к контролю	Среднее за 2017–2019 гг.
ТС (контроль)	1,53		1,51		2,02		1,69
ПП	0,96	-0,57	1,81	+0,30	1,51	-0,51	1,43
НСР ₀₅	0,36		0,33		0,27		0,21

Показатели качества зерна сорго зернового представлены в таблице 5. В среднем за три года исследований различные параметры качества зерна сорго по технологиям были на одном уровне, хотя наблюдается тенденция большего количества крахмала и жира при прямом посеве.

Таблица 5 – Влияние технологии возделывания на параметры качества зерна сорго зернового (2017–2019 гг.)

Система земледелия	Содержание в зерне, %					
	крахмала	± к контролю	протеина	± к контролю	жира	± к контролю
ТС (контроль)	67,7		12,4		3,70	
ПП	68,3	+0,60	12,2	-0,20	4,10	+0,40
НСР ₀₅	0,87		0,63		0,87	

Экономическая оценка применения прямого посева в сравнении с традиционной системой, рассчитанной от средней урожайности за 2017–2019 гг. и цене реализации за одну тонну зерна сорго 13 тыс. р., представлена в таблице 6.

Рентабельность производства в контроле составила 123 %, при системе земледелия без обработки почвы – 106 %. Обе технологии дали прибыль, но по ТС уровень рентабельности был выше на 17 % за счет большей урожайности и практически одинаковых затрат.

Таблица 6 – Экономическая оценка применения прямого посева в сравнении с традиционной системой земледелия при выращивании сорго зернового в Степном Крыму (согласно ценам 2019 г.)

Параметр	Система земледелия	
	традиционная	прямой посев
Цена реализации 1 т зерна, р.	13000	13000
Урожайность зерна, т/га	1,69	1,43
Всего затрат на 1 га, р.	9824	9003
Валовая выручка с 1 га, р.	21970	18590
Прибыль на 1 га, р.	12146	9587
Уровень рентабельности, %	123	106

По мнению ряда ученых [12, 13], в первые три–четыре года внедрения no-till полевые культуры снижают урожайность. Наши данные также показали уменьшение ее на 15,4 %. Поэтому исследования будут продолжены. С 2022 г. начнется вторая ротация изучаемого севооборота (ТС) и адаптивного плодосмена (ПП), где будут изучены дальнейшие изменения в агрофизических свойствах почвы, продуктивности и других параметров.

Выводы

В результате проведенных трехлетних исследований (2017–2019 гг.) в длительном стационарном опыте сделаны предварительные выводы:

1. Количество продуктивной влаги в посевном слое не зависело от применяемой системы земледелия; в метровом слое почвы накапливались достоверно большие (на 12,2 мм) влагозапасы при ПП.

2. Изучаемые системы земледелия были равноценны по влиянию на количественный и видовой состав сорного сообщества: ТС – 41,3 штук/м²; ПП – 41,7 штук/м².

3. Плотность почвы по системам земледелия в слое 0–30 см при посеве находилась в оптимальном диапазоне: при ТС – 1,17–1,25 г/см³, без обработки почвы – 1,18–1,27 г/см³.

4. Средняя урожайность зерна сорго зернового за три года исследований по ТС составила 1,69 т/га, а при ПП – 1,43 т/га, что по no-till на 0,26 т/га (15,4 %) достоверно ниже.

5. В среднем за три года исследований различные параметры качества зерна сорго по обеим технологиям были на одном уровне, хотя наблюдалась тенденция накопления большего количества крахмала и жира при прямом посеве.

6. Рентабельность производства в контроле составила 123 %, при системе земледелия без обработки почвы – 106 %, таким образом, при ТС она увеличилась на 17 % (при ТС – прибыль на 1 га составила 12146 р.; ПП – 9587 р.).

Литература

1. 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 conference. Series “Earth and environmental science”. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. P. 012–020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.
2. Адамень Ф. Ф., Плугатарь Ю. В., Рюмшин А. В., Абдуразаков Б. К., Турина Е. Л., Сташкина А. Ф. Нут. Симферополь: Полипринт, 2018. 580 с.
3. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России // Сельскохозяйственная биология. 2005. № 1 (40). С. 127.
4. Посевные площади сорго в России. Итоги 2019 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-sorgo-v-rossii-itogi-2019-goda> (дата обращения 20.07.2020).
5. Melnichuk T. N., Izotov A. M., Turin E. N., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Zubochenko A. A. The cultivation of *Sorghum bicolor* using no-till technology and a complex biological substance // IOP conference. Series “Earth and environmental science”. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S.

Maltsev, 2019. P. 060–084.

6. Сельское хозяйство Крыма. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-kryma> (дата обращения 20.07.2020).

7. Томашова О. Л., Ильин А. В., Веселова Л. С. Структура почвы под покровными культурами при технологии прямого посева в Предгорно-Степной зоне Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2019. № 20 (183). С. 31–36.

8. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko E. V. Effect of no-till technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 2 (9). P. 766–780.

9. Yadav G. S., Lal R., Meena R. S. Vehicular traffic effects on hydraulic properties of a Crosby silt loam under a long-term no-till farming in Central Ohio, USA // Soil & Tillage research. 2020. Vol. 202. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E5RZntllvLaCC2DczEF&page=2&doc=14 (дата обращения 20.07.2020).

10. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in lower Austria // Eurasian soil science. 2020. Vol. 4 (53). P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.

11. Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма // Под ред. Паштецкого В. С. Симферополь: Ариал, 2019. 252 с.

12. 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.

13. Дридигер В. К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Саратов: Амирит, 2016. 82 с.

14. Waring E. R., Lagzdins A., Pederson C., Helmers M. J. Influence of no-till and a winter rye cover crop on nitrate losses from tile-drained row-crop agriculture in Iowa // Journal of environmental quality. 2020. Vol. 2 (49). P. 292–303 DOI: 10.1002/jeq2.20056.

15. Тарасенко В. С. Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий. Симферополь: Ариал, 2014. С. 92.

16. Научно обоснованная система земледелия Крымской области. Симферополь: Крымский облполиграфиздат, 1987. 335 с.

17. Пергаев О. А., Алексеенко Н. В. Влияние инокуляции семян микробными препаратами на численность микроорганизмов в ризосфере сорго зернового и урожай зерна // Кукуруза и сорго. 2015. № 1. С. 32–35.

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 315 с.

19. Драган Н. А. Почвы Крыма. Симферополь: СГУ, 1983. 95 с.

20. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986–2005 рр.): довідкове видання // За ред. Прудка О. І., Адаменко Т. І. Симферополь: ЦГМ в АРК, 2011. 344 с.

21. Розробити основні елементи економічно ефективного екологічного зрівноваженого землеробства, спрямовані на підвищення продуктивності ріллі, виробництво високоякісної продукції, розширене відтворення родючості ґрунтів та природоохоронне використання земель Степової зони: Звіт про НДР (заключ.) / КІАПВ УААН, рук. Зінченко В.І.; виконав.: Женченко К. Г., Томашов С. В., Саєнко Н. П. Клепінине, 2005. 105 с. Інв. № 01.

References

1. 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 conference series: earth and environmental science. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. P. 012–020. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012087.

2. Adamen F. F., Plugatar Yu. V., Ryumshin A. V., Abdurazakov B. K., Turina E. L., Stashkina A. F. Chickpea (*Cicer arietinum*). Simferopol: Poliprint, 2018. 580p.

3. Zhuchenko A. A. Resource potential of grain production in Russia // Agricultural Biology (Sel'skokhozyaystvennaya Biologiya). 2005. No. 1 (40). P. 127.

4. Sorghum areas in the Russian Federation. Results of 2019. [Electronic resource]. Access point: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-sorgo-v-rossii-itogi-2019-goda> (reference's date 20. 07. 2020).

5. Melnichuk T. N., Izotov A. M., Turin E. N., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Zubochenko A. A. The cultivation of *Sorghum bicolor* using no-till technology and a complex biological substance // IOP conference. Series “Earth and environmental science”. Vol. 341. Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2019. P. 060–084.

6. Agriculture of the Crimea. [Electronic resource]. Access point: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-kryma> (reference's date 20.07.2020).

7. Tomashova O. L., Ilyin A. V., Veselova L. S. Soil structure under cover crops using direct sowing technology in the foothill-steppe zone of Crimea // Transactions of Taurida Agricultural Science. 2019. No. 20 (183). P. 31–36.
8. Dridiger V. K., Godunova E. I., Eroshenko E. V. Effect of no-till technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 2 (9). P. 766–780.
9. Yadav G. S., Lal R., Meena R. S. Vehicular traffic effects on hydraulic properties of a Crosby silt loam under a long-term no-till farming in Central Ohio, USA // Soil & Tillage research. 2020. Vol. 202. [Electronic resource]. Access point: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E5RZntIvLaCC2DczEF&page=2&doc=14 (reference's date 20.07.2020).
10. Komissarov M. A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in lower Austria // Eurasian soil science. 2020. Vol. 4 (53). P. 503–511. DOI: 10.1134/S1064229320040079.
11. Problems and prospects of innovative development of rural areas of the Crimea // Ed. by Pashetskii V. S. Simferopol: Arial, 2019. 252 p.
12. Turin E. N. Advantages and disadvantages of no-till farming around the world (review) // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 2 (22). P. 150-168. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.
13. Dridiger V. K. Practical recommendations for adoption of technology of cultivation of crops without tillage in the arid zone of the Stavropol Territory. Saratov: Amirit, 2016. 82 p.
14. Waring E. R., Lagzdins A., Pederson C., Helmers M. J. Influence of no-till and a winter rye cover crop on nitrate losses from tile-drained row-crop agriculture in Iowa // Journal of environmental quality. 2020. Vol. 2 (49). P. 292–303 DOI: 10.1002/jeq2.20056.
15. Tarasenko V. S. Ecology of the Crimea. Threats to sustainable development. Plan of Action. Simferopol: Arial, 2014. P. 92.
16. Science-based farming system of the Crimean region. Simferopol: Krymskiy oblpoligrafizdat, 1987. 335 p.
17. Pergaev O. A., Alekseenko N. V. Influence inoculation microbial preparations by the number of microorganisms in the rhizosphere of grain sorghum and grain yield // Kukuruzna i Sorgo. 2015. No.1. P. 32–35.
18. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 315 p.
19. Dragan N. A. Soils of the Crimea. Simferopol: Simferopol State University, 1983. 95 p.
20. Agroclimatic reference book on the Autonomous Republic of Crimea (1986–2005): reference edition // Ed. by Prudko O. I., Adamenko T. I. Simferopol: Regional Meteorological Center in the ARC, 2011. 344 p.
21. To develop the main elements of economically efficient and ecologically balanced agriculture aimed at increasing the productivity of arable land, production of high quality products, expanded reproduction of soil fertility and environmental use of steppe lands: Report on research (final) / Crimean Institute of Agro-Industrial Production UAAS, supervisor Zinchenko V. I.; performed by: Zhenchenko K. G., Tomashov S.V., Saenko N. P. Klepinino, 2005. 105 p. Inv. No. 01.

UDC 633.174:631.17:631.51(477.75)

Turin E. N., Zhenchenko K. G., Gongalo A. A., Zubochenko A. A., Susskiy A. N.

**COMPARISON OF NO-TILL AND TRADITIONAL FARMING SYSTEM IN THE
CONTEXT OF *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH CULTIVATION IN THE
STEPPE CRIMEA**

Summary. *Sorghum bicolor* (grain sorghum) is a valuable food and fodder crop. The purpose of the research was to compare no-till and traditional farming and study the effect of these two cultivation technologies in the context of *Sorghum bicolor* (L.) Moench cultivation in the steppe Crimea. The tasks of the study included determination of the 1) availability of productive moisture during sowing time; 2) quantitative and species composition of weeds; 3) soil density; 4) yield, grain quality and economic efficiency of the crop. The experiment was laid in 2015–2016. Research work began in 2017. The object of the research – grain sorghum variety ‘Krymbel’ bred in the Academy of Bioresources and Environmental Management (Academic Unit) of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Soil – chernozems southern on loess-like light clays with a humus content of 2.0–2.1%, mobile phosphorus – 2.0–2.7 mg/100 g of soil, exchangeable potassium – 25–30 mg/100 g soil. The total area of the experimental plot – 300 m², the accounting area – 50 m², triple replication. The average annual air temperature – 10.2 °C, the average annual

precipitation – 412 mm. Mathematical processing of the research results was carried out by the method of analysis of variance (ANOVA) according to B. A. Dospikhov. Under no-till, the amount of available moisture in one-meter soil layer over the years of research was significantly higher (by 12.2 mm) compared to the traditional farming system (81.6 and 93.8 mm, respectively). The quantitative composition of the weed at the experimental fields was practically the same (41.3 and 41.7 pieces/m² under no-till and traditional farming system, respectively). Soil density in the 0–30 cm layer during sowing time was within the optimal range: for the traditional system it was 1.17–1.25 g/cm³, for no-till – 1.18–1.27 g/cm³. The average yield for three years of research was 1.69 t/ha (traditional) and 1.43 t/ha (no-till), which is 0.26 t/ha or 15.4 % lower. The level of profitability under traditional system was 17 % (traditional farming system – 123 %, no-till – 106 %) higher than that of by no-till.

Keywords: no-till, agricultural technique without disturbing the soil through tillage, zero tillage, natural technology, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Турин Евгений Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: turin_e@niishk.ru.

Гонгало Анна Андреевна, научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: gongalo_a@niishk.ru.

Женченко Клара Готлибовна, научный сотрудник лаборатории земледелия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: klara.zhenchenko@mail.ru.

Зубоченко Алла Анатольевна, старший научный сотрудник лаборатории агрохимических исследований, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

Сусский Александр Николаевич, лаборант-исследователь лаборатории земледелия, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: aleksandrsusskii66@mail.ru.

Turin Evgeniy Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: turin_e@niishk.ru.

Gongalo Anna Andreevna, researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: gongalo_a@niishk.ru.

Zhenchenko Klara Gotlibovna, researcher of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: klara.zhenchenko@mail.ru.

Zubochenko Alla Anatolyevna, senior researcher of the Laboratory of agrochemical research, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: zubochenko_a@niishk.ru.

Susskiy Aleksandr Nikolaevich, research assistant of the Laboratory of agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295453, Russia; e-mail: aleksandrsusskii66@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 10.07.2020.

Дата принятия к печати – 01.09.2020.