УДК 551.586:633.1 **Исследовательская статья**

Выращивание чечевицы при атмосферных осадках 250-320 мм в год: система обработки почвы, плодородие почв, урожайность

Акшалов К.А.[1], **Баймуканова О.Н.**[1], **Жұмабек Б.**[1], **Бисетаев К.С.**[2], **Байшоланов С.С.**[3] **Пилипчук А.П.**[1]

[1] ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева», Акмолинская область, Шортандинский район, пос. Научный Казахстан
[2] ТОО «Научно-производственный центр «Eurasian Farm Innovations», Костанайская область, Лисаковск, Казахстан
[3]НАО «Национальная гидрогеологическая служба «Казгидрогеология», Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Акшалов К.А.: kanatakshalov@mail.ru
Соавторы: (1: ОБ) olesya.baymukanova@mail.ru; (2: БЖ) zhumabiek.84@mail.ru; (3: КБ) bissetayev.ks@gmail.com (4: СБ) saken_baisholan@mail.ru; (5: АП) anny_astana@inbox.ru

Получено: 14.07.2026 **Принято:** 02.10.2026 **Опубликовано:** 09.10.2026

Авторские права: Акшалов К.А. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Аннотация

Предпосылки и цель. В связи с колебаниями рыночных цен на зерновую продукцию, введение культуры чечевицы в севооборот рассматривается как метод повышения плодородия почв и финансовой состоятельности сельхозтоваропроизводителей. Почвенно-климатические условия Северного Казахстана являются ограничивающим фактором стабилизации урожайности чечевицы. Цель – повышение устойчивой продуктивности культуры чечевицы в плодосменном севообороте на основе минимизации систем обработки почвы, улучшения водно-физических свойств почвы, сохранения плодородия почвы в условиях неустойчивой погоды.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023–2025 гг. на южных карбонатных чернозёмах Акмолинской области в многолетнем стационарном полевом опыте ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» (НПЦЗХ им. А.И. Бараева), координаты 51°12N и 71°02 E, заложенных в 1979 году. Водно-физические свойства почвы изучались при выращивании чечевицы по традиционной, минимальной системе обработки почвы и при прямом посеве в плодосменном севообороте: чечевица, яровая пшеница, яровая пшеница, лен, яровая пшеница. Анализируются основные элементы плодородия почв, влияющие на продуктивность чечевицы. Исследования включали оценку системы прямого посева, минимальной сокращённой и традиционной систем обработки почвы при выращивании культуры чечевицы в плодосменном севообороте.

Результаты. Система прямого посева и сокращённая система обработки почвы повышают урожайность чечевицы на 55,6–61,2% по сравнению с традиционной системой обработки почвы. Урожайность яровой пшеницы при посеве после чечевицы составила 3,11–3,33 т/га, после парового поля 3,26–3,44 т/га. Потенциал урожайности чечевицы достигает 1,80–1,91 т с 1 га.

Заключение. Получены новые научные данные водно-физических свойств почвы, состояния плодородия почв, продуктивности чечевицы для обоснования минимизации систем обработки почвы при выращивании чечевицы в плодосменном севообороте в засушливых условиях.

Ключевые слова: чечевица; система прямого посева; минимальная система обработки почвы; традиционная система обработки почвы; плодородие почвы; урожайность.

Введение

Сельскохозяйственное производство в Казахстане ведётся в исключительно рискованных климатических условиях, с годовой суммой атмосферных осадков в основных земледельческих регионах 200–350 мм, и в период вегетации сельскохозяйственных культур около 120–140 мм [1, 2, 3].

В Казахстане в связи с нестабильностью рынка яровой пшеницы и других зерновых культур, перспективным направлением является рынок зернобобовых культур, в частности, чечевицы [4]. В агроклиматической зоне Северного Казахстана с ограниченным количеством атмосферных осадков в 250–320 мм в год, вариация уровня урожайности чечевицы в основном связана с атмосферной засухой, особенно в течение вегетационного периода, количеством и временем выпадения атмосферных осадков в течение вегетационного периода. Коэффициент корреляции составляет 0,89 [2]. Предварительные исследования 2021–2023 годов показали тесную корреляцию зависимости уровня продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных культур от климатических параметров [1, 3]. Улучшение водного баланса в системе «почва-растение», уменьшение испарения почвенной влаги, повышение рентабельности производимой продукции являются критическими и определяющими факторами устойчивого земледелия и стабилизации производства культуры чечевицы в засушливых условиях [5, 6, 7].

Устойчивая система земледелия предусматривает сокращение механических обработок почвы (прямой посев, минимальная система обработки почвы), постоянное покрытие почв мульчей и растительными остатками, агробиоразнообразие в севообороте [8, 9, 10, 11]. Традиционная система земледелия, основанная на применении севооборотов с приоритетным производством яровой пшеницы и паровыми полями не повышает конкурентоспособность фермеров на внутреннем и внешнем рынках, приводит к деградации и истощению плодородия почв [12]. Предварительные исследования показали, что управление растительными остатками на основе минимизации систем обработки почвы и выращивание растений с различной надземной и корневой биомассой положительно влияют на гидрологические и, в целом, на водно-физические свойства почв [6, 9, 11]. Минимальная и сокращённые обработки почвы, прямой посев способствуют смягчению неблагоприятного воздействия изменения климата [11]. В наших исследованиях снижение себестоимости производимой продукции является приоритетным направлением. Система прямого посева (No-Till) уменьшает энергетические затраты, время и горючее, снижает финансовые затраты на 1 га на 20% и увеличивают чистый доход на 28% (ФАО, 2022). Почво-ресурсосберегающее земледелие требует меньше интенсивных трудовых затрат, вносит вклад в снижение эмиссии углекислого газа через низкий энергетический вклад и улучшение эффективности использования питания, положительно влияет на водно-физические свойства почв, продуктивность и, в целом, на «здоровье» почв. Исследования в Канаде показали, что сохранение мульчи и растительных остатков на поверхности почвы улучшает водно-физические свойства почвы, инфильтрацию и водный баланс на 22,5–80% по сравнению с обработкой почвы без растительных остатков [13].

Материалы и методы

Теоретические, лабораторные и полевые эксперименты. Методы решения задач – изучение и анализ мирового опыта, состояние отечественного производства чечевицы, анализ научных данных на основе полевых, лабораторных исследований. Методика и схема закладки полевых опытов согласно методики Доспехова Б.А. [14]. Почва – южный карбонатный чернозём тяжёлого механического состава. Исследования проводятся на основе сравнительной оценки различных систем обработки почвы в плодосменном севообороте. Данные исследования проводились в 2023–2025 гг. на южных карбонатных чернозёмах Акмолинской области Республики Казахстан в многолетнем стационарном полевом опыте НПЦЗХ им. А.И. Бараева (координаты 51°12N и 71°02 E), заложенных в 1979 году. Водно-физические свойства почвы изучались при выращивании чечевицы по традиционной, минимальной (сокращённой) системе обработки почвы и при прямом посеве при выращивании чечевицы в плодосменном севообороте: чечевица, яровая пшеница, яровая пшеница, лен, яровая пшеница. Посев чечевицы проводится в севообороте после яровой пшеницы. При прямом посеве чечевица высевается по высокой стерне яровой пшеницы, которая способствует накоплению снежного покрова (разработка защищена патентом) [15]. Для прямого посева использовали сеялки с анкерными рабочими органами компании «Amazone».

Сравнительное изучение систем обработки почвы в севооборотах проводится с 2006 года. Севообороты развёрнуты во времени и в пространстве и изменения водно-физических свойств почвы, элементов плодородия почвы имеют закономерный характер. Для определения

динамики водного баланса почвенные образцы отбирались до глубины 100 см через каждые 10 см в динамике – в весенний, летний и осенний периоды для определения влажности почвы [15]. Агрегатный состав, плотность почвы определялись по общепринятой методике [14]. В течение периода вегетации во все фазы развития растений отбирались растительная биомасса: надземная и подземная растительная биомасса, растительные остатки с поверхности почвы [14, 16]. Биомасса растений отбиралась по основным фазам развития с площади 1 м^2 в 3-х повторностях по диагонали каждого рабочего участка в 30 точках, высушивались в лабораторных условиях в сушильном шкафу при температуре 70 °С в течение 48 часов до достижения постоянного веса. Объёмная масса почвы определялась в весенний и осенний периоды в слое почвы 0–7,5; 7,5–15; 15–22,5 и 22,5–30 см в 3-х повторностях при всех системах обработки почвы [14]. Анализ почвенных образцов проводился в специализированной аккредитованной лаборатории. Определение общего азота в почве проводится по методике Къельдаля. Определение питательных элементов NPK проводилось на автоматическом поточном анализаторе San++ (Scalar, Netherlands) по методам согласно ГОСТам: нитратный азот ГОСТ 26488-85, подвижный фосфор по методу Мачигина ГОСТ 26205-91 [17, 18].

В качество объекта исследования был выбран сорт чечевицы Шырайлы. Срок посева 15-17 мая, норма высева 136 кг/га, междурядье – 25 см. Одновременно с посевом вносили 10 кг/га фосфорных и 30 кг/га азотных удобрений по д.в. Предшественник – яровая мягкая пшеница. Площадь делянки 360 м^2 (длина – 60 м, шрина – 6 м).

Урожайность сельскохозяйственных культур определялась методом прямого комбайнирования. Зерно сельскохозяйственных культур доводилось до требуемой влажности и 100% чистоты [14]. Одновременно с уборкой урожая отбираются образцы зерна для определения качественных показателей семян в лабораторных условиях по диагонали рабочих участков.

Результаты

Для условий Северного Казахстана в последние годы характерными становятся обильные осадки во второй половине зимнего периода и во второй половине вегетации сельскохозяйственных культур, отличающиеся от многолетних. Анализ погодных условий в годы проведения исследований показывают тесную корреляцию уровня урожайности с погодными условиями периода вегетации сельскохозяйственных культур. Уровень урожайности, например, чечевицы в 2023 засушливом году в 2,5–2,8 раза ниже, чем в благоприятном по увлажнению 2024– 2025 годах. Наши результаты показывают, что смягчить отрицательное влияние погоды позволяет система обработки почвы. В чернозёмной зоне Акмолинской области (Щучинск, Зеренды, Балкашино и т. д.). в зимний и летний периоды осадков выпадает больше по сравнению с каштановыми почвами (Акколь, Коргалжын, Жаксы, Егиндыколь и т д.). Сумма активных температур воздуха имеет обратную зависимость. В зоне южных чернозёмов в районе проведения исследований погодные условия 2023–2025 годов резко отличались от многолетних данных. Анализ погодных условий 2023–2024 годов показывает, что годовая сумма осадков за 2023–2024 годы превышала многолетние показатели на 23,0%. Количество зимних осадков существенно не отличалось от среднемноголетних показателей. Превышение осадков произошло за счёт позднелетних осадков. Количество осадков за вегетационный период на 56,5% больше или в 1,5 раза по сравнению с многолетними данными. За 2024–2025 сельскохозяйственный год количество осадков превышало многолетние показатели незначительно – всего на 5,0%, но в ответственные периоды развития растений ГТК был очень благоприятным. Например, в фазу конец колошения-налив зерна пшеницы количество осадков превышало многолетние показатели в 2,7 раза или на 163,8%. Температурный режим также был благоприятным для прохождения физиологических процессов формирования колоса, налива зерна. Исследованиями установлено, что в плодосменном севообороте наибольшие весенние запасы почвенной влаги формируются после яровой пшеницы по стерневому фону на фоне высокой стерни по системе прямого посева и при минимальной системе обработки почвы (таблица 1).

Таблица 1. Динамика содержания почвенной влаги в зависимости от систем обработки почвы и предшественников (среднее за 2023–2025 гг.)

Система обработки почвы	Предшественник/ культура*	Содержание влаги в слое почвы, мм		
		0–30	0–50	0–100
1	2	3	4	5
Плодосменный севооборот				
Традиционная	яровая пшеница/ чечевица	40,4	61,3	79,7
Минимальная	яровая пшеница чечевица	44,2	75,8	90,0
Прямой посев / No-Till	яровая пшеница/ чечевица	44,5	87,0	111,5
Прямой посев / No-Till	чечевица / яровая пшеница	41,3	74,2	98,5
$НСР_{095}$				15,4

Примечание: * – в числителе предшественник; в знаменателе посев культуры в текущем году

Как видно из таблицы 1, при прямом посеве чечевицы почвенной влаги в слое почвы 0–100 см накапливается на 21,5–31,8 мм больше по сравнению с минимальной и традиционной системами обработки почвы. При этом, промачивается весь почвенный профиль. Низкие запасы почвенной влаги при традиционной системе обработки почвы объясняются низкой высотой наземной биомассы растений.

Наибольшее количество мезоагрегатов ≥ 0,25 мм содержится при ненарушенном строении пахотного слоя почвы (таблица 2).

Таблица 2. Влияние систем обработки почвы на структурный состав верхнего 0–5 см слоя почвы (перед посевом)

Система обработки почвы	Поле севооборота	Содержание агрегатов почвы, кг/кг	
		мезоагрегатов (≥ 0,25 мм)	микроагрегатов (≤ 0,25 мм)
Традиционная	Чечевица	0,27	0,42
	Яровая пшеница	0,32	0,34
Минимальная	Чечевица	0,41	0,31
	Яровая пшеница	0,42	0,30
Прямой посев (No-Till)	Чечевица	0,57	0,31
	Яровая пшеница	0,61	0,23

Количество водопрочных агрегатов больше при системе прямого посева по сравнению с минимальной и традиционной системами обработки почвы (таблица 2).

Отсутствие механической обработки почвы при системе прямого посева не приводит к переуплотнению пахотного слоя почвы (таблица 3).

Таблица 3. Плотность пахотного слоя почвы в зависимости от систем обработки, г/см^3

Система обработки почвы	В слое почвы, см	Поле севооборота		
		После пшеницы	После чечевицы	Паровое поле
Традиционная	0–7,5	1,07	1,04	0,93
	7,5–15,0	1,12	1,10	1,01
	15,0–22,5	1,21	1,17	1,12
	22,5–30,0	1,24	1,20	1,19

Продолжение таблицы 3

Минимальная	0–7,5	1,11	1,02	0,95
	7,5–15,0	1,15	1,13	1,09
	15,0–22,5	1,20	1,23	1,17
	22,5–30,0	1,22	1,25	1,23
Прямой посев	0–7,5	1,02	1,01	0,97
	7,5–15,0	1,18	1,17	1,19
	15,0–22,5	1,22	1,23	1,21
		1,26	1,27	1,24

При системе прямого посева плотность пахотного слоя почвы несколько выше по сравнению с традиционной и минимальной системами обработки почвы, но находится в пределах оптимально-равновесной. Многолетнее использование в севообороте сельскохозяйственных культур с различной биологией развития, различной корневой и надземной биомассой позволяет поддерживать плотность почвы в пределах оптимального сложения (таблица 3).

Из литературных источников известно, что плотность почвы существенно меняется в первые годы посева по системе прямого посева [19, 20].

Как видно из таблицы 3, плотность почвы в слое почвы 0–7,5 см при традиционной системе после посева пшеницы составляла 1,07 г/см^3 и при прямом посеве плотность почвы не увеличивалась. Это показывает на положительный эффект порозности почвы, характера корневой системы предшествующих сельскохозяйственных культур, агрегатного состава, наличием растительных остатков на поверхности почвы.

Одним из преимуществ минимизации систем обработки почвы является накопление мульчи, растительных остатков в надземном и подземном слое почвы. Посевы чечевицы по количеству биомассы уступают посевам яровой пшеницы (таблица 4).

Таблица 4. Количество растительных остатков по различным агрофонам в зависимости от систем обработки почвы, г/м^2 *

Поле севооборота	Традиционная система			Прямой посев		
	На поверхности почвы	В слое почвы 0-10 см	Суммарное количество растительной биомассы	На поверхности почвы	В слое почвы 0-10 см	Суммарное количество растительной биомассы
Паровое поле	55,0	185,5	240,5	210,5	410,3	620,8
Яровая пшеница после парового поля (контроль)	475,4	490,5	965,9	931,7	310,1	1241,8
Чечевица	398,5	438,2	836,7	981,7	267,0	1248,7
Пшеница после чечевицы	481,8	563,5	1045,3	948,1	447,3	1395,4

Примечание: * – Биомасса накапливалась в течение 4-х ротаций 5-ти польного зернопарового севооборота с паровым полем и плодосменного севооборота.

При посеве чечевицы вместо парового поля количество растительной биомассы выше в плодосменном севообороте по сравнению с зернопаровым севооборотом (таблица 4). Суммарное количество растительных остатков (надземной и почвенной) после посева яровой пшеницы после парового поля составило в среднем 1241,8 г/м^2 в зернопаровом севообороте и 1248,7–1395,4 г/м^2 в плодосменном севообороте при прямом посеве (таблица 4).

При прямом посеве чечевица способствует накоплению нитратного азота. Содержание нитратного азота составила перед посевом пшеницы после чечевицы 23,1 мг/кг почвы, после зерновых культур – 13,5–14,5 и после льна - 14,2 мг/кг почвы. При традиционной системе

обработки почвы уровень содержания нитратного азота составляет 12,1; 7,5 и 4,9 мг/кг почвы соответственно. Это связано с азотфиксирующей способностью чечевицы.

Исследования показали, что при плодосменной системе земледелия на основе почво-ресурсосберегающих систем обработки почвы и посева, выращивание бобовых и масличных культур, в частности, чечевицы повышается плодородие почвы: за счёт улучшения гумусового слоя почвы увеличивается корнеобитаемый слой почвы, накапливается достаточное количество почвенной влаги и улучшаются водоудерживающая способность почвы. Содержание почвенного углерода повышается с 23,4 кг/т почвы в зернопаровом севообороте до 41,1 кг/т почвы в плодосменном севообороте. В паровом поле содержание почвенного углерода снижается до 10,1 кг/т почвы.

Результаты исследований подтверждают гипотезу эффективности минимизации систем обработки почвы и прямого посева. В полузасушливых погодных условиях уровень урожайности чечевицы при минимизации систем обработки почвы в благоприятные по увлажнению годы достигает 1,61 т с 1 га (таблица 5).

Таблица 5. Урожайность чечевицы в зависимости от систем обработки почвы, т/га в 2023–2025 гг.

Поле севооборота/ предшественник	Система обработки почвы	2023	2024	2025	Средняя урожайность, (2023–2025 гг.).	Разница по сравнению с контролем	
						т/га	%
Зернопаровой севооборот: яровая пшеница после парового поля	Традиционная (контроль)	1,16	0,78	0,98	0,97	-	
	Минимальная	1,74	1,00	1,72	1,49	0,52	53,6
	Прямой посев	1,78	0,91	1,78	1,49	0,52	53,6
Плодосменный севооборот яровая пшеница	Традиционная (контроль)	1,56	0,70	0,76	1,01	-	
	Минимальная	1,78	1,06	1,61	1,48	0,47	46,5
	Прямой посев	1,71	0,92	1,74	1,46	0,45	44,6
Плодосменный севооборот: яровая пшеница после гороха	Традиционная (контроль)	1,34	0,74	0,96	1,01	-	
	Минимальная	1,64	1,93	1,95	1,84	0,66	65,3
	Прямой посев	1,87	1,89	1,89	1,87	0,86	85,2
$НСР_{095}$		0,14	0,13	0,79	0,45	0,45	

Примечание: * – Контроль (традиционная система обработки почвы является контролем на всех полях севооборота).

Годы исследований характеризовались как засушливые, так и увлажнённые. В плодосменном севообороте наибольшая урожайность чечевицы формируется при прямом при минимизации системы обработки почвы. Продуктивность чечевицы при прямом посеве и минимальной обработке почвы существенно не различаются. Наибольшая урожайность чечевицы формируется в плодосменном севообороте с культурой гороха в севообороте и составила при минимальной системе обработки почвы и прямом посеве 1,84 и 1,87 т/га и соответственно.

Получены положительные результаты внедрения систем обработки почвы в условиях сельскохозяйственного производства на уровне фермерских хозяйств. Адаптация системы минимизации обработки почвы в условиях ТОО «Научно-производственный центр «Eurasian Farm Innovations» в Костанайской области площадь чечевицы увеличилась до 12,4% в структуре пашни. Урожайность повысилась до 1,35 т/га, снизилась себестоимость единицы продукции на 12%, повысилась рентабельность производства на 35%.

Обсуждение

Получены положительные результаты внедрения систем обработки почвы в условиях сельскохозяйственного производства на уровне фермерских хозяйств. Адаптация системы минимизации обработки почвы в условиях ТОО «Научно-производственный центр «Eurasian Farm Innovations» в Костанайской области привела к увеличению площади чечевицы до 12,4% в структуре пашни. Урожайность повысилась до 1,35 т/га, снизилась себестоимость единицы продукции, повысилась рентабельность.

В результате исследований получены новые экспериментально подтверждённые исходные данные по научному обоснованию сокращения механической обработки почвы, почво-, ресурсосберегающих систем обработки почвы в плодосменном севообороте по сравнению с традиционной системой обработки почвы. Полученные результаты подтверждают эффективность минимизации систем обработки почвы в засушливых условиях: улучшаются водный режим почв, водно-физические свойства почвы, плодородие, уменьшается вариация урожайности чечевицы. Исследования учитывали мировые практики засушливого земледелия в области систем обработки почв, плодородия почв и погодных изменений, тенденции изменения климата [19, 20, 21, 22]. Как показали исследования, преимущество систем минимизации обработки почвы в эффективном использовании почвенной влаги, влаги атмосферных осадков на создание единицы урожая чечевицы в течение вегетационного периода. При системе прямого посева накапливается больше почвенной влаги на 21,5–31,8 мм благодаря формированию высокой стерни в период уборки яровой пшеницы по сравнению с минимальной и традиционной системами обработками почвы. Это повышает водопотребление растениями, реализацию продукционного потенциала чечевицы, повышение урожайности в условиях изменяющегося климата. Полученная закономерность согласуется с результатом аналогичных исследований, проведенных в других почвенно-климатичесих условиях, где применение системы no-till способствовало сохранению более благоприятного водного режима почвы за счет сохранения растительных остатков на поверхности [23, 24]. Наличие водопрочных агрегатов более 0,25 мм при системе прямого посева способствует лучшему впитыванию атмосферных осадков, особенно весенних талых вод. Полученные результаты согласуются с данными Жапаева Р. и др. (2024), которые в условиях юго-востока Казахстана установили более высокое содержание водопрочных агрегатов при нулевой обработке почвы по сравнению с традиционной обработкой [25]. Это подтверждает положительное влияние минимизации механического воздействия на сохранение структурно-агрегатного состаяния и водно-физических свойств почвы. При традиционной системе с механической обработкой почвы образуется больше микроагрегатов, влияющих на плотность почвы, податливость эрозионным процессам, впитывание весенних талых вод и эмиссию углекислого газа. Количество водопрочных агрегатов на поверхности почвы по традиционной системе несколько меньше по сравнению с яровой пшеницей. При прямом посеве и минимальной системе обработки почвы растения чечевицы развивают хорошую надземную и подземную биомассу, которая способствует формированию водопрочных агрегатов (таблица 2).

Обзор мирового опыта показывает, что в засушливых районах Канады, США, России потери углерода почвы главным образом относят за счёт обработки почвы и механической подготовки парового поля [11, 13, 26]. Главным образом, механический пар сокращает вложения углерода в почву в виде растительной биомассы в сравнении с естественной и культурной растительностью, усиливает минерализацию органического вещества почвы. Наши исследования показали, что минимизация систем обработки почвы при выращивании чечевицы в плодосменном севообороте повышает содержание почвенного углерода на 76,0%. Минимизация систем обработки почвы улучшает проективное покрытие поверхности почвы. Количество растительной биомассы при прямом посеве выше на 54,0% в зернопаровом севообороте и на 2,7% в плодосменном севообороте. Аналогичне результаты получены в исследованиях Соловьева и др. (2026). Применение ресурсосберегающей системы обработки почвы способствовало повышению общего содержания гумуса в почвах, и увеличению содержания гуминовых и фульвокислот, а также углерода органического вещества почвы [24]. Наличие достаточного количества мульчи и растительных остатков на поверхности почвы способствует защите почв от эрозии, уменьшает испарение почвенной влаги.

При традиционной системе обработки почвы в результате минерализации органического вещества почвы образуется больше нитратного азота по сравнению с сокращённой обработкой почвы и системой прямого посева, что приводит к деградации почвенного углерода. В благоприятном по увлажнению в условиях 2024 года наблюдалась тенденция образования клубеньковых бактерий на корневых системах чечевицы. при прямом посеве и минимальной системе обработки почвы. Но это не закономерность. В засушливые годы образования клубеньковых бактерий не происходит.

В зернопаровых севооборотах с паровым полем в почву не поступают органические субстраты (нет питательной среды). В отсутствии питательной среды микроорганизмы используют почвенный гумус для утилизации в источник энергии. Земледелие при традиционной системе при ограниченной биомассе растений и высокой испаряемости ведёт к почвенной деградации. Аналогичную закономерность приводят учёные Канады [27].

Доказано положительное влияние культуры чечевицы на урожайность яровой пшеницы, высеваемой после чечевицы, особенно в благоприятные по увлажнению годы для чечевицы. Средняя урожайность яровой пшеницы в зернопаровом севообороте после парового поля составила 3,26 и 3,44 т/га при минимальной системе обработки почвы и прямом посеве соответственно. В плодосменном севообороте урожайность яровой пшеницы после культуры чечевицы составила 3,33 т/га при прямом посеве и в зернопаровом севообороте 3,44 т/га. Различия в урожайности яровой пшеницы после парового поля и чечевицы не существенны. Это фундаментальные выводы, показывающие преимущества плодосменной системы земледелия в засушливых условиях с количеством осадков 250–320 мм в год. В исследовнаиях Jian ling Fan и др. (2026). в плодосменном севообороте при системе прямого посева обеспечивается эффективное использование азота удобрений, повышается урожайность сельскохозяйственных культур и формируется высокое качество получаемой продукции [28].

Заключение

Проведённые исследования позволяют сделать ряд заключений, важных как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения практики хозяйствования на земле. Результаты эффективности и рентабельности систем обработки почвы в плодосменных севооборотах являются дискуссионными среди учёных и практиков. Изучаемые системы отвечают современным требованиям рынка, сохранения плодородия почв и являются альтернативой влиянию изменения климата на сельскохозяйственное производство.

Сохранение стерневого покрова при минимальной системе обработки почвы и прямом посеве обеспечивают наибольшие запасы весенней почвенной влаги после яровой пшеницы перед посевом чечевицы в метровом слое почвы до 90,0–111,5 мм по сравнению с традиционной системой обработки почвы (79,7 мм). Уменьшение запасов почвенной влаги после посевов чечевицы связаны с низкой высотой наземной биомассы растений. Имеет значение промачивание метрового профиля почвы для сохранения увлажнённого почвенного профиля.

Минимизация обработки почвы обеспечивает наибольшее количество водопрочных агрегатов ≥ 0,25 мм – 0,53–0,61 кг/кг. Наличие водопрочных агрегатов более 0,25 мм способствует лучшему впитыванию атмосферных осадков, особенно весенних талых вод.

Сокращение механической обработки почвы не приводит к уплотнению пахотного слоя почвы. Это показывает на положительный эффект порозности почвы, характера корневой системы предшествующих культур, агрегатного состава, наличием растительных остатков на поверхности почвы.

Минимизация систем обработки почвы улучшает проективное покрытие поверхности почвы. Количество растительных остатков (надземной и почвенной) при прямом посеве на 34,0% больше по сравнению с традиционной системой обработки почвы. Наличие достаточного количества мульчи и растительных остатков на поверхности почвы способствует защите почв от эрозии, уменьшает испарение почвенной влаги.

В зернопаровых севооборотах происходит истощение почвенного потенциала. При паровании в почву не поступают органические субстраты (нет питательной среды). Земледелие при традиционной системе при ограниченной биомассе растений и высокой испаряемости ведёт к почвенной деградации.

Урожайность чечевицы стабилизируется на уровне 1,4–1,5 т/га. Чечевица как предшественник оказывает положительное влияние на урожайность яровой пшеницы, особенно в благоприятные по увлажнению годы.

Полученные результаты являются основой для эффективного и продуктивного использования природного и климатического потенциала, сохранения плодородия и контроля эрозии почв, повышения продуктивности агроэкосистем, повышения устойчивости производства чечевицы в связи с изменениями климата.

Результаты исследований отвечают мировым тенденциям исследований, проводимых в аналогичных по почвенно-климатическим условиям России, Канады, США.

Вклад авторов

КА: разработка гипотезы и практической части реализации научных исследований. ОБ: проведение научных исследований, анализ водных свойств почвы в зависимости от систем обработки почвы. БЖ: проведение научных исследований, анализ водно-физиченских свойств почвы в зависимости от систем обработки почвы. КБ: анализ полученных результатов научных исследований, проведение научно-производственных исследований, практическая реализация результатов научных исследжований в условиях Научно-производственного центра «Eurasian Farm Innovations», Республика Казахстан. СБ: анализ и обоснование климатических и погодных данных. ПА: проведение научных исследований, анлиз производственных данных, оформление статьи.

Информация о финансировании

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства РК научно-технической программы BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана».

Список литературы

1 Akshalov, K.A., Baisholanov, S.S., Baymukanova, O.N., Auezkhanov, D.A., Kuzhinov, M.B. (2022). Analiz agrometeorologicheskikh uslovii vegetatsionnogo perioda 2020 i 2021 godov v Severnom Kazakhstane: osobennosti i mery adaptatsii k izmeneniiu klimata [Analysis of agrometeorological conditions of thegrowing season 2020 and 2021 in Northern Kazakhstan: features and measures of adaptation to climatechange]. *Vestnik Nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina*, 3(114), 161–176.

2 Baisholanov, S.S., Pavlova, V.N., Zhakieva, A.R., Chernov, D.A., Gabbasova, M.S. (2018). Agroklimaticheskie resursy Severnogo Kazakhstana [Agroclimatic resources of the North Kazakhstan]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniia i prognozy*, 1(367), 168–184.

3 Akshalov, K., Baishelanov, S., Aueskhanov, D., Baimukanova, O. (2022). Analiz agrometeorologicheskikh uslovii vegetatsionnogo perioda i urozhainost yarovoi pshenitsy v usloviyakh Akmolinskoi oblasti Respubliki Kazakhstan [Analysis of agrometeorological conditions growing season and yield spring wheat in akmola region Republic of Kazakhstan]. *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii im. A.I. Voeikova*, 605, 41–57.

4 Bûro natsional'noy statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan. (2024). *Sel'skoe, lesnoe i rybnoe khozyaystvo v Respublike Kazakhstan* [*Agriculture, Forestry and Fisheries in the Republic of Kazakhstan*]. Astana. https://stat.gov.kz/ru/publication/collections/?name=17199&period=&year=

5 Haselow, L., Rupp, H., Meißner, R., Akshalov, K. (2020). Forschungsarbeiten zum Bodenwasserhaushalt in der kasachischen Steppe. Research study on the soil water balance in the steppe of Kazakhstan. *WasserWirtschaft*, 110(4), 34–40. DOI:10.1007/s35147-020-0366-2.

6 Iijima, Y., Kawaragi, T., Ito, T., Akshalov, K., Tsunekawa, A., Shinoda, M. (2008). Response of plant growth to surface water balance during a summer dry period in the Kazakhstan steppe. *Hydrological Processes*, 22(16), 2974–2981.

7 Turebayeva, S., Zhapparova, A., Kekilbayeva, G., Kenzhegulova, S., Aisakulova, K., Yesseyeva, G., Bissembayev, A., Sikiric, B., Sydyk, D., Saljnikov, E. (2022). Development of Sustainable production of rainfed winter wheat with No-Till technologies in Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 12(4), 950. DOI:10.3390/agronomy12040950.

8 FAO. (2022). *Comprehensive analysis of the disaster risk reduction system for the agricultural sector in Kazakhstan.* https://www.fao.org/3/cb8757en/cb8757en.pdf.

9 González-Sánchez, E.J., Kassam, A., Basch, G., Streit, B., Holgado-Cabrera, A., Triviño-Tarradas, P. (2016). Conservation Agriculture and its contribution to the achievement of agrienvironmental and economic challenges in Europe. *AIMS Agriculture and Food*, 1(4), 387–408. DOI:10.3934/ agrfood.2016.4.387.

10 Mueller, L., Suleimenov, M., Karimov, A., Qadir, M., Saparov, A., Balgabayev, N., Helming, K., Lischeid, G. (2014). *Land and Water Resources of Central Asia, Their Utilisation and Ecological Status.* Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia. Environmental Science. London: 3–60.

11 Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2018). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1). DOI: 10.1080/00207233.2018.1494927.

12 Suleimenov M., Akshalov K. (2007). *Climate change and Terrestrial carbon sequestration in Central Asia. In: Balkema-Proceedings and Monographs in Engineering.* Water and Earth Science. London, Lieben, New-York, Philadelphia: 267–277.

13 Maillard, É., McConkey, B.G., St. Luce, M., Angers, D.A., Fan, J. (2018). Crop rotation, tillage system, and precipitation regime effects on soil carbon stocks over 1 to 30 years in Saskatchewan, Canada. *Soil Tillage Res*., 177, 97–104. DOI:10.1016/j.still.2017.12.001.

14 Dospekhov, B.A., Vasiliev, I.P., Tulikov, A.M. (1977). *Praktikum po zemledeliiu* [*Practical training on agriculture*]. Moskva: Kolos, 367.

15 Sposob vyrashchivaniya kul'tury chechevitsy [Method of growing lentil crops]. (2024). Patent na izobretenie № 37106. Akshalov K.A., Sagimbaev M.T., Baymukanova O.N., Suleimenov M.K.; zayavitel' i patentoobladatel' TOO «Nauchno-proizvodstvennyi centr zernovogo hozyaistva im. A.I. Baraeva» zayavl. 02.10.2023; opubl. 27.12.2024.

16 Schipanski, M.E., Barbercheck, M., Douglas, M.R., Finney, D.M., Haider, K., Kaye, J.P. et al. (2014). A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 125, 12–22. DOI: 10.1016/j.agsy.2013.11.004.

17 Gosudarstvennyi standart GOST 26488-85 - Pochvy. Opredelenie nitratov po metodu CINAO [Soils Determination of nitrates by CINAO method]. (1985).

18 Gosudarstvennyi standart GOST26205-91 - Pochvy. Opredelenie podvizhnyh soedinenii fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikacii CINAO [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAO]. (1993). Moskva.

19 Logsdon, S.D., Cambardella, C.A. (2000), Temporal Changes in Small Depth-Incremental Soil Bulk Density. *Soil Sci. Soc. Am. J.,* 64, 710–714. DOI: 10.2136/sssaj2000.642710x.

20 Schjønning, P., Rasmussen, K.J. (2000). Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. *Soil and Tillage Research*, 57(1–2), 69–82. DOI: 10.1016/S0167-1987(00)00149-5.

21 Kienzler, K.M., Lamers, J.P.A., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Ruzibaev, E., Akramkhanov, A. (2012). Conservation agriculture in Central Asia What do we know and where do we go from here? *Fild Crops Research*, 132, 95–105. DOI: 10.1016/j.fcr.2011.12.008.

22 Du, Ch., Li, L., Effah, Z. (2022). Effects of Straw Mulching and Reduced Tillage on Crop Production and Environment: A Review. *Journal Water*, 14(16), 2471. DOI: 10.3390/w14162471.

23 Turebayeva, S., Zhapparova, A., Kekilbayeva, G., Kenzhegulova, S., Aisakulova, K., Yesseyeva, G., Bissembayev, A., Sikiric, B., Sydyk, D., Saljnikov, E. (2022). Development of sustainable production of rainfed winter wheat with no-till technologies in Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 12(4), 950. DOI: 10.3390/agronomy12040950.

24 Solovyov, O.Yu., Zaika, V.V., Savinkina, L.I. (2026). Vliyanie razlichnyh tehnologii obrabotki pochvy na balans organicheskogo veshhestva i bioenergeticheskuyu effektivnost' vozdelyvaniya kul'tur v plodosmennom sevooborote [The influence of different soil cultivation technologies on the balance of organic matter and bioenergetic efficiency of crop cultivation in crop rotation]. *Evraziiskii agrotehnicheskii zhurnal*, 2(130), 130–140. DOI: DOI:10.51452/eaj.2026.2(130).2214.

25 Kunypiyaeva, G.T,. Zhapayev, R.K., Bastaubayeva, Sh.O., Ospanbaev, Zh., Maybasov, A.S., Zhusupbekov, E.K. (2024). Strukturno-agregatnyi sostav i vodoprochnost' pochvy v zavisimosti ot sposobov obrabotki pochvy v usloviyah jugo-vostoka Kazahstana [Structural and aggregate composition and water permeability of soils depending on the methods of tillage in the south-east of Kazakhstan]. *Izdenister, nátıjeler*, 2-1, 284–294.

26 Lemke, R.L., Vanden Bygart, A.J., Campbell, C.A., Lafond, G.H., McConky, B.G., Grant, B. (2012). Long term effects of crop rotations and fertilization on soil carbon in a think Black Chernozem in southeastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Scienc*, 92(3), 449–461. DOI:10.4141/cjss2010-047.

27 Timlick, J. (2023). Best regional crop rotations are being sought in Canada. *Grainews.* https://www.grainews.ca/features/a-new-approach-provides-evidence-to-support-the-benefits-of-diversified-rotations

28 Fan, J.l., McConkey, B.G., Luce, M.St., Brandt, K. (2020). Rotational benefit of pulse crop with no-till increase over time in a semiarid climate. *European Journal of Agronomy*, 121, 1161–0301. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126155.

Жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшері 250-320 мм болған кезде жасымық дақылын өсіру: топырақ өңдеу жүйесі, топырақ құнарлығы, өнімділік

Акшалов К.А.[1], Баймуканова О.Н.[1], Жұмабек Б.[1], Бисетаев К.С.[2], Байшоланов С.С.[3]
Пилипчук А.П.[1]

[1]«А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС
Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный кенті, Қазақстан
[2]«Eurasian Farm Innovations» ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қостанай облысы, Лисаковск қаласы, Қазақстан
[3]«Қазгидрогеология» Ұлттық гидрогеологиялық қызметі» КеАҚ, Астана, Қазақстан

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Астық өнімдеріне нарықтық бағаның құбылмалы болуына байланысты жасымық дақылын ауыспалы егіске енгізу топырақ құнарлылығын арттырудың және ауыл шаруашылығы товар өндірушілерінің қаржылық тұрақтылығын күшейтудің бір тәсілі ретінде қарастырылады. Солтүстік Қазақстанның топырақ-климаттық жағдайлары жасымық өнімділігін тұрақтандыруда шектеуші фактор болып табылады. Жұмыстың мақсаты – тұрақсыз ауа-райы жағдайында топырақты өңдеу жүйелерін минимизациялау, топырақтың су-физикалық қасиеттерін жақсарту және оның құнарлылығын сақтау негізінде ауыспалы егісте жасымықтың тұрақты өнімділігін арттыру.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер 2023–2025 жылдары Ақмола облысының карбонатты оңтүстік қара топырақтарында, А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының (Шортанды, координаттары 51°12N және 71°02 E) көп жылдық (1979 жылы негізі қаланған) стационарлық далалық тәжірибесінде жүргізілді. Топырақтың су-физикалық қасиеттері жасымық дақылын дәстүрлі, минималды өңдеу және тікелей себу жүйелері бойынша мынадай ауыспалы егісте зерттелді: жасымық, жаздық бидай, жаздық бидай, зығыр, жаздық бидай. Жасымық өнімділігіне әсер ететін топырақ құнарлылығының негізгі элементтері талданды. Зерттеулер ауыспалы егісте жасымық дақылын өсіру кезінде тікелей себу, минималды және дәстүрлі топырақ өңдеу жүйелерін бағалауды қамтыды.

Нәтижелер. Топырақты механикалық өңдеуді қысқарту мен тікелей себуге негізделген өңдеу жүйелерін минимизациялау 1 га шаққандағы қаржылық шығындарды азайтады, топырақтың тығыздығы мен ылғалдылығына теріс әсер етпейді. Егістіктің арамшөптермен ластануы артпайды. Тікелей себу және қысқартылған өңдеу жүйелері дәстүрлі өңдеу жүйесімен салыстырғанда жасымық өнімділігін 55,6–61,2% арттырады. Жасымықтан кейін егілген жаздық бидайдың өнімділігі 3,11–3,33 т/га, ал сүрі жерден кейін 3,26–3,44 т/га болды. Жасымықтың өнімділік әлеуеті 1 га 1,80–1,91 т дейін жетеді.

Қорытынды. Қуаңшылық жағдайында ауыспалы егісте жасымық өсіру үшін топырақты өңдеу жүйелерін минимизациялауды негіздеуге арналған топырақтың су-физикалық қасиеттері, оның құнарлылық жағдайы және жасымық өнімділігі бойынша жаңа ғылыми деректер алынды.

Кілт сөздер: жасымық; тікелей себу жүйесі; минималды топырақ өңдеу жүйесі; дәстүрлі топырақ өңдеу жүйесі; топырақ құнарлылығы; өнімділік.

Cultivating lentils with precipitation of 250-320 mm peryear: soil tillage system, soil fertility, productivity

Kanat A. Akshalov[1], Olesya N. Baimukanova[1], Bakytbek Zhumabek[1], Kayrat S. Bisetaev[2]
Saken S. Baisholanov[3], Anna P. Pilipchuk[1]

[1]LLP "A.I. Baraev Scientific and Production Center of Grain Farming" Nauchny settlement, Shortandy District, Akmola Region, Kazakhstan
[2]LLP "Scientific and Production Center "Eurasian Farm Innovations", Lisakovsk, Kostanay Region, Kazakhstan
[3]NJSC "National Hydrogeological Service "Kazhydrogeology", Astana, Kazakhstan

Abstract

Background and Aim. Given fluctuations in grain market prices, the introduction of lentils into crop rotation is considered a means of improving soil fertility and the economic sustainability of agricultural producers. The soil and climatic conditions of Northern Kazakhstan are a limiting factor for stabilizing lentil yields. The objective is to increase the sustainable productivity of lentils in a crop-rotation system by minimizing tillage systems, improving soil water-physical properties, and preserving soil fertility under unstable weather conditions.

Materials and Methods. The studies were conducted in 2023–2025 on southern carbonate chernozems of the Akmolinskaya oblast in a long-term stationary field experiment of the A.I. Barayev Research and Production Center for Grain Farming (Shortandy; coordinates 51°12'N, 71°02'E), established in 1979. Soil water-physical properties were studied during lentil cultivation under conventional, minimum and no-till systems within a soil- cover crop rotation: lentils, spring wheat, spring wheat, flax, spring wheat. The main soil fertility parameters affecting lentil productivity were analyzed. The research included evaluation of no-till, minimum (reduced), and conventional tillage systems for lentil cultivation in a soil-cover crop rotation.

Results. Minimization of tillage systems based on reduced mechanical soil tillage and no-till decreases financial costs per hectare without negatively affecting soil density and moisture. Weed infestation did not increase. No-till and reduced tillage systems increase lentil yield by 55.6–61.2% compared to conventional tillage. The yield of spring wheat sown after lentils was 3.11–3.33 t/ha, compared to 3.26–3.44 t/ha after fallow. The yield potential of lentils reaches 1.80–1.91 t/ha.

Conclusion. New scientific data on soil water-physical properties, soil fertility status, and lentil productivity were obtained to substantiate the minimization of tillage systems for lentil cultivation in a soil-cover crop rotation under arid conditions.

Keywords: lentils; direct seeding system; minimum tillage system; traditional tillage system; soil fertility; yield.