

Водопотребление и урожайность сои в технологии прямого посева в условиях лесостепи Среднего Поволжья

Л. Р. Мухаметвалеев^{1✉}, аспирант кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

А. Л. Тойгильдин^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция», директор института

И. А. Тойгильдина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие, растениеводство и селекция»

¹ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432000, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

✉ mukhametvaleev@list.ru

²Ульяновский НИИСХ-филиал Сам НЦ РАН

433315, Ульяновская область, п. Тимирязевский, ул. Институтская, д.19.

Резюме. В условиях производства все большее распространение получает технология прямого посева (No-till), которая призвана решить задачи по снижению себестоимости продукции, защиты почв от эрозии, и особенно она актуальна в условиях недостатка продуктивной влаги. Цель исследований: изучить влияние технологии прямого посева при разных нормах внесения минеральных удобрений и использования промежуточных культур на накопление продуктивной влаги и ее использование на формирование урожайности сои в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Исследования проводили на опытном поле в многофакторном полевом опыте, соя размещалась в севообороте: яровой рапс – озимая пшеница – соя – яровая пшеница – гречиха – ячмень. Все культуры возделывали по технологии прямого посева на трех вариантах удобрений (фактор А), под сою применяли следующие нормы: А₀ – без удобрений (контроль); А₁ – N₆P₁₅K₂₃S₂; А₂ – N₁₃P₃₀K₄₆S₅. После уборки зерновых культур в севообороте производился посев промежуточных культур на сидераты (Фактор В): В₀ – без почвопокровных культур (контроль); В₁ – смесь яровых культур; В₂ – смесь озимых культур. Внесение удобрений при посеве снижали коэффициент водопотребления (Кв) сои на 355...398 м³/т и повышали ее урожайность на 0,32...0,44 т/га или 20,6...28,4 % с окупаемостью урожая 4,68...6,81 кг/кг д.в. Промежуточные культуры в севообороте обеспечили формирование больших запасов продуктивной влаги в почве благодаря накоплению снега в зимний период, проектного покрытия и снижения потерь на физическое испарение, что положительно сказалось на урожайности сои. Достоверная прибавка по отношению к контролю выявлена после смеси озимых промежуточных культур – 0,24 т/га или 8,6 %.

Ключевые слова: соя, прямой посев, удобрения, промежуточные культуры на сидераты, продуктивная влага, урожайность.

Для цитирования: Мухаметвалеев Л. Р., Тойгильдин А. Л., Тойгильдина И. А. Водопотребление и урожайность сои в технологии прямого посева в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1 (69). С. 27-34. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-27-34

Water consumption and soybean yield in direct seeding technology in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region

L. R. Mukhametvaleev^{1✉}, A. L. Toygildin¹, I. A. Toygildina¹

¹FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural University

432000, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1

✉ mukhametvaleev@list.ru

²Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - branch of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

433315, Ulyanovsk Region, Timiryazevsky settlement, Institutskaya St., 19.

Abstract. Direct seeding technology (No-till) is becoming increasingly widespread in production conditions, it is designed to solve the problems of production cost reduction, protecting soils from erosion, and it is especially relevant in conditions of insufficient productive moisture. The aim of the study was to investigate the effect of direct seeding technology with different rates of mineral fertilizer application and usage of intermediate crops on accumulation of productive moisture and its use to form soybean yields in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. The studies were conducted on an experimental field in a multifactorial field experiment. Soybean was placed in the following crop rotation: spring rape – winter wheat – soybean – spring wheat – buckwheat – barley. All crops were cultivated using direct seeding

technology with three fertilizer variants (factor A). The following rates were used for soybean: A₀ – without fertilizers (control); A₁ – N₆P₁₅K₂₃S₂; A₂ – N₁₃P₃₀K₄₆S₅. After harvesting the grain crops in the crop rotation, intermediate crops were sown as green manure (Factor B): B₀ – without soil cover crops (control); B₁ – a mixture of spring crops; B₂ – a mixture of winter crops. Fertilizer application during sowing reduced water consumption coefficient (WC) of soybeans by 355...398 m³/t and increased its yield by 0.32...0.44 t/ha or 20.6...28.4% with a yield payback of 4.68...6.81 kg/kg active ingredient. Intermediate crops in crop rotation ensured the formation of large reserves of productive moisture in the soil due to accumulation of snow in winter, the design cover and the reduction of losses due to physical evaporation, which had a positive effect on the soybean yield. A reliable increase in relation to the control was revealed in case of a mixture of winter intermediate crops and amounted to 0.24 t/ha or 8.6%.

Keywords: soybeans, direct seeding, fertilizers, intermediate crops for green manure, productive moisture, yield.

For citation: Mukhametvaleev L. R., Toygildin A. L., Toygildina I. A. Water consumption and soybean yield in direct seeding technology in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;1(69): 27-34 doi:10.18286/1816-4501-2025-1-27-34

Введение

В условиях роста цен на основные и оборотные средства производства неизбежно увеличиваются прямые и общие издержки на получение продукции растениеводства, что вызывает необходимость поиска путей снижения ее себестоимости, что можно сделать за счет повышения продуктивности сельскохозяйственных культур или снижения затрат на производство [1].

Одной из технологий, которая отличается энерго-ресурсосбережением является технология No-till (систематический прямой посев), когда технология прямого посева применяется на всех культурах севооборота на одном и том же месте четыре и более лет подряд [2].

Эффективность технологии прямого посева с точки зрения влияния на продуктивность оценивается по-разному. Так, по мнению ряда ученых и практиков, освоение данной системы позволяет повысить урожайность культур примерно в 15 % случаях, в 5 % отмечается уменьшение и в 80 % случаев урожайность не изменяется в сравнении с традиционными технологиями [3].

Практика показывает, что почти в каждом регионе России с развитым растениеводством имеются сельскохозяйственные организации, которые используют технологию прямого посева. Причины освоения данных технологий разные: одни видят в этом способ накопления и сохранения влаги в почве, другие – единственную возможность защиты почвы от эрозии и многие – экономией временных, трудовых и финансовых ресурсов.

Безусловно, что одно из главных преимуществ технологии заключается в способности накапливать и сохранять продуктивную влагу, не случайно наибольшее распространение она получила в регионах с лимитированным количеством осадков.

Условия лесостепной зоны Среднего Поволжья отличаются континентальностью, а лимитирующим фактором продуктивности всегда выступала влагообеспеченность посевов. За последние десятилетия среднегодовая температура воздуха возросла на 1,4 °C, а в период с 2000 по 2021 гг. засуха разного характера и интенсивности проявлялась в 14 годах (67 %), т.е. в каждые 2 из 3 лет [4].

Следовательно, актуальность проведения комплексных исследований по оценке эффективности технологии прямого посева в накоплении, сохранении и использовании продуктивной влаги при возделывании полевых культур не вызывает сомнений.

Цель исследований – изучить влияние технологии прямого посева при разных нормах внесения минеральных удобрений с посевом промежуточных культур на накопление продуктивной влаги и ее использование на формирование урожайности сои в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Задачи исследований:

- изучить динамику содержания продуктивной влаги в посевном и метровом слое почвы на прямом посеве в зависимости от агроприемов в посевах сои;
- определить водопотребление сои в зависимости от норм внесения минеральных удобрений и посева промежуточных культур в севообороте;
- оценить влияние норм минеральных удобрений и промежуточных культур на урожайность сои;
- дать оценку эффективности использования минеральных удобрений при посеве промежуточных почвопокровных культур в севообороте.

Материалы и методы

Исследования по оценке эффективности технологии прямого посева и поиск путей повышения эффективности агроприемов проводили в 2-факторном стационарном полевом опыте кафедры земледелия, растениеводства и селекции ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Соя возделывалась в 6-польном зерновом севообороте со следующей схемой чередования: рапс яровой – озимая пшеница – **соя** – яровая пшеница – гречиха – ячмень.

В опыте изучали следующие факторы: Фактор А – нормы внесения минеральных удобрений:

A₀ – без удобрений;

A₁ – N₆P₁₅K₂₃S₂ (80 кг/га комплексных удобрений NPK(S) – 8:19:29 (3) + 0,2 Zn при посеве);

A₂ – N₁₃P₃₀K₄₆S₅ (160 кг/га комплексных удобрений NPK(S) – 8:19:29 (3) + 0,2 Zn при посеве).

Фактор В – промежуточные культуры на сидераты (фактор В): В₀ – без почвопокровных культур; В₁ – смесь яровых культур (состав: вика – 3,13 кг/га; чечевица – 3,13; овес – 4,69; сорго-суданский гибрид – 0,63; редька масличная – 0,47; дайкон – 0,31; лен – 1,25; фацелия – 0,31 кг/га, норма высева смеси –

13,9 кг/га); В₂ – смесь озимых культур (состав: озимая рожь – 12,5 кг/га, озимая вика – 12,5 кг/га, норма высева смеси – 25 кг/га). Подбор состава смесей и норма высева проводились по методике О.Л. Томашовой [5].

Сорт сои УСХИ – 6, норма высева 0,7 млн. всхожих семян, сроки посева 4-22 мая, сеялкой прямого посева СПС- 4000 Десна Полесье с одновременным внесением минеральных удобрений (на вариантах предусматривающих их использование). Защита посевов сои от вредных организмов заключалась в обработке посевов по вегетации гербицидом (Концепт, МД, СЭ 0,9 л/га) и инсектоакарицидом (Кинфос, КЭ, КЭ 0,4 л/га).

Повторность опыта 3-кратная, размещение – систематическое методом наложения. Размер делянок первого порядка – 648 м² (36*18), второго – 324 м² (18*18).

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый со следующими характеристиками – по содержанию гумуса почва опытного участка относится к малогумусным, реакция среды в пахотном слое почвы-слабокислая, содержание подвижного фосфора и обменного калия – высокое.

Годы исследований существенно отличались по погодным условиям. В 2022 г. в течение вегетации сои отмечалось переувлажнение на фоне низких среднесуточных температур воздуха: за май-июль выпало 216,8 мм осадков, при среднесуточной температуре воздуха – май – 9,7 °С, июнь – 18 °С и июль – 20,7 °С, расчеты показывают, что гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову составил = 1,46 ед. Самые засушливые условия сложились в 2023 году, когда сумма осадков за май-июль составила 45,5 мм, при среднесуточной температуре воздуха – май – 11,6 °С, июнь – 17,6 °С и июль – 21,9 °С и ГТК = 0,26 ед. Самые благоприятные погодные условия сложились в 2024 г., когда за май-июль выпало 145,6 мм осадков, а ГТК за данный период составил 0,89 ед.

Исследования проводили по общепринятым методикам, а также с использованием специальных методов для изучения технологии прямого посева (Дригидер, В. К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву. Ставрополь: Ставрополь-Сервис-Школа, 2020. 69 с.; Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / В. И. Кирюшин, В. К. Дригидер, А. Н. Власенко и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российская академия наук; Почвенный институт имени В.В. Докучаева; Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр. Москва :

Издательство МБА, 2019. 136 с. ISBN 978-5-6043225-2-9. EDN BGDKWG).

Полученные данные содержания продуктивной влаги и урожайность сои обрабатывали методами дисперсионного анализа.

Результаты

После уборки озимой пшеницы – перед посевом промежуточных культур в почве остаточное количество влаги составило от 41,9 мм до 52,7 мм с достоверно меньшими запасами на 7,4 мм или 14,6 % на высоком фоне минеральных удобрений (под озимую пшеницу N₉₀P₆₀K₆₀), что объясняется большей продуктивностью озимой пшеницы (табл. 1).

Посев промежуточных культур производили в третьей декаде июля – первой декаде августа, озимые промежуточные культуры прекращали свою вегетацию в третьей декаде октября - первой декаде ноября. Нами установлено, что от посева промежуточных культур до прекращения вегетации насчитывалось 89-102 дня, со среднесуточной температурой воздуха 13,1...15,4 °С, с суммой положительных температур – 1165...1146 °С и суммой осадков 85,3...130,8 мм.

К периоду прекращения вегетации озимых культур произошло накопление продуктивной влаги в почве до 76,9...91,7 мм, прежде всего в слое почвы 0...50 см.

Промежуточные культуры формировали биомассу на уровне 1,11...1,88 т/га сухого вещества, при этом активно использовали влагу на транспирацию, что обусловило ее меньшее содержание в почве на 8,2...13,0 мм или 9,2...14,5 % (относительное значение).

Анализ полученных данных показал, что 28,2...41,9 % выпавших осадков накапливалось в почве, остальная часть испарялась и была использована на формирование биомассы промежуточных культур.

В зимний период стерня озимой пшеницы и биомасса промежуточных культур обеспечивала накопление снега на уровне от 35,8 ± 1,02 см (без промежуточных культур) до 37,4 ± 0,98 см с преимуществом яровых промежуточных культур, что связано не только с их биомассой, но и высотой растений. Промежуточные культуры также увеличивали накопление снега, способствовали большей плотности снега, которая изменялась от 0,27 (без почвопокровных культур) до 0,30 г/см³.

Мощность снега и его плотность определяли запасы накопленной воды. В среднем за годы исследования наибольшие запасы воды в снежном покрове отмечались в звене с яровыми промежуточными культурами – 107,4 мм, при использовании озимых промежуточных культур – 104,3 мм, тогда как на вариантах без почвопокровных культур – 95,6 мм (рис. 1).

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Таблица 1. Накопление продуктивной влаги в почве после уборки озимой пшеницы в летне-осенний период в зависимости от изучаемых факторов, 2021-2023 гг.

Удобрение	Промежуточная культура	Запас продуктивной влаги перед посевом ПК в слое почвы 0...100 см, мм		Осадки за период от уборки до ухода в зиму, мм	Содержание влаги в период прекращения вегетации озимых, мм	% накопления осадков, мм
Без удобрения	Без ПК	48,6	50,8	108,5	91,7	39,7
	Яровые ПК	52,7			83,0	27,8
	Озимые ПК	51,2			81,5	28,0
N ₆ P ₁₅ K ₂₃ S ₂	Без ПК	47,0	48,1		89,4	39,1
	Яровые ПК	47,5			81,2	31,1
	Озимые ПК	49,8			80,4	28,2
N ₁₃ P ₃₀ K ₄₆ S ₅	Без ПК	44,5	43,4		89,9	41,9
	Яровые ПК	43,8			78,8	32,2
	Озимые ПК	41,9			76,9	32,3
НСП ₀₅ для частных средних		10,9		-	15,5	-
НСП ₀₅ для факторов А и В		6,3			9,0	

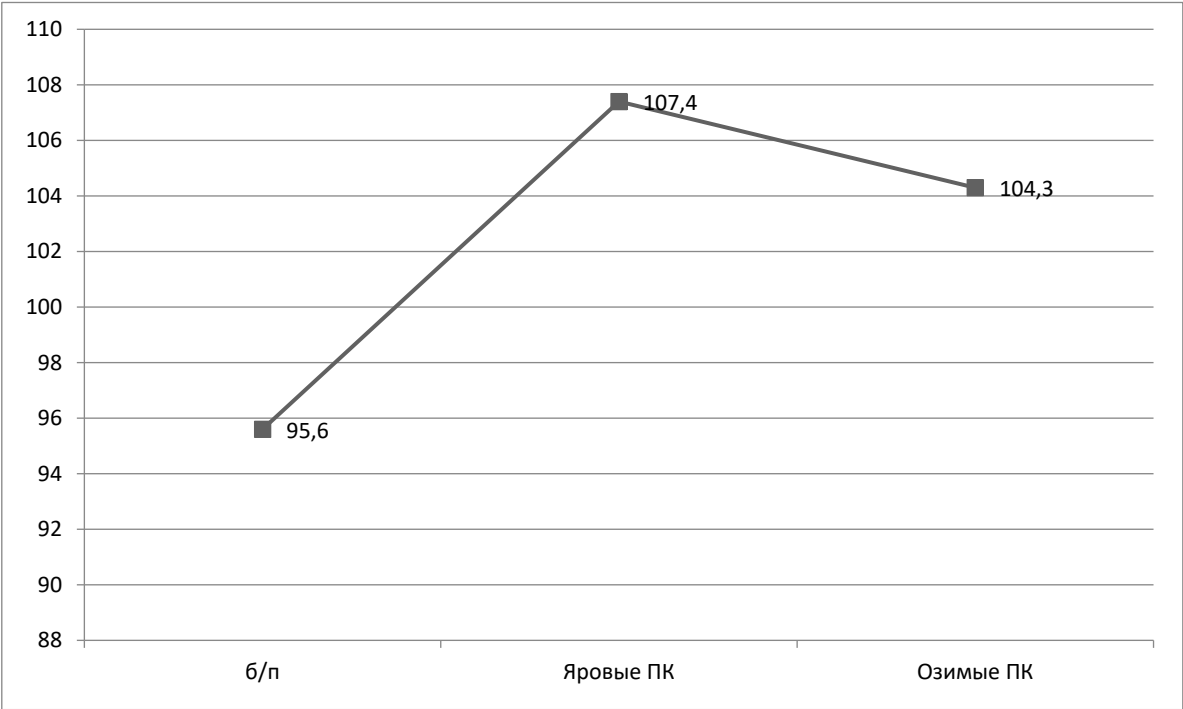


Рис. 1. Запасы воды в снежном покрове в зависимости от посева промежуточных культур в технологии прямого посева, мм (в среднем за 2022-2024 гг.)

Таблица 2. Водопотребление сои в зависимости от технологии прямого посева за 2022-2024 гг.

Удобрение	Промежуточная культура	Запас продуктивной влаги в слое почвы 0...100 см, мм		Убыло из почвы, мм	Осадки, мм	Водопотребление,	
		посев	уборка			Q, мм	Кв, м ³ /т
Без удобрения	Без ПК	145,5	36,5	109,1	187	296	2059
	Яровые ПК	155,3	40,5	114,8	187	302	1950
	Озимые ПК	151,4	43,7	107,7	188	295	1789
N ₆ P ₁₅ K ₂₃ S ₂	Без ПК	133,8	34,8	99,0	188	287	1647
	Яровые ПК	146,3	39,7	106,6	188	294	1540
	Озимые ПК	152,4	35,1	117,3	188	305	1547
N ₁₃ P ₃₀ K ₄₆ S ₅	Без ПК	146,9	31,4	115,5	188	303	1620
	Яровые ПК	150,3	36,9	113,4	188	301	1535
	Озимые ПК	154,6	32,0	122,5	188	310	1449
НСП ₀₅ для частных средних		17,8	13,7	-	-	-	-
НСП ₀₅ для факторов А и В		10,2	7,96				

Расход продуктивной влаги промежуточными культурами в период летне-осенней и весенней вегетации, накопление снега в зимний период определили содержание продуктивной влаги в период посева сои.

С периода схода снега до посева сои происходили потери влаги, прежде всего на физическое испарение, так наибольшие потери отмечались в звене севооборота без промежуточных культур. К посеву сои в метровом слое почвы запасы продуктивной влаги составили от 133,8 до 155,3 мм (табл. 2).

Суммарное водопотребление сои определяли продуктивностью фотосинтеза и ограничивалось наличием продуктивной влаги в почве и осадками за вегетацию. Исследования показали, что основную часть воды растения получали с выпавшими осадками – 187...188 мм или от 60,5 до 65,4 % от суммарного водопотребления, оставшаяся часть потреблялась из почвенных запасов.

Эффективность использования растениями воды характеризует такой показатель как коэффициент водопотребления (K_v), отражающий количество потребленной воды на образование единицы продукции. Анализ полученных данных показал, что

более эффективно продуктивная влага посевами сои была использована при внесении минеральных удобрений, при значении коэффициента водопотребления 1535...1578 м³/т, что меньше, чем на контроле на 355...398 м³/т.

Также выявлено более рациональное использование продуктивной влаги в звеньях севооборота с промежуточными культурами, где коэффициент водопотребления сои снижался на 85...270 м³/т, что объясняется ростом продуктивности посевов.

Интегральным показателем эффективности агротехнических приемов является урожайность возделываемых культур. Исследования показали, что внесение минеральных удобрений и посев промежуточных культур оказывали существенное влияние на урожайность сои (табл. 3).

Вносимые при посеве сои минеральные удобрения достоверно повышали ее урожайность. На фоне $N_6P_{15}K_{23}S_2$ (80 кг/га комплексных удобрений $NPK(S) - 8:19:29 (3) + 0,2 Zn$ при посеве) урожайность возросла на 0,32 т/га или 20,6 % по отношению к контролю, а при внесении $N_{13}P_{30}K_{46}S_5$ (160 кг/га комплексных удобрений) соответственно на 0,44 т/га или на 28,4 %.

Таблица 3. Урожайность сои в технологии прямого посева в зависимости от минеральных удобрений и промежуточных культур за 2022-2024 гг., т/га

Удобрение - фактор А	Промежуточная культура – фактор В			Среднее по фактору А	Отклонения от контроля +-
	Без ПК	Яровые ПК	Озимые ПК		
Без удобрения	1,44	1,55	1,65	1,55	
$N_6P_{15}K_{23}S_2$	1,74	1,91	1,97	1,87	+0,32
$N_{13}P_{30}K_{46}S_5$	1,87	1,96	2,14	1,99	+0,44
Среднее по фактору В	1,68	1,81	1,92	-	-
Отклонения от контроля +-	-	+0,12	+0,24	-	-
HCP_{05} для частных средних	0,30				
HCP_{05} для факторов А и В	0,18				

Информативным показателем эффективности использования минеральных удобрений является их окупаемость дополнительным урожаем. Расчеты показали, что на фоне удобрений $N_6P_{15}K_{23}S_2$ окупаемость составила 6,81 кг зерна сои /кг д.в., тогда как на фоне $N_{13}P_{30}K_{46}S_5 - 4,68$ кг/кг д.в.

Обсуждение

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья зачастую продуктивность полевых культур определяется влагообеспеченностью посевов, поэтому рост их урожайности возможен благодаря агротехническим приемам, направленным на накопление, сохранение и рациональное использование продуктивной влаги.

Согласно данным, имеющимся в литературных источниках, в том числе по нашим исследованиям, технология прямого посева в сравнении с рекомендованной (с предварительной обработкой почвы) как правило, обеспечивает большее накопление продуктивной влаги к периоду посева яровых культур [6, 7]. Н.А. Зеленский с соавторами [8] данный факт объясняет тем, что сохранению влаги способствует снижение температуры поверхностного слоя

почвы, уменьшение диффузии водяного пара, что, в свою очередь, способствует накоплению большего количества влаги в корнеобитаемом слое почвы, предоставляя возможность возделывания влаголюбивых сельскохозяйственных культур в засушливых условиях степей.

Ранее исследованиями А.М. Гаврилова [9] доказано, что в условиях Поволжья промежуточные пожнивные посевы кукурузы снижали температуру почвы с 45...48 до 24...25 °С в отсутствии орошения и до 18...20 °С при орошении. Скорость ветра в пожнивных посевах кукурузы и суданской травы снижалась с 3...5 до 0,1...0,2 м/с, что способствовало сохранению в посевах относительной влажности воздуха на уровне 95...98 % при 34...36 % на открытых участках.

В технологии прямого посева использование промежуточных культур решает ряд важнейших задач – снижение засоренности посевов, защита почвы от эрозии, улучшение агрофизических свойств почвы и повышение водопроницаемости почвы и другое [10], но их использование особенно в засушливых условиях может привести к дефициту

влаги для основных культур севооборота [11]. Для оценки влияния промежуточных культур (*cover crops*) на эффективность накопления осадков был проведен мета-анализ данных, собранных в 117 исследованиях по всему миру. Данные свидетельствуют, что промежуточные культуры уменьшали количество осадков, которые накапливались в почве на 33,4 % и накопление воды в почве по всему профилю почвы на 13,2 %, но увеличивали накопление воды на глубине 30 см на 6,0 % по сравнению с отсутствием промежуточной культуры [12].

В осенний период снижаются запасы влаги в почве, а к сходу снега запасы влаги выравниваются, к посеву сои (май) при наличии мульчирующего слоя из растительных остатков или живых растений (озимые промежуточные культуры) продуктивной влаги сохраняется больше.

В последние десятилетия рост урожайности объясняется селекцией и применением главного фактора интенсификации – минеральных удобрений, однако наряду с их высокой эффективностью [13, 14] в отдельных исследованиях отмечается отсутствие роста урожайности при их применении с существенным снижением их окупаемости [15, 16]. Наши исследования показали, что применение удобрений в технологии прямого посева остается важным фактором роста урожайности, но следует отметить, что роль промежуточных культур возрастает при их систематическом использовании в севообороте. Методом дисперсионного анализа урожайных данных по годам исследований выявлено, что в первый год посевов сои в исследуемых звеньях севооборота урожайность преимущественно определялась минеральными удобрениями – 95,3 %, на долю промежуточных культур приходилось 5,0 %, в 2023 г. вклад промежуточных культур возрос до 11,8 %, в 2024 – до 46,4 %.

По нашему мнению, рост урожайности сои после промежуточных культур в звене севооборота озимая пшеница-соя, прежде всего, после смеси озимых культур объясняется улучшением водно-физических свойств почвы, сохранением влаги и усилением микробиологической активности почвы.

Положительное влияние промежуточных культур на свойства почвы, прежде всего на микробиологическую активность и водно-физические

свойства почвы будет усиливаться, поэтому считаем, что исследования по оценке эффективности использования промежуточных культур в севооборотах в технологии прямого посева следует продолжать в различных почвенно-климатических условиях.

Заключение

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья после уборки озимых зерновых культур продолжительность дней с положительными температурами составляет 89-102 дней. Промежуточные культуры, посеянные после уборки озимой пшеницы, рационально используют осадки летне-осеннего периода и формируют до 1,88 т/га сухой биомассы. Промежуточные культуры снижают запасы продуктивной влаги в осенний период, но к периоду схода снега ее запасы восстанавливаются за счет накопления снежного покрова, а к посеву сои, благодаря покрытию почвы, промежуточные культуры сохраняют больше продуктивной влаги, чем в звеньях севооборота без промежуточных культур.

Основным источником влаги на формирование урожая сои являлись атмосферные осадки, на долю которых приходилось 60,5...65,4 % суммарного водопотребления.

При внесении минеральных удобрений в технологии прямого посева продуктивная влага использовалась более эффективно – коэффициент водопотребления сои снижался с 1933 до 1535...1578 м³/т. Внесение комплексных удобрений с нормой 80 кг/га обеспечивало достоверное повышение урожайности сои, при дальнейшем увеличении нормы внесения до 160 кг/га достоверной прибавки урожая не выявлено. Наилучшей эффективностью отличался фон N₆P₁₅K₂₃S₂, где урожайность по отношению к контролю возросла на 0,32 т/га или 20,6 % с наибольшей окупаемостью удобрений дополнительным урожаем – 6,81 кг/кг д.в.

Промежуточные культуры за счет влияния, прежде всего на водно-физические свойства, обеспечивали накопление, сохранение и более эффективное использование продуктивной влаги на формирование урожая, при этом коэффициент водопотребления снизился с 1755 до 1595...1675 м³/т, после озимых промежуточных культур достоверно возросла урожайность на 0,24 т/га или на 8,6 %.

Литература

1. Горянин О. И., Шевченко С. Н. Эффективность технологий прямого посева зерновых культур в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4(72). С. 36-39.
2. Чернозем обыкновенный прямой посев, Ставропольский край. Опыт, две ротации / В. К. Дридигер, А. Л. Иванов, В. В. Кулинцев и др. Ставрополь: ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 2024. 337 с. EDN PUQIMB.
3. Blanco-Canqui H., Wortmann C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till // A review, Soil & Tillage Research. 2020. No. 198. P. 104534
4. Шарипова Р. Б., Зотов О. Г. Оценка влияния основных агроклиматических показателей на урожайность зерновых культур в XXI веке (по данным Ульяновской области) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2(81). С. 23-33. doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_23. EDN DEAOIM.
5. Патент РФ № RU2781776C1 Томашова О.Л. Способ подбора почвопокровных культур и расчет норм высева

//Патент России от 18.10.2022 Бюл. № 29.

6. Джандаров А. Н. Продуктивность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (13). С. 23-28.

7. Севообороты для технологии прямого посева в условиях лесостепной зоны среднего Поволжья / А. Л. Тойгильдин, О. Л. Кибалюк, И. А. Тойгильдина и др. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2023. 192 с. ISBN 978-5-605-10710-1. EDN SKILRZ.

8. Зеленский Н. А., Зеленская Г. М., Шуркин А. Ю. Влияние различных технологий возделывания подсолнечника на водный режим почвы и его продуктивность // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 4-1(38). С. 101-111

9. Гаврилов А. М. Промежуточные культуры. М.: Колос, 1965. 338 с.

10. Chatterjee A. North-central US: introducing cover crops in the rotation. Crops Soils. 2013. No. 46 (1). P. 14–15.

11. Дридигер В. К., Джандаров А. Н. Агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80. EDN DCQDIR.

12. A meta-analysis on cover crop impact on soil water storage, succeeding crop yield, and water-use efficiency / J. Wang, S. Zhang, U. M. Sainju, et al. // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 256. P. 107085. doi:10.1016/j.agwat.2021.107085

13. Влияние агротехнологических элементов возделывания на фотосинтетический аппарат и продуктивность сои в условиях Самарской области / В. Г. Васин, Н. В. Васина, А. С. Шишина и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4(48). С. 20-26. doi: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-2

14. Куликова А. Х., Захаров Н. Г., Хайрtdинова Н. А. Удобрение сои в условиях Среднего Поволжья. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. 168 с. ISBN 978-5-6046667-7-7

15. Воронцов В.А. Продуктивность сои в зависимости от основной обработки почвы и средств химизации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19), С. 77-81

16. Дридигер В. К., Гаджиумаров Р. Г. Рост, развитие и продуктивность сои при возделывании по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 3 (175). С. 52–57.

References

1. Goryanin O. I., Shevchenko S. N. Efficiency of direct seeding technologies for grain crops in the Middle Volga region // Vestnik of Orenburg State Agrarian University. 2018. No.4 (72). P. 36-39.

2. Common black soil direct seeding, Stavropol Territory. Experience, two rotations / V. K. Dridiger, A. L. Ivanov, V. V. Kulintsev et al. Stavropol: FSBSI North Caucasus Federal Scientific Center, FRC "Soil Institute named after V.V. Dokuchaev", 2024. 337 p. EDN PUQIMB.

3. Blanco-Canqui H., Wortmann C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till // A review, Soil & Tillage Research. 2020. No.198. P. 104534

4. Sharipova R. B., Zotov O. G. Assessment of the influence of the main agroclimatic parameters on yield of grain crops in the 21st century (based on Ulyanovsk region) // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2024. Vol. 17. No.2(81). P. 23-33. doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_23. EDN DEAOIM.

5. Russian Federation Patent No.RU2781776C1 Tomashova O. L. Method for selecting soil cover crops and calculating seeding rates // Russian Patent dated 18.10.2022 Bull. No. 29.

6. Dzhandarov A. N. Pea productivity depending on cultivation technology in the zone of unstable moisture of the Stavropol Territory // Agricultural journal. 2020. No.1 (13). P. 23-28.

7. Crop rotations for direct seeding technology in the forest-steppe zone of the Middle Volga region / A. L. Toygildin, O. L. Kibalyuk, I. A. Toygildina et al. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2023. 192 p. ISBN 978-5-605-10710-1. EDN SKILRZ.

8. Zelenskiy N. A., Zelenskaya G. M., Shurkin A. Yu. The influence of various sunflower cultivation technologies on the soil water regime and its productivity // Vestnik of Don State Agrarian University. 2020. No.4-1 (38). P. 101-111

9. Gavrilov A. M. Intermediate crops. Moscow: Kolos, 1965. 338 p.

10. Chatterjee A. North-central US: introducing cover crops in the rotation. Crops Soils. 2013. No.46 (1). P. 14–15.

11. Dridiger V. K., Dzhandarov A. N. Agrophysical properties of soil and pea yield depending on cultivation technology in the unstable moisture zone of Stavropol Krai // Vestnik of Orenburg State Agrarian University. 2021. No.6(92). P. 76-80. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80. EDN DCQDIR.

12. A meta-analysis on cover crop impact on soil water storage, succeeding crop yield, and water-use efficiency / J. Wang, S. Zhang, U. M. Sainju, et al. // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 256. P. 107085. doi:10.1016/j.agwat.2021.107085

13. The influence of agrotechnological elements of cultivation on photosynthetic apparatus and productivity of soybeans in Samara region / V.G. Vasin, N.V. Vasina, A.S. Shishina et al. // Legumes and cereal crops. 2023. No.4(48). P. 20-26. doi: 10.24412/2309-348X-2023-4-20-2

14. Kulikova A. Kh., Zakharov N. G., Khayrtdinova N. A. Fertilizer of soybeans in the conditions of the Middle Volga region. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypina, 2022. 168 p. ISBN 978-5-6046667-7-7

15. Vorontsov V.A. Soybean productivity depending on primary tillage and chemicals // Legumes and cereal crops. 2016. No.3 (19), P. 77-81

16. Dridiger V.K., Gadzhumarov R.G. Growth, development and productivity of soybeans in cultivation using the No-till technology in the zone of unstable moisture of the Stavropol Territory // Oilseed crops. Scientific and technical Vestnik of the All-Russian Research Institute of Oil Crops. 2018. Issue 3 (175). P. 52-57.