

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗВЕНЬЕВ СЕВООБОРОТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. Л. Тойгильдин, И. А. Тойгильдина, А. М. Чекалин, Д. Э. Аюпов, А. С. Кузин

Реферат. Целью исследований являлась оценка влияния нормы внесения минеральных удобрений и промежуточных почвопокровных культур на продуктивность звена севооборота «яровой рапс – озимая пшеница» при возделывании культур по технологии прямого посева. Полевые эксперименты проводились в 2023-2025 годах на стационарном полевом опыте Ульяновского ГАУ, в 6-польном полевом севообороте: рапс яровой - озимая пшеница – соя - яровая пшеница – гречиха – ячмень. Схема опыта включала изучение норм минеральных удобрений (варианты под яровой рапс и озимую пшеницу: контроль без удобрений, $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ и $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$), кроме того после уборки ячменя высевались промежуточные почвопокровные культуры (ППК) - (контроль – без ППК, смесь яровых культур, смесь озимых культур). Результаты исследований показали, что в засушливых условиях осени 2023 года (ГТК=0,51) ППК сформировали биомассу в количестве от 0,11 до 0,28 т/га сухого вещества, с достоверным преимуществом вариантов с внесением минеральных удобрений под предшествующую культуру. Урожайность ярового рапса увеличивалась под влиянием минеральных удобрений на 0,18-0,35 т/га (16,5-32,1%). Почвопокровные культуры также оказали достоверное положительное влияние, особенно на неудобренном фоне, обеспечив прибавку до 0,42 т/га (51,0%). В среднем по опыту прибавка урожайности ярового рапса от яровых смесей составила 0,22 т/га (19,6%), от озимых – 0,24 т/га (21,4%). Урожайность озимой пшеницы определялась нормами удобрений (прибавка 0,39-0,64 т/га или 10,7-17,2%) и последствием ППК, которое было максимальным на неудобренном фоне (до 0,31 т/га или 8,8%). Продуктивность звена севооборота повышалась на 0,25-0,26 тыс. з.ед. (9,2-9,6%) от ППК и на 0,33-0,56 тыс. з.ед. (12,7-21,6%) от минеральных удобрений, достигая максимума 3,15 тыс. з.ед. на варианте $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$.

Ключевые слова: прямой посев, промежуточные почвопокровные культуры, нормы минеральных удобрений, яровой рапс (*Brassica napus*), озимая пшеница (*Triticum aestivum*), продуктивность.

Для цитирования: Приемы повышения продуктивности звеньев севооборотов в технологии прямого посева в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / Тойгильдин А.Л., Тойгильдина И.А., Чекалин А.М. [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №3 (15). С. 40-46 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-40-46>

Введение. В мире все большую актуальность приобретают вопросы сохранения почвенных ресурсов, и Российская Федерация не является исключением, для нашей страны характерны растущие темпы деградации земель. Площади пашни (65%), сенокосов (28%) и пастбищ (50%) подвержены разрушающему, порой совместному, воздействию эрозии, дефляции, периодических засух и суховеев. По сравнению с 1990 г. к настоящему времени площадь сельскохозяйственных земель, подверженных эрозии и дефляции, увеличилась на 22 млн га и составила 126 млн га, при этом из-за водной эрозии 10% пашни уже утратило 30-60% плодородия, а 25% – от 10 до 30%. Ежегодная убыль гумуса на пашне в среднем составляет 0,62 т/га, а его содержание в почве за 100 лет снизилось на 30-40%. Площадь заволашеванных угодий достигла 8 млн га, а ежегодный прирост эродированных земель достигает 0,4-0,5 млн га. От вредного воздействия природно-антропогенных факторов ежегодный недобор продукции растениеводства в Российской Федерации уже достигает почти 43 млн т в зерновом эквиваленте [1].

В условиях снижения качества почв все сложнее поддерживать обеспечение продовольственной безопасности нашей страны, по мнению целого ряда ученых необходимо менять концепцию использования земельных ресурсов

и опираться на инновационные концепции стабильной, эффективной биологизированной интенсификации агропроизводства [2]. Данным требованиям отвечает почвозащитное ресурсосберегающее земледелие – одна из стратегий этой концепции, пропагандируемая и внедряемая в последние годы в отечественное и мировое агропроизводство. Центральным звеном системы почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (ПРЗ) является технология прямого посева, которая все больше получает распространение в нашей стране [3, 4].

Основанием для этого служит ряд преимуществ данной технологии, прежде всего ее почвозащитные функции [5, 6], повышение биологического фактора в воспроизводстве плодородия почвы и формировании урожая [7], снижение потерь углерода [8], повышение эффективности производства и снижения себестоимости получаемой продукции [9, 10] и др. Между тем, по мнению ряда авторов, технология прямого посева (No-till) имеет ряд недостатков [11, 12, 13], что вызывает необходимость разработки приемов повышения эффективности данной технологии [14, 15].

Дискуссионным вопросом остается способ, сроки и нормы применения минеральных удобрений с целью повышения эффективности

их использования.

Практика и результаты исследований показывают, что эффективность технологии прямого посева можно повысить посевом промежуточных почвопокровных культур [16]. Однако в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья этот вопрос изучен недостаточно, что определяет актуальность наших исследований.

Цель исследований. Разработать приемы повышения урожайности культур и продуктивности звена севооборота «яровой рапс - озимая пшеница», возделываемых по технологии прямого посева в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

В рамках достижения цели решались следующие задачи:

- оценить влияние системы удобрения предшествующей культуры на динамику продуктивной влаги в почве и накопление биомассы промежуточных почвопокровных культур;

- выявить закономерности влияния норм минеральных удобрений и промежуточных почвопокровных культур на формирование урожая яровой рапса и последующей озимой пшеницы;

- определить продуктивность звена севооборота в зависимости от применяемых агроприемов в технологии прямого посева.

Условия, материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в течение 2023–2025 года на стационарном полевом опыте в Ульяновском государственном аграрном университете им. П.А. Столыпина. Опыт проводился в 6-польном севообороте: яровой рапс - озимая пшеница – соя - яровая пшеница - гречиха - ячмень. Все культуры в севообороте возделывались по технологии прямого посева.

В опыте изучались нормы минеральных удобрений при возделывании полевых культур (Фактор А), под ячмень, яровой рапс и озимую пшеницу вносились следующие удобрения:

A0 - (экстенсивная технология) контрольный вариант без применения удобрений;

A1 - (нормальная технология, на планируемую урожайность рапса 1,5 т/га, озимой пшеницы – 4,0 т/га): $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ (комплексные удобрения NPK(S) - 8:19:29(3) + 0,2Zn - 80 кг/га при посеве; подкормка аммиачной селитрой в фазу розетки рапса, возобновления вегетации озимой пшеницы - 100 кг/га);

A2 - (интенсивная технология, на планируемую урожайность рапса 2,0 т/га, озимой пшеницы – 5,0 т/га): $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ (комплексные удобрения NPK(S) - 8:19:29(3)+0,2Zn - 160 кг/га, подкормка аммиачной селитрой - 100 кг/га + подкормка аммиачной селитрой (в период бутонизации рапса, конец кущения озимой пшеницы) - 100 кг/га).

После уборки ячменя проводилась обработка гербицидом на основе глифосата (480 г/л, 2 л/га) с последующим посевом

промежуточных почвопокровных культур - ППК (Фактор В):

B0 - контроль (без промежуточных почвопокровных культур);

B1- смесь яровых культур (вика яровая, чечевица, овес, сорго-суданский гибрид, редька, дайкон, лен, фацелия) с общей нормой высева 13,9 кг/га;

B2 - смесь озимых культур (озимая пшеница и озимая вика) с нормой высева 25,0 кг/га.

Яровые виды покровных культур к окончанию полевого сезона полностью завершали онтогенез. В отличие от них, озимые формы сохраняли ростовую активность и оставались в вегетативном состоянии. В начале следующего вегетационного периода, непосредственно перед посевом ярового рапса, проводилась повторная обработка вегетирующих сорняков гербицидом на основе глифосата в идентичной дозировке. Для посева всех сельскохозяйственных культур использовалась сеялка прямого посева модели СПС-4000 «Десна-Полесье». Комплексные минеральные удобрения вносились при посеве, аммиачная селитра – разбрасывателем минеральных удобрений. Норма высева устанавливалась из расчета 1,0 млн семян рапса (сорт Абакус) на 1 га и 4,5 млн семян озимой пшеницы (сорт Студенческая Нива) на 1 га. Подбор компонентов для смесей и расчет их норм высева выполнялся в соответствии с методическими рекомендациями [17].

Почвенный покров экспериментального поля представлен черноземом выщелоченным среднесуглинистого механического состава, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,6%, рН солевой вытяжки – 5,9. Обеспеченность подвижным фосфором по Чирикову 128 мг/кг, обменным калием 169 мг/кг. Сумма поглощенных оснований – 26,7 мг-экв./100 г почвы, а степень насыщенности основаниями достигает 97,2%.

Схема опыта предусматривала трехкратную повторность с систематическим размещением опытных делянок. Учетная площадь основных делянок составляла 648 м², а субделянок – 216 м². Экспериментальный севооборот размещен на шести обособленных полевых участках (блоках). Для сбора научных данных применялись специализированные методические подходы для технологии прямого посева [18]. Для перевода урожайности возделываемых в опыте культур в зерновые единицы использовались коэффициенты перевода, утвержденные Министерством сельского хозяйства РФ [19]. Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа [20].

Погодные условия в течение трехлетнего исследовательского цикла демонстрировали значительную межгодовую изменчивость по температурному режиму и влагообеспеченности.

В первый год наблюдений 2023 года сложился выраженный дефицит атмосферной

влаги. Количество осадков, зарегистрированное в критические месяцы вегетации май-июль, составило 83,2 мм на фоне повышенного температурного фона (в среднем 15,6°C, 16,3°C и 21,3°C по месяцам). Рассчитанный гидротермический коэффициент Селянинова составил 0,51.

Следующий 2024 год характеризовался более сбалансированными погодными параметрами. Сумма летних осадков возросла до 145,6 мм, а значение ГТК достигло 0,89, что указывает на удовлетворительную влагообеспеченность.

Наиболее влажным периодом оказался 2025 год, когда за аналогичный промежуток времени выпало 214 мм осадков при умеренных температурах (14,2°C, 17,8°C и 20,6°C). Величина ГТК - 1,33 свидетельствовала о достаточном и даже избыточном увлажнении в течение ключевой фазы развития сельскохозяйственных культур.

Результаты и обсуждение. Проведенные нами исследования показали, что урожайность ячменя, возделываемого в севообороте, в засушливых условиях 2023 года варьировала в зависимости от уровня минерального питания. На неудобренном контроле этот показатель составил в среднем 3,09 т/га, применение удобрений в норме $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ обеспечило достоверное увеличение урожайности до 4,08 т/га, а максимальная продуктивность культуры – 4,65 т/га – была зафиксирована на варианте $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$.

После уборки ячменя в 3 декаде июля 2023 года на делянках были посеяны промежуточные почвопокровные культуры. Для лесостепной зоны Средневолжского региона успешность формирования всходов промежуточных культур и их последующее

развитие детерминированы, в первую очередь, запасами продуктивной влаги в корнеобитаемом слое и количеством выпадающих атмосферных осадков.

Агрометеорологическая обстановка в послеуборочный период сложилась неблагоприятная для их начального развития. Август отличался экстремальной засухой – месячная сумма осадков не превысила 10 мм при климатической норме 53 мм. В сентябре дефицит влаги сохранялся (40 мм при норме 45 мм). Существенное увлажнение отмечалось лишь в октябре (89 мм), однако пик осадков пришелся на его завершающую декаду, когда вегетация уже замедлялась. Несмотря на формально достаточный гидротермический коэффициент - 1,12 (выпало 139 мм осадков) за трехмесячный период, его значение было достигнуто исключительно за счет влажного октября. Критический недостаток влаги в начальные фазы роста предопределил замедленное развитие покровных культур.

Анализ водного баланса показал, что осадки вегетационного периода 2023 года (139,0 мм за август-октябрь) расходовались преимущественно на физическое испарение с поверхности почвы, а не на формирование биомассы покровных культур. На контрольных делянках без почвопокровных культур к моменту прекращения вегетации (1 ноября) накопилось 21,1-23,2 мм влаги, что составило 15,2-16,7% от общего количества выпавших осадков. При этом на участках с промежуточными культурами запасы продуктивной влаги в почвенном профиле оставались существенно выше – 49,6-65,3 мм, с преимуществом на варианте без удобрений (табл.1).

Таблица 1 - Водопотребление и продуктивность промежуточных культур после уборки ячменя, 2023 г.

Нормы удобрений под ячмень	ППК после уборки ячменя	W ₀ , мм	W ₁ , мм	Суммарное водопотребление, мм	Накопление СВ в осенний период, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
Без удобрений	Без ППК	65,2	88,4	115,8	-	-
	Яровые ППК	69,8	65,3	143,5	0,16	897
	Озимые ППК	66,5	63,1	142,4	0,11	1295
$N_{40}P_{15}K_{23}S_2$	Без ППК	62,3	84,7	116,6	-	-
	Яровые ППК	56,1	50,8	144,3	0,23	627
	Озимые ППК	58,9	56,2	141,7	0,16	886
$N_{80}P_{30}K_{46}S_5$	Без ППК	61,8	82,9	117,9	-	-
	Яровые ППК	59,4	51,1	147,3	0,28	526
	Озимые ППК	55,2	49,6	144,6	0,22	657
HCP ₀₅ для част. различий		10,7	11,8	-	0,10	-
HCP _{05 A}		6,2	6,8	-	0,06	-
HCP _{05 B}		6,2	6,8	-	0,07	-
HCP _{05 AB}		3,6	4,0	-	0,03	-

Примечание: W₀ – содержание продуктивной влаги в метром слое почвы перед посевом почвопокровных культур, мм; W₁ – содержание продуктивной влаги в метром слое перед уходом в зиму почвопокровных культур, мм; СВ – сухое вещество

В течение летне-осеннего сезона яровые покровные культуры достигли продуктивности по сухой биомассе в диапазоне 0,16-0,28 т/га. Минимальный показатель зафиксирован на неудобренном фоне, тогда как максимальное значение получено при внесении $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ под основную культуру. Озимые покровные смеси показали схожую зависимость от уровня минерального питания, сформировав 0,11-0,22 т/га растительной массы. Весеннее возобновление вегетации озимых видов (рожь и вика) сопровождалось интенсивными ростовыми процессами и к периоду посева ярового рапса количество сухого вещества в фитомассе увеличилось на 30,0-41,5% относительно осенних показателей, достигнув 0,16 т/га на контроле и 0,29 т/га на интенсивном фоне питания.

Суммарное водопотребление культур определялось расходом влаги и накопленной биомассой промежуточных культур. Расчёты показали, что смесь яровых ППК более эффективно использовала ресурсы урожая, и в летне-осенний период на 1 тонну сухого вещества расходовала от 897 м³ воды на 1 тонну сухого вещества на неудобренном фоне до 657 м³/т на фоне $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ внесенных при возделывании предшествующей культуры.

Таблица 2 - Урожайность ярового рапса в технологии прямого посева после ячменя, возделываемого по различным вариантам, т/га (2024 год)

Нормы удобрений (фактор А)	Почвопокровные культуры (фактор В)			Среднее
	контроль	яровые	озимые	
Без удобрений	0,82	1,24	1,21	1,09
$N_{40}P_{15}K_{23}S_2$	1,20	1,31	1,33	1,27
$N_{80}P_{30}K_{46}S_5$	1,33	1,47	1,53	1,44
Среднее	1,13	1,29	1,38	

HCP_{05} для частных различий = 0,15; HCP_{05} для факторов: А = 0,09; В = 0,09; АВ = 0,05

Формирование урожайности озимой пшеницы в севообороте существенно изменялась от влияния минеральных удобрений и последствий промежуточных почвопокровных культур. Использование удобрений с нормой $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ обеспечило достоверное увеличение урожайности на 0,39 т/га (10,7%) по сравнению с неудобренным контролем. Дальнейшее повышение нормы питания до $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ позволило получить максимальную прибавку в 0,64 т/га (17,2%), что свидетельствует о выраженной отзывчивости культуры на интенсивную технологию возделывания.

Применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на урожайность ярового рапса, возделываемого после ячменя. Внесение удобрений в норме $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ обеспечило увеличение урожайности в среднем на 0,18 т/га (16,5%), тогда как применение $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ способствовало более значительному росту - на 0,35 т/га (32,1%) относительно неудобренного контроля (табл. 2).

Анализ данных по влиянию промежуточных почвопокровных культур позволил установить их положительное влияние на продуктивность ярового рапса, особенно на фоне без удобрений, где прибавка составила 0,42 т/га (51,0%) при посеве после смеси яровых культур и 0,39 т/га (47,6%) после смеси озимых культур. На фоне минеральных удобрений влияния ППК было менее выраженным, но урожайность также возросла существенно от 0,11-0,13 т/га (9,1 – 10,8%) на фоне $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ до 0,13-0,20 т/га (9,8-15,0%) на фоне $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$.

В среднем по опыту оценка влияния ППК показала, что посев яровых промежуточных культур обеспечил увеличение урожайности рапса на 0,22 т/га (19,6%) по сравнению с контролем, смесь озимых почвопокровных культур на 0,24 т/га (21,4%).

Почвопокровные культуры оказали последствие на урожайность озимой пшеницы. Наилучший результат был получен на варианте без минеральных удобрений, где прибавка составила после смеси яровых культур 0,31 т/га (8,8%), а после смеси озимых ППК – 0,23 т/га (6,5%). С увеличением нормы внесения минеральных удобрений влияние ППК снижалось, если на фоне $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ озимая пшеница сформировала урожайность достоверно выше, чем на контроле на 0,17 т/га (4,3%) как после яровых, так и после озимых ППК, то с увеличением нормы удобрений до $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ различия между вариантами оказались не достоверными (табл. 3).

Таблица 3 - Урожайность озимой пшеницы в технологии прямого посева после ярового рапса, возделываемой по различным вариантам, т/га (2025 год)

Нормы удобрений (фактор А)	Почвопокровные культуры (фактор В)			Среднее
	контроль	яровые	озимые	
Без удобрений	3,53	3,83	3,76	3,71
$N_{40}P_{15}K_{23}S_2$	3,99	4,16	4,16	4,10
$N_{80}P_{30}K_{46}S_5$	4,27	4,36	4,40	4,34
Среднее	3,93	4,12	4,11	-

HCP_{05} для частных различий = 0,28; HCP_{05} для факторов: А = 0,16; В = 0,16; АВ = 0,09

Оценка эффективности агроприемов по влиянию на продуктивность севооборотного звена «яровой рапс – озимая пшеница» показала, что использование минеральных удобрений под культуры с нормой $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ повысило продуктивность звена с 2,59 тыс з.ед. (контроль) до 2,92 тыс з.ед. или на 0,33 тыс з.ед. (12,7%). На фоне $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ продуктивность звена возросла до 3,15 тыс з.ед. или на 0,56 тыс з.ед. (21,6%).

Использование ППК также повышало продуктивность звеньев севооборота на варианте со смесью яровых ППК на 0,25 тыс з.ед. (9,2%), после смеси озимых ППК на 0,26 тыс з.ед. (9,6%).

Оценка окупаемости минеральных удобрений показала, что при внесении $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ на 1 кг д.в. было получено 2,35 кг дополнительного урожая рапса и 4,90 кг/кг озимой пшеницы. Тогда как при увеличении нормы удобрения до $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ соответственно 2,18 и 3,93 кг/кг.

Расчеты экономической эффективности показали, что окупаемость минеральных удобрений при возделывании культур в звене рапса яровой - озимая пшеница на фоне $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ составила 1,59 руб на каждый вложенный рубль, на фоне $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ - 1,40 руб.

Почвопокровные культуры отличались большей окупаемостью в сравнении с минеральными удобрениями, при посеве смеси яровых ППК было получено 2,39 руб/руб, после смеси озимых ППК - 2,07 руб. на каждый вложенный рубль.

Выводы. В системе прямого посева после уборки ячменя в засушливых условиях 2023 года (ГТК=0.51) смесь яровых промежуточных почвопокровных культур

сформировала биомассу 0,16-0,28 т/га сухого вещества, смесь озимых культур - 0,11-0,22 т/га с достоверным преимуществом вариантов с внесением минеральных удобрений под предшествующую культуру – яровой ячмень.

Урожайность ярового рапса определялась, прежде всего, нормами внесения минеральных удобрений. Внесение $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ и $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ обеспечило достоверное повышение урожайности соответственно на 0,18 или 16,5% и 0,35 т/га или 32,1%. Почвопокровные культуры также оказали достоверное положительное влияние на урожайность рапса, особенно на варианте без использования минеральных удобрений.

Урожайность озимой пшеницы, возделываемой после ярового рапса, определялась нормами удобрений и последствием ППК. Внесение $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$ повышало урожайность на 0,39 т/га или на 10,7%, а норма в $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ - на 0,64 т/га или на 17,2%. Промежуточные почвопокровные культуры повышали урожайность озимой пшеницы особенно на вариантах без удобрений – прибавка после смеси яровых ППК составила 0,31 т/га или 8,8%, после смеси озимых – 0,23 т/га или 6,5%. С увеличением нормы минеральных удобрений эффективность промежуточных культур снижалась.

В условиях лесостепи Среднего Поволжья на выщелоченном черноземе в технологии прямого посева для повышения продуктивности звена севооборота «яровой рапс - озимая пшеница» рекомендуется использовать систему минеральных удобрений на планируемую урожайность рапса ярового 1,5 т/га, озимой пшеницы - на 4,0 т/га.

Литература

1. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев [и др.]. – 2-е издание, дополненное и переработанное. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 36 с.
2. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) / М. С. Соколов, А. П. Глинушкин, Ю. Я. Спиридонов [и др.] // Агрохимия. 2019. № 5. С. 3-20. doi: <http://doi.org/10.1134/S000218811905003X>.
3. Грошева О. А. положительные и отрицательные аспекты применения ресурсосберегающих технологий в степном земледелии // Успехи современного естествознания. 2022. № 11. С. 21-27. doi: <http://doi.org/10.17513/use.37923>.
4. Беленков А. И. Мазиров М. А., Береза Д. В. Прямой посев и его интерпретация в современном земледелии // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № S5(14). С. 82-87. doi: <http://doi.org/10.25930/2687-1254/009.5.14.2021>.
5. Эффективность и почвозащитная роль системы прямого посева на черноземах России / А. Л. Иванов, В. К. Дридигер, В. П. Белобров [и др.] // Почвоведение. 2025. № 9. С. 1225-1238. doi: <http://doi.org/10.31857/S0032180X25090105>.
6. Почвозащитная роль прямого посева в земледелии / В. П. Белобров, Д. А. Шаповалов, В. К. Дридигер [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3(393). С. 255-260. doi: http://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_3_255.
7. Минимизация обработки почвы как важный элемент биологизации земледелия в Оренбуржье / Ф. Г. Бакиров, И. В. Васильев, А. В. Филиппова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108, № 2. С. 172-185. doi: <http://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>.
8. Углеродный след продукции растениеводства при использовании технологий почвозащитного ресурсосберегающего земледелия / Л. В. Орлова, Р. И. Сафин, Г. В. Кнурова [и др.] // Земледелие. 2024. № 7. С. 9-13. doi: <http://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-7-9-13>.
9. Чекаев Н.П., Кузнецов, А.Ю. (2015). Технология No-till – путь к реальным результатам. Продовольственная политика и безопасность, 2(1), С. 7-18. doi: <http://doi.org/10.18334/ppib.2.1.453>.
10. Эффективность применения системы прямого посева на чернозёме южном Волгоградской области / В. К. Дридигер, Т. В. Волошенкова, Р. Г. Гаджимаров [и др.] // Земледелие. 2025. № 4. С. 17-23. doi: <http://doi.org/10.31857/S0032180X25040105>.

doi.org/10.24412/0044-3913-2025-4-17-23.

11. Иванов А. Л., Кулинцев В. В., Дриггер В. К., Белобров В. П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России // Достижения науки и техники АПК. 2021. №4. С. 8-16. doi: <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10401>.

12. Зотова К. Ю. Влияние технологии No-Till на состав и свойства чернозёма обыкновенного // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем: Материалы Межрегиональной научной конференции, Красноярск, 22–23 декабря 2023 года. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2024. С. 48-54.

13. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства черноземов выщелоченных и урожайность подсолнечника / Е. Б. Дрёпа, О. И. Власова, А. С. Голубь и др. // Земледелие. 2020. № 3. С. 18–20. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10304>.

14. Пыхтин И. Г., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я. Текущие проблемы в земледелии // Земледелие. 2018. № 5. С. 8–11. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10502>.

15. Гамзиков Г. П. Система No-till в сибирском земледелии: проблемы, реальности и перспективы // Земледелие. 2024. № 3. С. 10–17. doi: <http://doi.org/10.24412/0044-3913-20241-3-10-17>.

16. Влияние возделывания почвопокровных культур на урожайность кукурузы в условиях предгорно-степной зоны Крыма / О. Л. Томашова, А. В. Ильин, П. С. Захарчук, К. Р. Сильченко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 27(190). С. 46-58.

17. Томашова О.Л. Способ подбора почвопокровных культур и расчет норм высева // Патент РФ № 2021120324; заявл 09.07.2001, 18.10.2022.

18. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / В. И. Кирюшин, В. К. Дриггер, А. Н. Власенко [и др.]; Москва: Издательство МБА, 2019. 136 с. ISBN 978-5-6043225-2-9.

19. Приказ Минсельхоза России от 06.07.2017 N 330 «Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур» <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708010062?index=1>.

20. Доспехов Б.А., Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студ. высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. спец. / Б.А. Доспехов, 2011. 392с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Тойгильдин Александр Леонидович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и селекции, e-mail: atoigildin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-5283>

Тойгильдина Ирина Александровна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и селекции, e-mail: irina1082@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8620-2671>

Чекалин Артем Михайлович - аспирант, e-mail: chekalin.artim@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6230-3465>.

Аюпов Денис Энисович - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и селекции, e-mail: ayupov1989@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2329-0181>.

Кузин Александр Сергеевич - аспирант, e-mail: sashakyzin99@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6866-9410>.

Ульяновский государственный аграрный университет, Ульяновск, Россия.

METHODS FOR INCREASING THE PRODUCTIVITY OF DIRECT-SEEDING CROP ROTATION UNITS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF MIDDLE VOLGA REGION

A. L. Toygildin, I. A. Toygildina, A. M. Chekalin, D. E. Ayupov, A. S. Kuzin

Abstract. The purpose of this study was to assess the impact of mineral fertilizer application rates and intercrop cover crops on productivity of spring rapeseed - winter wheat crop rotation unit cultivated using direct seeding. Field experiments were conducted in 2023-2025 on a stationary field of Ulyanovsk State Agrarian University, on a six-field crop rotation: spring rapeseed - winter wheat - soybeans - spring wheat - buckwheat - barley. The experimental scheme included a study of mineral fertilizer rates (variants for spring rapeseed and winter wheat: control without fertilizer, $N_{40}P_{15}K_{23}S_2$, and $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$), in addition, intermediate cover crops were sown after barley harvesting (control variant - without intermediate cover crops, spring crop mixture and winter crop mixture). The results showed that under the dry conditions of autumn 2023 (HTC = 0.51), intermediate cover crops produced biomass ranging from 0.11 to 0.28 t/ha of dry matter, with a significant advantage in the variants with mineral fertilizer application under the preceding crop. Spring rapeseed productivity increased under the influence of mineral fertilizers by 0.18-0.35 t/ha (16.5-32.1%). Ground cover crops also had a reliable positive effect, especially against an unfertilized background, providing an increase of up to 0.42 t/ha (51.0%). On average, in the experiment, the increase of spring rapeseed yield from spring mixtures was 0.22 t/ha (19.6%), from winter crops - 0.24 t/ha (21.4%). Winter wheat productivity was determined by fertilizer rates (an increase of 0.39-0.64 t/ha or 10.7-17.2%) and the aftereffect of intermediate cover crops, which was maximum against an unfertilized background (up to 0.31 t/ha or 8.8%). Crop rotation productivity increased by 0.25-0.26 thousand units (9.2-9.6%) with the direct seeding and by 0.33-0.56 thousand units (12.7-21.6%) with mineral fertilizers, reaching a maximum of 3.15 thousand units in the $N_{80}P_{30}K_{46}S_5$ variant.

Key words: direct seeding, intermediate cover crops, mineral fertilizer rates, spring rapeseed (*Brassica napus*), winter wheat (*Triticum aestivum*), productivity.

For citation: Methods for increasing the productivity of direct-seeding crop rotation units in the forest-steppe zone of middle Volga region / Toygildin A.L., Toygildina I.A., Chekalin A.M. [et al.] // Agrobiotechnologies and digital farming. 2025; 3 (15). 40-46 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-40-46>

References

1. Kulik KN, Ivanov AL, Rulev AS. Strategiya razvitiya zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda 2-e izdanie, dopolnennoe i pererabotannoe. [Protective afforestation development strategy in the Russian Federation through 2025]. 2nd edition, added and revised. Volgograd: FNTs agroekologii RAN. 2018; 36 p.

2. Sokolov MS, Glinushkin AP, Spiridonov YuYa. [Technological features of soil-conserving resource-saving agriculture (in development of FAO concept)]. Agrokhimiya. 2019; 5. 3-20 p. doi: <http://doi.org/10.1134/S000218811905003X>.

3. Grosheva OA. [Positive and negative aspects of resource-saving technologies application in steppe agriculture]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2022; 11. 21-27 p. doi: <http://doi.org/10.17513/use.37923>.
4. Belenkov AI, Mazirov MA, Bereza DV. [Direct sowing and its interpretation in modern agriculture]. *Selskokhozyaystvennyy zhurnal*. 2021; S5(14). 82-87 p. doi: <http://doi.org/10.25930/2687-1254/009.5.14.2021>.
5. Ivanov AL, Dridiger VK, Belobrov VP. [Efficiency and soil-protective role of direct seeding system on Russian black earth regions]. *Pochvovedenie*. 2025; 9. 1225-1238 p. doi: <http://doi.org/10.31857/S0032180X25090105>.
6. Belobrov VP, Shapovalov DA, Dridiger VK. [Soil-protective role of direct seeding in agriculture]. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*. 2023; 3(393). 255-260 p. doi: http://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_3_255.
7. Bakirov FG, Vasilev IV, Filippova AV. [Minimization of soil cultivation as an important element of biologization of agriculture in Orenburg region]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2025; Vol.108. 2. 172-185 p. doi: <http://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-172>.
8. Orlova LV, Safin RI, Knurova GV. [Carbon footprint of crop products when using soil-conserving resource-saving agricultural technologies]. *Zemledelie*. 2024; 7. 9-13 p. doi: <http://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-7-9-13>.
9. Chekaev NP, Kuznetsov AYU. [No-till technology – path to real results]. *Prodovolstvennaya politika i bezopasnost*. 2015; 2 (1). 7-18 p. doi: <http://doi.org/10.18334/ppib.2.1.453>.
10. Dridiger VK, Voloshenkova TV, Gadzhumarov RG. [Efficiency of using direct seeding system on the southern chernozem of Volgograd region]. *Zemledelie*. 2025; 4. 17-23 p. doi: <http://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-4-17-23>.
11. Ivanov AL, Kulintsev VV, Dridiger VK, Belobrov VP. [On feasibility of direct seeding system development on Russian black earth regions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021; 4. 8-16 p. doi: <http://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10401>.
12. Zotova KYu. [Influence of no-till technology on composition and properties of ordinary chernozem. Stability of soil cover and productivity of ecosystems]. *Materialy Mezhrayonnoy nauchnoy konferentsii, Krasnoyarsk, 22-23 dekabrya 2023 goda*. Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2024; 48-54 p.
13. Drepa EB, Vlasova OI, Golub AS. [Influence of cultivation technology on the agrophysical properties of leached chernozems and sunflower yield]. *Zemledelie*. 2020; 3. 18-20 p. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10304>.
14. Pykhtin IG, Dubovik DV, Aydiev AY. [Current problems in agriculture]. *Zemledelie*. 2018; 5. 8-11 p. doi: <http://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10502>.
15. Gamzikov GP. [No-till system in Siberian agriculture: problems, realities and prospects]. *Zemledelie*. 2024; 3. 10-17 p. doi: <http://doi.org/10.24412/0044-3913-20241-3-10-17>.
16. Tomashova OL, Ilin AV, Zakharchuk PS, Silchenko KR. [Influence of cover crops cultivation on corn yield in the foothill-steppe zone of Crimea]. *Izvestiya selskokhozyaystvennoy nauki Tavriy*. 2021; 27(190). 46-58 p.
17. Tomashova OL. [Method for selecting cover crops and calculating seeding rates]. Patent RF № 2021120324; yayavl 09.07.2001, 18.10.2022.
18. Kiryushin VI, Dridiger VK, Vlasenko AN. [Methodological recommendations for the development of minimum tillage and direct seeding systems]. Moscow: Izdatelstvo MBA. 2019; 136 p. ISBN 978-5-6043225-2-9.
19. Prikaz Minselkhoza Rossii ot 06.07.2017 № 330 "Ob utverzhdenii koeffitsientov perevoda v zernovye edinitsey selskokhozyaystvennykh kultur". [Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated July 6, 2017, No. 330, On approval of conversion coefficients for agricultural crops into grain units]. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708010062?index=1>.
20. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy): uchebnik dlya stud. vyssh. s.-kh. ucheb. zavedeniy po agronom. spets.* [Field experiments methodology (with fundamentals of statistical processing of research results): textbook for students of Higher Agricultural Educational Institutions in Agronomy]. 2011; 392 p.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Toygildin Aleksandr Leonidovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Agriculture, Crop Production and Breeding Department, e-mail: atoigildin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-5283>
 Toygildina Irina Aleksandrovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agriculture, Crop Production and Breeding Department, e-mail: irina1082@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8620-2671>
 Chekalin Artem Mikhaylovich – post-graduate student, e-mail: chekalin.artim@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6230-3465>
 Ayupov Denis Enisovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agriculture, Crop Production and Breeding Department, e-mail: ayupov1989@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2329-0181>
 Kuzin Aleksandr Sergeevich – post-graduate student, e-mail: sashakyzin99@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6866-9410>.
 Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia.