

На правах рукописи

Джандаров Арсен Ниязбиевич

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА
НА ЧЕРНОЗЁМЕ ОБЫКНОВЕННОМ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Научный руководитель: **Дридигер Виктор Корнеевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Официальные
оппоненты:** **Тойгильдин Александр Леонидович,**
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент, декан факультета агротехнологий,
земельных ресурсов и пищевых производств
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
аграрный университет им. П. А. Столыпина»

Гармашов Владимир Михайлович,
доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник,
заведующий отделом адаптивно-
ландшафтного земледелия ФГБНУ
«Воронежский федеральный аграрный
научный центр им. В. В. Докучаева»

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный
Ростовский аграрный научный центр»**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2023 г. в ____ часов
на заседании диссертационного совета 35.2.036.01 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. № 3, тел/факс (8652) 34-58-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», а с авторефератом – на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии <http://vak.ed.gov.ru> и на официальном сайте университета: www.stgau.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук

**Безгина
Юлия Александровна**

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Горох является главной зернобобовой культурой России, и возделывают его почти на всей территории нашей страны. Его зерно является источником пищевого белка и концентрированным высокобелковым кормом для животных, а также очень хорошим предшественником.

Возделывают горох по рекомендованным научными учреждениями технологиям с обработкой почвы, на которую приходится до 30 % и более общих затрат, и большая часть из них приходится на горюче-смазочные материалы, которые с каждым годом дорожают. Поэтому большой научный и практический интерес вызывает возможность и эффективность возделывания гороха по технологии No-till, в которой почва не обрабатывается.

Степень научной разработанности темы. Большой вклад в разработку и совершенствование технологии возделывания гороха в Ставропольском крае внесли В. В. Агеев, А. Т. Болотов, К. М. Вельгус, Б. П. Гончаров, А. И. Кудрин, Н. В. Петрова и другие ученые. Ими изучены и рекомендованы производству новые сорта гороха, установлены лучшие предшественники и способы обработки почвы, определены оптимальные сроки, способы посева и нормы высева семян, разработаны системы внесения удобрений под культуру и защиты посевов от болезней, вредителей и сорной растительности при выращивании гороха с основной, предпосевной и промежуточной обработками почвы.

Цель исследований – сравнить влияние рекомендованной научными учреждениями технологии возделывания гороха и технологии No-till с применением промежуточной почвопокровной культуры на его рост, развитие, урожайность, а также водно-физические свойства чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья под посевами гороха.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние рекомендованной технологии возделывания гороха и технологии No-till на его рост, развитие и урожайность.
2. Установить изменение водно-физических свойств чернозема обыкновенного в зависимости от технологии возделывания гороха и промежуточной почвопокровной культуры.
3. Определить экономическую эффективность возделывания гороха по рекомендованной и No-till технологиям с применением почвопокровной промежуточной культуры на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья установлены особенности влияния рекомендованной технологии возделывания гороха и технологии No-till с применением промежуточной почвопокровной культуры на рост, развитие, урожайность гороха и водно-физические свойства чернозема обыкновенного, а также дана экономическая оценка изученных технологий.

Теоретическая и практическая значимость. Научно обоснована возможность возделывания гороха по технологии No-till, обеспечивающая увеличение его урожайности и улучшение водно-физических свойств чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье.

Производству рекомендована наиболее эффективная технология возделывания гороха на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Проверка результатов полученных исследований проведена на площади 250 га в ООО «Кавказ» Кировского ГО Ставропольского края с полученным годовым экономическим эффектом 2,4 млн руб.

Методология и методы исследований основаны на обзоре отечественной и иностранной научной литературы, проведении полевых опытов, наблюдений, лабораторных исследований, статистической обработке экспериментальных данных, анализе полученных результатов и их интерпретации. При проведении исследований применялись общепринятые методики и ГОСТы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- в технологии No-till увеличивается полевая всхожесть семян и густота стояния растений гороха, формируется больший и эффективнее работающий фотосинтетический аппарат, что обеспечивает получение более высокой, чем в рекомендованной технологии, урожайности культуры;
- при возделывании гороха по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья в почве увеличивается содержание влаги, улучшаются водно-физические свойства и повышается её целлюлозоразлагающая активность по сравнению с рекомендованной технологией возделывания культуры;
- на чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья наибольшую прибыль обеспечивает возделывание гороха по технологии No-till с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается экспериментальными данными, полученными в многолет-

них полевых опытах и лабораторных анализах с использованием методов корреляционной и дисперсионной обработки результатов исследований.

Апробация работы. Результаты исследований, представленные в работе, ежегодно (2019–2022 гг.) докладывались на методической комиссии Северо-Кавказского ФНАЦ и международных научно-практических конференциях «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» (Ставрополь 2019, 2021).

По материалам исследований опубликовано 12 научных работ, в том числе 1 статья, входящая в базу данных Scopus, 5 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав, заключения, предложений производству и приложений. Иллюстрационный материал включает 40 таблиц, 6 рисунков и графиков и 21 приложение. Список литературы содержит 238 наименований, в том числе 17 иностранных.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Сумма эффективных температур здесь составляет 3300–3650 °С, средняя многолетняя сумма осадков – 554 мм, гидротермический коэффициент 1,00–1,09.

Метеорологические условия в годы исследований различались между собой, но в целом были характерными для зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья. Во время вегетации гороха в 2019 году с апреля по июнь при климатической норме 191 мм выпало всего 92 мм осадков, что отрицательно сказалось на росте, развитии и урожайности гороха. В 2020 году атмосферная и почвенная засухи были менее продолжительными и наблюдались в марте и апреле, когда выпало всего 21 мм осадков, что в 3,8 раза меньше среднееголетних значений. Самым благоприятным по увлажнению был 2021 год, когда с марта по июнь включительно выпало 304 мм осадков и во все месяцы они превышали среднемесячные нормы.

Почва опытного участка чернозем обыкновенный среднемощный слабогумусированный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на лессовидных карбонатных суглинках. Пахотный горизонт характеризуется низким содержанием гумуса – 3,87 %, очень низким содер-

жанием нитратного азота – 11,9 мг/кг почвы, средним содержанием подвижного фосфора – 18,7 мг/кг (по Мачигину) и средней обеспеченностью подвижным калием – 245 мг/кг. Реакция почвенного раствора нейтральная, pH = 6,32.

Исследования проводили в стационарном многолетнем опыте, заложенном в 2012 году. Горох возделывали в севообороте: кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – подсолнечник. Севооборот развернут в пространстве всеми полями. Повторность опыта трёхкратная, площадь делянки 300 м², учётная 90 м².

Возделывание гороха по рекомендованной технологии включало двукратное лущение стерни после уборки предшествующей кукурузы, зяблевую вспашку и осеннее выравнивание поверхности культивацией. Посев осуществляли сеялкой СЗ-3,6 после предпосевной культивации. В технологии No-till почву не обрабатывали, но перед посевом делянки опрыскивали гербицидом сплошного действия РАП 600 в дозе 1,8 л/га. Посев гороха осуществляли сеялкой прямого посева Gimetal. Уходные мероприятия по обеим технологиям были одинаковыми и включали опрыскивание посевов против двудольных, однодольных сорняков и вредителей.

По обеим технологиям сорт гороха Рассвет сеяли рано весной сплошным рядовым способом с нормой высева 1,4 млн всхожих семян на 1 га. В день посева проводили инокуляцию семян ризоформом.

В обеих технологиях горох сеяли без удобрений, с внесением 82 кг/га аммофоса (N₁₀P₄₀) и после промежуточной почвопокровной культуры (озимой ржи) с внесением той же дозы удобрений. В других культурах изучаемого севооборота (озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза) также был контроль, где удобрения не вносили, и во втором варианте вносили рекомендованные научными учреждениями дозы удобрений под каждую культуру.

При посеве промежуточной почвопокровной озимой ржи по рекомендованной технологии сразу после уборки кукурузы осуществляли двукратную обработку почвы БДТ-3, предпосевную культивацию и посев сеялкой СЗ-3,6 с последующим прикапыванием. Озимую рожь сеяли сплошным рядовым способом с нормой высева 3,0 млн/га всхожих семян на глубину 5–6 см. Весной перед посевом гороха надземную массу озимой ржи измельчали и заделывали в почву двукратным проходом тяжелой дисковой бороной БДТ-3.

В технологии No-till озимую рожь с такой же нормой высева высевали сеялкой Gimetal сразу после уборки кукурузы. Перед посевом гороха весной следующего года озимую рожь опрыскивали гербицидом сплошного действия РАП-600 с той же нормой расхода.

Фенологические наблюдения, подсчет густоты стояния растений и другие сопутствующие наблюдения проведены в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019).

Ежегодно по всем вариантам опыта перед уходом в зиму, весной при наступлении физической спелости почвы, перед посевом, в фазе цветения и полной спелости гороха термостатно-весовым методом определяли содержание продуктивной влаги в почве на глубину 150 см послойно через 10 см, плотность почвы – методом цилиндра, по слоям 0–10, 10–20 и 20–30 см (Доспехов Б. А., 1987). Одновременно отбирали образцы почвы для химического анализа на содержание нитратного азота по Грандваль – Ляжу, подвижного фосфора и подвижного калия по Мачигину в 1 % углеаммонийной вытяжке.

Определение макроструктуры почвенных агрегатов проводили по методу Н. И. Савинова, водопроницаемость почвы прибором ПВН-00 (Вадюнина А. Ф., Корчагин З. А., 1986), количество дождевых червей в слоях почвы 0–10 и 10–20 см по методике М. С. Гилярова (1975), целлюлозоразлагающую активность почвы – методом льняных полотен.

После уборки кукурузы и перед посевом гороха определяли количество растительных остатков на поверхности почвы, а на варианте с применением промежуточной почвопокровной озимой ржи её зелёную массу учитывали перед уходом в зиму и весной следующего года перед посевом гороха.

Динамику формирования урожая и фотосинтетической деятельности посевов определяли в фазе стеблевания, цветения и полной спелости. Площадь листовой поверхности посевов определяли методом высечек (Ничипорович А. А. и др., 1961). Учет урожая проводили путём прокоса комбайном Сампо 130 по середине делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту.

Экономическая оценка технологий возделывания гороха проведена согласно методическому пособию по агроэкологической и экономической оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур по ценам 2021 года (Боев В. Р. и др., 1999). Статистическая обработка полученных данных – методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову (1985) и В. П. Томилову (1987).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Структура почвы. После 9 лет применения технологии No-till осенью 2021 года количество агрономически ценных агрегатов по обеим технологиям и дозам внесения удобрений во всех изучаемых

слоях почвы было одинаковым и составило 53,9–55,4 %, что характеризует её как удовлетворительное состояние почвенной структуры. Существенное влияние на этот показатель оказала почвопокровная озимая рожь, которая в рекомендованной технологии достоверно уменьшила количество агрономически ценных агрегатов в слоях почвы 0,0–0,1 и 0,1–0,2 м до 45,3 и 48,7 %, в технологии же No-till их количество в слое почвы 0,0–0,1 м также достоверно, но увеличилось до 66,8 %.

Существенное уменьшение коэффициента структурности в слоях почвы 0,0–0,1 и 0,1–0,2 при посеве почвопокровной озимой ржи в рекомендованной технологии до 0,83 и 0,95 привело к неудовлетворительному состоянию почвенной структуры. Посев же промежуточной озимой ржи в технологии No-till способствовал улучшению структуры верхнего десятисантиметрового слоя до хорошего состояния.

3.2. Плотность сложения почвы. После проведения предпосевной культивации вспаханной с осени почвы и заделки вегетативной массы почвопокровной озимой ржи дисковыми орудиями её плотность в слое 0,0–0,1 м перед посевом в среднем за годы исследований была оптимальной и составила 1,03–1,04 г/см³. В технологии No-till она достоверно выше – 1,12–1,13 г/см³, но также находится в диапазоне оптимальных значений для появления всходов гороха.

В фазе цветения плотность сложения почвы по всем вариантам опыта увеличилась до 1,22–1,25 г/см³, превышая оптимальные значения для роста и развития гороха на 0,02–0,05 г/см³. Это обусловлено атмосферной и почвенной засухами, которые наблюдались во время цветения гороха в 2019 и 2020 гг. Такая же плотность почвы наблюдалась и в полной спелости гороха.

Еще большая плотность почвы в фазе цветения и полной спелости в среднем за годы проведения опытов наблюдалась в слое 0,1–0,2 м – 1,29–1,36 г/см³. При этом различия по этому показателю между технологиями, применением удобрений и почвопокровной культур были несущественными.

3.3. Количество дождевых червей и водопроницаемость почвы. В технологии No-till в слое почвы 0,0–0,2 м количество дождевых червей в 4,6 раза, а их живая масса в 5,3 раза больше, чем в рекомендованной (таблица 1).

В обеих технологиях более 80 % дождевых червей обитают в верхнем десятисантиметровом слое почвы, что указывает на экологическую чистоту и безопасность почвы в обеих технологиях.

Водопроницаемость почвы в среднем за 3 года исследований во время стеблевания гороха по технологии No-till в течение первых

10 минут составила 27,5 мм/мин, что на 5,7 мм/мин, или на 26,1 %, больше, чем по рекомендованной технологии. В течение часа водопроницаемость почвы снижалась, но она была больше в технологии No-till (рисунок).

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания гороха на количество и живую массу дождевых червей в почве

Технология	Слой почвы, м	Количество, шт/м ²				Живая масса, г/м ²			
		2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Рекомендованная	0,0–0,1	1	4	23	9,3	0,7	1,2	6,2	2,70
	0,1–0,2	2	2	0	1,3	1,1	0,7	0	0,60
	0,0–0,2	3	6	43	10,6	1,8	1,9	6,2	3,30
No-till	0–10	18	38	63	39,7	10,5	12,7	21,1	14,8
	10–20	12	7	7	8,7	3,8	1,8	2,1	2,6
	0–20	30	45	70	48,4	14,3	14,5	23,2	17,4

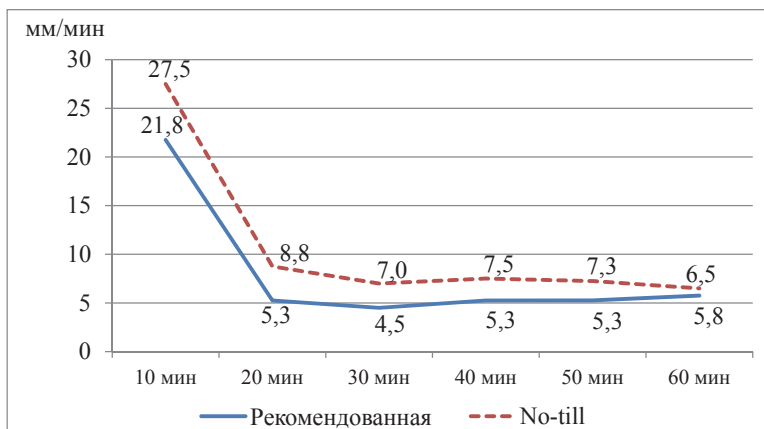


Рисунок – Влияние технологии возделывания на водопроницаемость почвы во время ветвления гороха, среднее за 2019–2021 гг., мм/мин

В среднем по этой технологии за 1 час почва впитала 64,6 мм воды, что на 16,6 мм, или на 25,7 %, больше, чем в рекомендованной технологии. Такая водопроницаемость почвы в технологии No-till в сочетании с растительными остатками на её поверхности, являющимися естественным препятствием для стока воды и снижающими скорость

её потока, обеспечивает впитывание в почву влаги ливневых осадков и предотвращает проявление водной эрозии.

3.4. Обеспеченность растений влагой. Лучшая водопроницаемость почвы, большее снегонакопление и меньшие потери влаги в осенний и ранневесенний периоды в технологии No-till обеспечили достоверно большее содержание влаги в полутораметровом слое почвы во время посева и в течение вегетации гороха. К фазе цветения запасы продуктивной влаги снижались по обеим технологиям, но в технологии No-till её было на 33–56 мм больше, чем в рекомендованной технологии (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние технологии на содержание продуктивной влаги в слое почвы 1,5 м во время вегетации гороха (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Фенологическая фаза гороха		
		Посев	Цветение	Полная спелость
Рекомендованная	Без удобрений	166	104	70
	$N_{10}P_{40}$	165	116	56
	$N_{10}P_{40}$ + ППК	150	116	70
No-till	Без удобрений	236	160	95
	$N_{10}P_{40}$	235	149	87
	$N_{10}P_{40}$ + ППК	221	149	82
НСР ₀₅ для технологии		18	10	4
НСР ₀₅ для удобрений		10	7	3
НСР ₀₅ для частных средних		21	12	7

То есть в технологии No-till в полутораметровом слое почвы дополнительно по отношению к рекомендованной содержалось 330–540 м³ воды. Внесение удобрений не оказало существенного влияния на содержание влаги в почве по обеим технологиям. Посев почвопокровной озимой ржи привел к достоверному снижению содержания влаги в слое почвы 1,5 м только во время посева гороха, в остальное время её количество было одинаковым в соответствии с технологией возделывания культуры.

3.5. Целлюлозоразлагающая активность почвы в первые 30 дней после закладки льняного полотна в технологии No-till по обоим фонам внесения удобрений в слое почвы 0,2 м была низкой (8,0–8,1 %), но достоверно большей, чем в рекомендованной технологии – 6,0–7,1 %. При посеве промежуточной озимой ржи в технологии

No-till активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов составила 19,5 % против 15,3 % в рекомендованной технологии.

В следующие 30–60 дней после посева целлюлозоразлагающая активность почвы на удобренном фоне по технологии No-till составила 19,8 %, что достоверно на 1,9 % больше, чем в рекомендованной технологии. Внесение удобрений способствовало активизации почвенной микробиоты в технологии No-till до 21,9 %, и самой большой она была при промежуточном посеве озимой ржи – 29,0 % в рекомендованной и 32,4 % в No-till технологии.

3.6. Обеспеченность растений элементами питания. В рекомендованной технологии различия по содержанию подвижного фосфора между верхним десятисантиметровым слоем и более глубоким слоем 0,1–0,2 м без внесения минеральных удобрений составляют 0,5 мг/кг почвы, при их внесении – 3,2 мг/кг и посеве почвопокровной культуры – 1,5 мг/кг. В технологии No-till эти различия существенно больше и составили соответственно 2,7; 8,5 и 12 мг/кг.

Однако содержание подвижного фосфора в технологии No-till при внесении удобрений в верхнем слое почвы увеличилось под горохом с 25,8 мг/кг в 2016 году после первой ротации севооборота до 46,2 мг/кг в годы проведения опытов, в слое 0,1–0,2 м этот показатель возрос с 18,1 до 37,7 мг/кг. Такая обеспеченность подвижным фосфором, несмотря на различия в его размещении по слоям почвы, отрицательного влияния на рост, развитие и урожайность гороха не оказала.

Такая же закономерность наблюдается по обеспеченности растений подвижным калием, тогда как содержание в почве нитратного азота в фазе цветения гороха по всем вариантам и во все годы исследований было очень низким.

3.7. Содержание гумуса в почве. В течение двух ротаций четырехпольного севооборота в технологии No-till содержание гумуса в слое почвы 0,3 м без внесения минеральных удобрений увеличилось на 0,09 % и составило 3,89 %, что достоверно на 0,22 % больше, чем в рекомендованной технологии, где за это время произошло уменьшение содержания гумуса на 0,14 %.

Внесение удобрений не привело к существенному увеличению содержания гумуса во всех изучаемых слоях почвы. В рекомендованной технологии вносимые удобрения увеличили содержание гумуса всего на 0,01 %, в технологии No-till – на 0,08 %, и в обоих случаях оно математически не доказуемо.

3.8. Полевая всхожесть семян. На полевую всхожесть семян гороха достоверные различия между технологиями по содержанию продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см в пользу технологии No-

till не оказали существенного влияния, так как рано весной её было достаточно для прорастания семян и получения всходов гороха по обеим технологиям (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на полевую всхожесть семян гороха (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Содержание влаги в слое 0,2 м (перед посевом), мм	Всходы, шт/м ²	Всхожесть, %
Рекомендованная	Без удобрений	16	128	91,4
	N ₁₀ P ₄₀	17	122	87,1
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	12	107	76,4
No-till	Без удобрений	28	129	92,1
	N ₁₀ P ₄₀	28	124	88,6
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	21	116	82,8
НСР ₀₅ для технологии		4	4	–
НСР ₀₅ для удобрений		3	3	–
НСР ₀₅ для частных различий		7	8	–

В обеих технологиях внесение минеральных удобрений достоверно снижало количество всходов гороха, что связано с внесением при посеве минеральных удобрений в рядок вместе с семенами, что увеличивает концентрацию солей в почвенном растворе, которые отрицательно сказываются на прорастании и росте проростка горохового семени.

Еще меньше всходов гороха получено при его посеве после промежуточной почвопокровной озимой ржи с припосевным внесением минеральных удобрений – 107 шт/м² по рекомендованной технологии и 116 шт/м² в технологии No-till. Причиной такого явления является достоверно меньшее содержание продуктивной влаги в верхнем двадцатисантиметровом слое почвы после озимой ржи, расходовавшей почвенную влагу во время вегетации, и такое же отрицательное воздействие вносимых при посеве минеральных удобрений.

3.9. Фенологические фазы роста и развития растений. В среднем за годы исследований всходы гороха, возделываемого по технологии No-till, по календарным срокам появлялись на 2 дня позже, чем по рекомендованной технологии, фаза стеблевания в технологии No-till наступала на 3, а полная спелость на 4 дня позже. Вносимые удобрения и посев промежуточной почвопокровной озимой ржи не

оказали существенного влияния на наступление фенологических фаз роста и развития гороха по обеим технологиям.

3.10. Густота стояния и сохранность растений. Снижение количества растений гороха в течение вегетации на 2–5 шт/м² наблюдалось во всех вариантах опыта, не отличаясь существенно между технологиями, вносимыми удобрениями и посевом почвопокровной культуры (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на густоту стояния растений гороха, шт/м² (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Фенологическая фаза			Сохранность растений, %
		Стеблевание	Цветение	Полная спелость	
Рекомендованная	Без удобрений	126	123	121	94,6
	N ₁₀ P ₄₀	120	120	116	95,1
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	104	102	101	94,4
No-till	Без удобрений	127	124	122	94,6
	N ₁₀ P ₄₀	122	120	120	96,8
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	114	112	112	96,6
НСР ₀₅ для технологии		2	3	3	–
НСР ₀₅ для удобрений		4	4	5	–
НСР ₀₅ для частных различий		6	6	6	–

Сохранность гороха в течение вегетации также не отличалась существенно между вариантами опыта. Но к полной спелости, как и в фазе всходов, больше всего растений по обеим технологиям сохранилось при посеве культуры без применения минеральных удобрений, меньше их было при их внесении и существенно меньше после посева почвопокровной озимой ржи в сочетании с внесением удобрений.

Самая большая густота стояния растений и лучшая их сохранность во всех вариантах опыта наблюдалась в 2021 году, когда в течение вегетации гороха выпадали осадки. В 2019 и 2020 гг. эти показатели были меньше, так как в эти годы наблюдались периодические атмосферные и почвенные засухи.

3.11. Фотосинтетическая деятельность посевов. В фазе стеблевания площадь листовой поверхности растений гороха, возделываемого по рекомендованной технологии без внесения мине-

ральных удобрений, была достоверно больше, чем по технологии No-till, что связано с более низкой температурой почвы в это время. Но при внесении удобрений листовой индекс в технологии No-till был немного больше, хотя и в пределах ошибки опыта (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на площадь листьев и фотосинтетический потенциал посевов гороха (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Листовой индекс, м ² /м ²		Фотосинтетический потенциал, млн м ² ×сутки/га
		Стеблевание	Цветение	
Рекомендованная	Без удобрений	2,05	2,36	1,27
	N ₁₀ P ₄₀	2,04	2,49	1,30
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,55	2,00	1,02
No-till	Без удобрений	1,88	2,37	1,25
	N ₁₀ P ₄₀	2,08	2,63	1,38
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,93	2,32	1,15
НСР ₀₅ для технологии		0,07	0,11	0,05
НСР ₀₅ для удобрений		0,08	0,14	0,06
НСР ₀₅ для частных различий		0,12	0,17	0,09

При посеве гороха после промежуточной озимой ржи этот показатель был существенно больше в технологии No-till, что обусловлено большей густотой стояния растений, но в обоих случаях листовая поверхность была достоверно меньше, чем при посеве без промежуточной почвопокровной культуры.

В фазе цветения листовой индекс посевов гороха по обеим технологиям без внесения удобрений был одинаковым, а при их внесении он достоверно больше в технологии No-till. Посев промежуточной озимой ржи приводил к достоверному снижению этого показателя по обеим технологиям.

В годы исследований самую маленькую листовую поверхность и фотосинтетический потенциал посевы гороха во всех вариантах опыта формировали в наиболее засушливом 2019 году, самыми большими они были во влажном 2021 году.

Во все фенологические фазы роста и развития растений и в целом вегетационного периода наблюдается средняя отрицательная корреляционная зависимость чистой продуктивности фотосинтеза от

площади листовой поверхности ($r = -0,578$). Поэтому большую продуктивность фотосинтеза обеспечили посевы с меньшим листовым индексом (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на чистую продуктивность фотосинтеза посевов гороха, $г/м^2 \times$ сутки (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Фенологическая фаза			
		Всходы – стеблева- ние	Стеблева- ние – цветение	Цветение – полная спелость	Всходы – полная спелость
Рекомен- дованная	Без удобрений	1,7	7,7	6,5	5,3
	$N_{10}P_{40}$	1,8	8,1	6,5	5,5
	$N_{10}P_{40}$ + ППК	2,1	9,1	7,8	6,3
No-till	Без удобрений	1,9	8,4	6,4	5,6
	$N_{10}P_{40}$	1,8	8,2	5,8	5,3
	$N_{10}P_{40}$ + ППК	1,8	8,4	6,6	5,6
НСР ₀₅ для технологии		0,1	0,4	0,3	0,2
НСР ₀₅ для удобрений		0,1	0,4	0,2	0,2
НСР ₀₅ для частных различий		0,1	0,6	0,4	0,3

Больше всего органического вещества $1 м^2$ листовой поверхности синтезировал в межфазный период стеблевание – цветение – от 7,7 до 9,1 $г/м^2$ листовой поверхности в сутки, что обеспечивает в это время интенсивное увеличение надземной массы растений и их линейный рост. После прохождения фазы цветения продуктивность работы фотосинтетического аппарата постепенно снижается на 1,2–2,0 $г/м^2$ в сутки.

3.12. Динамика вегетативной массы растений. В среднем за годы исследований в фазе стеблевания сырая вегетативная масса растений гороха, возделываемого по технологии No-till с внесением и без внесения минеральных удобрений, была немного больше, чем в рекомендованной технологии, но эти различия математически не доказуемы. Применение минеральных удобрений в обеих технологиях обеспечивало достоверное увеличение надземной массы растений на 19 $г/м^2$ в рекомендованной технологии и на 22 $г/м^2$ в технологии No-till (таблица 7).

В фазе цветения надземная масса растений гороха при посеве по технологии No-till была больше, чем в рекомендованной технологии, но без внесения минеральных удобрений различия в 75 $г/м^2$ недостоверны, а при их внесении преимущество технологии No-till на 186 $г/м^2$ математически доказуемо.

Таблица 7 – Динамика вегетативной массы растений гороха, г/м²
(среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Вариант	Фенологическая фаза		
		Стеблевание	Цветение	Полная спелость
Рекомендованная	Без удобрений	325	2230	577
	N ₁₀ P ₄₀	344	2427	632
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	248	1822	489
No-till	Без удобрений	330	2305	599
	N ₁₀ P ₄₀	352	2613	672
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	325	2269	595
НСП ₀₅ для технологии		10	87	23
НСП ₀₅ для удобрений		12	99	26
НСП ₀₅ для частных различий		16	113	30

При этом вегетативная масса растений при посеве гороха после промежуточной озимой ржи в технологии No-till, составив 2269 г/м², была близка к таковой на удобренном фоне – различие на 36 г/м² математически не доказуемо, тогда как при таком же посеве культуры по рекомендованной технологии их сырая масса в 1822 г/м² была достоверно меньше, чем в технологии No-till, и существенно уступала таковой при посеве гороха в рекомендованной технологии без промежуточной озимой ржи.

3.13. Урожайность и качество продукции. Самая высокая урожайность за годы исследований получена при посеве гороха по технологии No-till с внесением минеральных удобрений и составила 2,64 т/га, что достоверно больше, чем без внесения удобрений и возделывании по рекомендованной технологии. Самая низкая после почвопокровной озимой ржи, но по технологии No-till она существенно больше, чем по рекомендованной технологии (таблица 8).

Внесение минеральных удобрений существенно увеличивало урожайность гороха по обеим технологиям, но в технологии No-till прибавка урожая от их применения достоверно больше, чем в рекомендованной технологии. Это говорит о более эффективном использовании действующих веществ удобрений в этой технологии, что обусловлено лучшей обеспеченностью посевов влагой.

Существенно большую урожайность гороха в технологии No-till с внесением минеральных удобрений обеспечила самая высокая густота стояния растений, которая составила 120 шт/м², что достоверно на 8–9 шт/м² больше, чем по рекомендованной технологии, и на

14–15 шт/м² больше, чем при посеве гороха после промежуточной озимой ржи по обоим технологиям.

Таблица 8 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на урожайность гороха, т/га

Технология	Вариант	Год			Среднее	Прибавка от	
		2019	2020	2021		технологии	удобрения
Рекомендованная	Без удобрений	1,20	2,21	3,30	2,24	–	–
	N ₁₀ P ₄₀	1,06	2,40	3,81	2,42	–	0,18
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,95	1,80	3,01	1,92	–	–
No-till	Без удобрений	1,19	2,12	3,42	2,24	0	–
	N ₁₀ P ₄₀	1,12	2,56	4,24	2,64	0,22	0,40
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,07	2,39	3,38	2,28	0,36	–
HCP ₀₅ для технологии		0,05	0,15	0,11	0,13	–	
HCP ₀₅ для удобрений		0,08	0,17	0,14	0,18	–	
HCP ₀₅ для частных различий		0,12	0,19	0,19	0,21	–	

Большими были также количество бобов на растениях и масса 1000 семян – 3,23 шт. и 193,4 г, что также достоверно на 0,10–0,23 шт. и 7,8–11,4 г больше, чем при посеве гороха по технологии No-till без внесения удобрений и его возделывании по рекомендованной технологии после промежуточной культуры по обоим технологиям. При этом технологии и разные фоны возделывания культуры не оказали существенного влияния на содержание в горохе сырого протеина – 22,8–23,3 % во всех вариантах опыта.

3.14. Экономическая эффективность возделывания гороха в зависимости от технологии, минеральных удобрений и промежуточной почвопокровной культуры. В обеих технологиях самые низкие производственные затраты при возделывании гороха без внесения минеральных удобрений, но по рекомендованной технологии они составили 20331 руб/га, тогда как в технологии No-till – 14518 руб/га, что на 5815 руб/га, или на 28,6 %, меньше. Внесение удобрений приводило к увеличению расходов на возделывание культуры на 3515 руб/га, или на 17,3 %, по рекомендованной технологии и на 3663 руб/га (25,2 %) по технологии No-till. Посев промежуточной почвопокровной озимой ржи в рекомендованной технологии приводил к дополнительным затратам на 1891 руб/га (7,9 %) по сравнению с возделыванием при внесении удобрений и на 5140 руб/га (25,3 %) в сравнении с посевами без их применения (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние технологии, удобрений и почвопокровной культуры на экономическую эффективность возделывания гороха

Показатель	Технология					
	Рекомендованная			No-till		
	Без удобрений	N ₁₀ P ₄₀	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	Без удобрений	N ₁₀ P ₄₀	N ₁₀ P ₄₀ + ППК
Общая стоимость продукции, руб/га	49280	53240	42240	49280	58080	50160
Затраты труда, чел.-ч/га	12,8	13,0	15,9	5,5	5,7	7,3
Затраты труда, чел.-ч/т	5,7	5,4	8,3	2,5	2,2	3,2
Себестоимость, руб/т	9076	9855	13406	6481	6887	8801
Затраты, руб/га	20331	23850	25741	14518	18181	20066
Прибыль, руб/га	28949	29390	16499	34762	39899	30094
Рентабельность, %	142,4	123,2	64,1	239,4	219,5	149,9

Благодаря самой высокой прибыли, а также самым низким затратам труда на производство 1 т гороха – 2,2 чел.-ч, наиболее экономически эффективным является выращивание гороха по технологии No-till с внесением минеральных удобрений, где получена самая большая прибыль и самые низкие затраты труда на производство получаемой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По истечении двух ротаций четырёхпольного полевого севооборота количество агрономически ценных агрегатов в почве после гороха в обеих технологиях и дозах внесения минеральных удобрений одинаковое и в слое почвы 0,0–0,3 м составляет 51,6–58,6 %, что при коэффициенте структурности 1,17–1,25 характеризует как удовлетворительное состояние структуры. Посев промежуточной озимой ржи в рекомендованной технологии приводит к существенному снижению количества агрономически ценных агрегатов в слое почвы 0–20 см до 45,3–48,7 % и коэффициента структурности до 0,83–0,95, тогда как в технологии No-till наблюдается достоверное увеличение этих показателей в десятисантиметровом слое почвы соответственно до 66,8 % и 2,01.

Плотность сложения чернозема обыкновенного на 7–9-е годы применения технологии No-till во время посева и вегетации гороха зависела от режима его увлажнения. В засушливых условиях почва существенно переуплотнялась, но после выпадения осадков и во влажные годы находилась в диапазоне оптимальных значений для

роста и развития культуры. Эта закономерность наблюдалась по обеим технологиям.

В технологии No-till количество дождевых червей, обитающих в верхнем двадцатисантиметровом слое почвы, в 4,6 раза, а их живая масса в 5,3 раза больше, чем в рекомендованной технологии, на что положительное влияние оказывают отсутствие обработки почвы и постоянно находящиеся на поверхности растительные остатки ($r = 0,703$) в этой технологии. Дождевые черви оказали положительное влияние на водопроницаемость чернозема обыкновенного, когда в технологии No-till за 1 час наблюдений почва впитала 64,6 мм воды, что на 16,6 мм, или на 25,7 %, больше, чем в рекомендованной технологии.

В технологии No-till, независимо от внесения удобрений, перед посевом гороха в полутораметровом слое содержится 235 мм, в фазе цветения 155 мм продуктивной влаги, что достоверно на 70 и 45 мм, или на 42,4 и 40,9 %, больше, чем в обработанной по рекомендованной технологии почве. Посев промежуточной почвопокровной озимой ржи после уборки предшествующей гороху кукурузы приводит к достоверному снижению содержания продуктивной влаги в почве по обеим технологиям.

Микробиологическая активность слоя почвы 0,0–0,2 м под посевами гороха в технологии No-till достоверно больше, чем в рекомендованной технологии. Во все годы проведения опытов внесение удобрений не способствовало увеличению данного показателя, тогда как при посеве почвопокровной озимой ржи активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов существенно – в 1,6–2,3 раза увеличивалась по обеим технологиям. При этом в рекомендованной технологии в этом слое почвы было 16000 КОЕ/г микроскопических грибов, вызывающих болезни корневой системы растений, что достоверно на 6500 КОЕ/г, или на 40,6 %, больше, чем в технологии No-till.

При возделывании гороха по технологии No-till наблюдается достоверно большее увеличение содержания подвижного фосфора во время его цветения в слое почвы 0,0–0,3 м, чем в рекомендованной технологии. Концентрация подвижного калия в этой технологии существенно увеличилась только в верхнем десятисантиметровом слое и достоверно снижалась в слое почвы 0,2–0,3 м.

После двух ротаций четырехпольного полевого севооборота содержание гумуса в тридцатисантиметровом слое почвы в поле гороха, возделываемого по технологии No-till без внесения минеральных удобрений, составило 3,89 %, что достоверно на 0,22 % больше, чем в рекомендованной технологии. Внесение минеральных удобрений под все культуры севооборота не оказало существенного влияния на увеличение этого показателя по обеим технологиям.

Во все годы проведения опытов продуктивной влаги в слое почвы 0,0–0,2 м перед посевом гороха достоверно больше в технологии No-till, но количество всходов культуры без внесения удобрений было одинаковым – 128–129 шт/м², так как осенне-зимние запасы влаги в почве и выпадающие после посева осадки обеспечили прорастающие семена влагой. При внесении удобрений количество всходов по обеим технологиям достоверно снижалось до 122–124 шт/м², и самое низкое оно было после промежуточной почвопокровной озимой ржи – 107 шт/м² в рекомендованной технологии и 116 шт/м² в технологии No-till. На сохранность же растений гороха в течение вегетации технологии его возделывания, вносимые минеральные удобрения и промежуточная почвопокровная культура существенного влияния не оказали.

Самый большой фотосинтетический потенциал (1,38 млн м²×сутки/га) и сырую надземную массу – 2613 г/м² формируют посевы гороха по технологии No-till с внесением минеральных удобрений. Без их внесения и посев культуры после промежуточной почвопокровной озимой ржи приводит к существенному снижению фотосинтетического потенциала посевов на 0,13 и 0,23 млн м²×сутки/га и вегетативной массы растений на 308 и 344 г/м². Математически доказуемое уменьшение этих показателей наблюдается и при возделывании гороха по рекомендованной технологии.

Достоверно самую высокую урожайность горох обеспечил при возделывании по технологии No-till с внесением минеральных удобрений – 2,64 т/га, что произошло благодаря самым высоким показателям густоты стояния растений (120 шт/м²), количества бобов на растениях (3,23 шт.) и массы 1000 семян – 193,4 г, которые существенно больше, чем при возделывании гороха по рекомендованной технологии и его посеве после промежуточной почвопокровной культуры по обеим технологиям.

Наиболее экономически эффективным является выращивание гороха по технологии No-till с внесением минеральных удобрений, где получена самая большая прибыль (39899 руб/т) и самые низкие затраты труда на производство 1 т гороха – 2,2 чел.-ч. Возделывание гороха по рекомендованной технологии приводит к уменьшению экономической эффективности из-за снижения урожайности и увеличения производственных затрат на его выращивание.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

На черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья горох после кукурузы на зерно эффективнее возделывать по технологии No-till с внесением рекомендованной дозы минеральных удобрений.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в иностранном издании, входящем в базу данных Scopus:

1. Spatial prediction and technigues for reducing soil compaction in the central pre-caucasus region / Y. A. Kuzychenko, R. G. Gadzhumarov, **A. N. Dzhandarov** and N. A. Gorshkova // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2019. – V. 10 (1). – P. 1420–1425. DOI: 10.25930/m1r6-h929

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

2. Дридигер, В. К. Рост, развитие и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, **А. Н. Джандаров** // Вестник АПК Ставрополя. – 2021. – № 3 (43). – С. 27–31. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-27-30
3. Дридигер, В. К. Агрофизические свойства почвы и урожайность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, **А. Н. Джандаров** // Известия Оренбургского ГАУ. – 2021-1. – № 6 (92). – С. 76–80. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-76-80
4. Влияние технологии возделывания на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / **А. Н. Джандаров**, Р. Г. Гаджиумаров, Н. А. Горшкова, В. К. Дридигер // Известия Горского ГАУ. – 2022. – Т. 59, № 1. – С. 20–26. DOI: 10.54258/20701047-2022-59-1-20
5. Гаджиумаров, Р. Г. Водопроницаемость и накопление влаги в почве при её возделывании по технологии No-till / Р. Г. Гаджиумаров, **А. Н. Джандаров**, В. К. Дридигер // Аграрная наука. – 2022. – № 5. – С. 67–71. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-67-71
6. Влияние технологии No-till на содержание супрессивной и патогенной микрофлоры в почве / В. К. Дридигер, Р. Г. Гаджиумаров, **А. Н. Джандаров**, Д. В. Котляров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – Т. 52, № 4. – С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-1

Публикации в других изданиях:

7. **Джандаров, А. Н.** Анализ динамики площади посевов, урожайности и валовых сборов гороха в Ставропольском крае / **А. Н. Джандаров** // Новости науки в АПК – Выпуск по матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» в Северо-Кавказском

- ФНАЦ 27–28 сентября 2018 г. – Ставрополь : Северо-Кавказский ФНАЦ, 2018. – № 2 (11). – С. 119–122.
8. **Джандаров, А. Н.** Динамика урожайности, площади посевов и валовых сборов гороха в Ставропольском крае / А. Н. Джандаров // Современные тенденции развития науки и технологий : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. в Ставропольском ГАУ 17–19 октября 2018 г. – Ставрополь, 2018. – С. 32–35.
 9. **Джандаров, А. Н.** Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства почвы и урожайность гороха / А. Н. Джандаров // Новости науки в АПК – Выпуск по матер. VII Междунар. конф. «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» в Северо-Кавказском ФНАЦ 3–4 октября 2019 г. – Ставрополь : Северо-Кавказский ФНАЦ, 2019. – № 3 (12). – С. 431–435. DOI: 10.25930/2218-855x/109.3.12.2019
 10. **Джандаров, А. Н.** Продуктивность гороха в зависимости от технологии возделывания в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Джандаров // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 1 (13). – С. 23–28. DOI: 10.25930/0372-3054/004.1.13.2020
 11. **Джандаров, А. Н.** Влияние технологии возделывания на рост, развитие и урожайность гороха / А. Н. Джандаров // Новости науки в АПК – Выпуск по матер. IX Междунар. конф. «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного комплекса» в Северо-Кавказском ФНАЦ 28 октября 2021 г. – Ставрополь : Северо-Кавказский ФНАЦ, 2021. – № 2. – С. 172–176. DOI: 10.25930/2218-855x/047.2.2021
 12. **Джандаров, А. Н.** Эффективность технологии no-till при возделывании гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Джандаров // Актуальные вопросы развития идей В. В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. в ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В. В. Докучаева» 14–16 июня 2022 г. – Москва, 2022. – С. 227–233.

Подписано в печать 19.04.2023.

Формат 60x84 ^{1/16}. Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Заказ № 184. Тираж экз.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ
«АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

