

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ЦЕНТР»

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

Д и с с е р т а ц и я

на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор с.-х. наук, профессор
Дридигер В.К.

Ставрополь 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	8
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
2.1. Почвы зоны и опытного участка.....	35
2.2. Климатические условия зоны.....	37
2.3. Метеорологические условия проведения исследований.....	39
2.4. Методика исследований.....	43
3. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ	48
3.1. Структура почвы	48
3.2. Плотность сложения почвы	50
3.3. Количество дождевых червей и водопроницаемость почвы	56
3.4. Обеспеченность растений влагой	60
3.5. Целлюлозоразлагающая активность почвы.....	65
3.6. Обеспеченность растений элементами питания.....	70
3.7. Содержание гумуса в почве	74
4. РОСТ И РАЗВИТИЕ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УДОБРЕНИЙ.....	77
4.1. Полевая всхожесть семян	77
4.2. Фенологические фазы роста и развития растений	81
4.3. Густота стояния и сохранность растений	83
4.4. Фотосинтетическая деятельность посевов	85
4.5. Динамика вегетативной массы растений	88
5. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ГОРОХА.....	96
5.1. Урожайность	96
5.2. Структура урожая.....	97
5.3. Качество продукции	98
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА В	

ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОЧВОПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	105
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	108
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	136

ВВЕДЕНИЕ

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. В свою очередь, горох является хорошим предшественником при построении севооборота, в особенности для озимой пшеницы.

Площадь посева гороха в Ставропольском крае с 2013 по 2017 гг. увеличилась с 134,3 до 166,6 тысяч гектаров, что составляло 3,4 и 4,2 % от краевой площади посева сельскохозяйственных культур, чего явно недостаточно для обеспечения населения и животноводства растительным белком. Однако дальнейшего роста посевной площади гороха в Ставропольском крае не наблюдается, что обусловлено сильными колебаниями его урожайности, когда при средней урожайности 1,5-2,0 т/га в засушливые годы она снижается до 0,6-0,8 т/га.

В настоящее время в нашей стране все большее распространение получает возделывание сельскохозяйственных культур по технологии No-till, в которой почва не обрабатывается. В Ставропольском крае под эту технологию отведено 245,7 тыс. га, из которых более 25 тыс. га занимает горох. В результате этого научный и практический интерес вызывает возможность и эффективность возделывания гороха по технологии No-till на чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья без применения удобрений и с их применением, а также использования промежуточной почвопокровной культуры.

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 дан-

ных, 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.

Личный вклад соискателя заключается в разработке программы и методики исследований, закладке и проведении полевого эксперимента и лабораторных исследований, получении исходных данных, обобщении и анализе полученных результатов, и внедрении их в производство, написании рукописи диссертации, а также подготовке научных публикаций по выполненной работе.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается экспериментальными данными, полученными в многолетних 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, 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 состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы (238 наименования, из них 17 на иностранных языках) и 21 приложения. Работа изложена на 157 страницах машинописного текста, иллюстрирована 40 таблицами и 6 рисунками.

Выражаю искреннюю благодарность своему научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Дридигеру Виктору Корнеевичу за доброе отношение, консультации и наставления во время проведения исследований и подготовки диссертационной работы. Благодарю сотрудников лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур и лаборатории почвоведения и агрохимии Северо-Кавказского ФНАЦ за советы и оказанную помощь при выполнении полевых и лабораторных исследований.

1. Биологические особенности и технология возделывания гороха (обзор литературы)

В мире зернобобовые культуры составляют примерно 27 % валового производства всех сельскохозяйственных культур, из которых получают около 33 % белка, потребляемого человечеством (Guidon M.F., 2021). При этом одной из самых известных и распространенных зернобобовых культур является горох посевной (*Pisum sativum L.*).

В Российской Федерации горох, занимая более 80 % площади зернобобовых культур, является основной зернобобовой культурой (Айтемиров А.А., Бабаев Т.Т., Айтемирова Д.А., Махадов А.К., 2015). Обусловлено это тем, что семена гороха, содержащие около 20 % переваримого протеина, являются концентрированным источником пищевого белка, и по этому показателю могут заменить мясо, так как белок гороха усваивается организмом человека гораздо лучше, чем белки животного происхождения (Зотиков В.И., 2009).

Если говорить о пищевой ценности семян этой культуры, то они отличаются хорошими вкусовыми качествами, в них содержится большое количество аминокислот (в том числе незаменимых), витаминов и углеводов, в которых нуждается человеческий организм (Савельев В.А., 2018; Hall C., Hillen C., Robinson J.G., 2017; Venkidasamy et al., 2019, Казыдуб Н.Г., 2018). Из него производят гороховую крупу, муку, консервы и другую высокопитательную пищевую продукцию. Приготовленные из его плодов отвары используют в качестве вспомогательных средств для лечения самых разнообразных патологий (Мартьянова А.И., 2001; Давлетов Ф.А., 2005; Наумова Н.П., Михелина Н.В., Катюшин Е., 2021).

Горох обладает и высокими кормовыми достоинствами. В расчете на 1 кормовую единицу он содержит 150 г перевариваемого протеина, обеспечивая высокую протеиновую питательность рациона животных. Для кормления животных его используют в составе концентрированных кормов, для приготовления силоса, горохового сена, нередко используют в виде зелёного корма (Савельев В.А., 2018; Venkidasamy D. et al., 2019).

Горох ценен ещё и тем, что как бобовое растение способен усваивать сво-

бодный азот из воздуха с помощью клубеньковых бактерий (Филатов В.И., 2003; А.А. Завалин, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева, 2019). Поэтому он после уборки оставляет в почве сравнительно большое количество биологического азота, а именно более 50 кг/га, что в переводе на аммиачную селитру составляет 100-150 килограммов этого удобрения на 1 гектар (Новиков В.М., 2012). По сообщению С.И. Коржова, Р.Д. Джамалова и Е.А. Гранкина (2017) возделывание гороха в севообороте позволяет экономить 10-15 % техногенной энергии, используемой при выращивании сельскохозяйственных культур.

Горох является однолетним травянистым растением семейства бобовых. Стебель у него полегающий, полый, простой или штамбовый от светло-зелёной до тёмно-сизо-зелёной окраски. Листья непарноперистые с 1-3 парами листочков, которые заканчиваются усиками, с помощью которых они цепляются друг за друга во избежание полегания. Цветки белые, обоеполые самоопыляющиеся, корневая система стержневая, хорошо разветвлённая. Плод гороха – плоский двухстворчатый боб, который часто называют стручком.

Являясь типичным азотфиксатором, корневая система гороха обладает уникальной способностью усваивать и использовать труднорастворимые и малодоступные для других растений минеральные соединения из пахотного слоя и с более глубоких почвенных горизонтов (Айтемиров А.А. и др., 2015). Так же установлено, что гороховое растение может извлечь Р (фосфор) из других соединений, когда другие растения не способны этого сделать (Sinjushin A., 2013; Gollany H.T. et al., 2021).

Однако по сравнению с многолетними бобовыми травами растения гороха оставляет в почве существенно меньше органического вещества в виде корней и листостебельных остатков, поэтому они значительно меньше увеличивают содержание в почве азота и оказывают более слабое влияние на повышение почвенного плодородия (Передериева В.М., 2004). Но, тем не менее, по мнению Е.Ф. Мерецкой (2008) и В.М. Новикова (2012), растительные остатки гороха являются одним из элементов биологизации земледелия и способствуют естественному повышению плодородия почвы благодаря усилению её микробиологической и фермента-

тивной активности, что приводит к увеличению количества питательных веществ и повышению их доступности для последующих сельскохозяйственных растений. Поэтому горох признан очень хорошим предшественником для большинства полевых (сельскохозяйственных) культур (Гатаулина Г.Г., Бельшкіна М.Е., 2017; С. Hall., С. Hillen, J.G. Robinson, 2017).

Обладая высокой пластичностью, горох успешно возделывают в большинстве стран мира с умеренным или теплым климатом. В России горох возделывается почти повсеместно, но наибольшие площади расположены в Центральном и Центрально-Черноземном регионах, в Поволжье и на Северном Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, где он занимает до 85 % посевных площадей из всех зернобобовых культур (Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С., 2006; Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В., 2018).

За период с 2010 по 2018 гг. посевы гороха в Российской Федерации увеличились от 941,4 до 1327,7 тыс. га или в 2,6 раза, составляя 0,5 % от всей посевной площади сельскохозяйственных культур в 2010 году и 1,8 % в 2018 году (Карпова О.И., 2021). В 2020 году посевные площади данной культуры достигали 1353,7 тыс. га, что превысило площади посевов 2019 года на 5,8 % (Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А., 2021).

В Орловской области за тот же период площадь посева гороха варьировала от 17,2 до 33,2 тыс. га. При этом посевные площади не обладали постоянной тенденцией к увеличению, как в Российской Федерации (Смит И.Н., 2021).

На юге нашей страны возделывание данной бобовой культуры очень перспективно, так как его семена пользуются большим спросом на внутреннем и внешнем рынках для производства продуктов питания и в качестве высокобелкового корма для животных и птицы (Тедеева А.А., Оказова З.П., 2016). По сообщению Н.Н. Вошедского и В.А. Кулыгина (2021) в Ростовской области в последние годы посевные площади, занятые под горохом составляют 134,7 тыс. га, или 9,4 % от его посевов в стране. По мнению В.И. Зотикова (2018), Е.В. Пучкова, Н.А. Коробова и А.П. Коробова (2020) это крайне недостаточно для развития сельского хозяйства области.

В Ставропольском крае горох является самой распространенной и востребованной зернобобовой культурой, что отражается на динамике площади его посева. Если в 2013 году горох сеяли на 134,3 тыс. га, что составляло 3,4 % от краевой посевной площади, то в 2017 году площадь возросла до 166,6 тыс. га, а его доля увеличилась до 4,2 % (Джандаров А.Н., 2018). Урожайность гороха по годам крайне нестабильна и подвержена сильным колебаниям – от 1,34 до 3,14 т/га, что приводит к варьированию его валовых сборов от 181,6 до 530,7 тыс. т (Джандаров А.Н., 2018-1).

По мнению А.А. Лысенко (2020); С.В. Усенко, В.И. Усенко (2018); Е.В. Medvedeva (2018) это происходит из-за недостаточного раскрытия потенциала урожайности гороха, что во многом обусловлено недостаточной научной обоснованностью технологии возделывания культуры, особенно в засушливые годы, которые на Ставрополье бывают очень часто.

В целом горох является менее требовательным к почвенно-климатическим условиям по сравнению с другими зернобобовыми культурами (Савельев В.А., 2018). А.Х. Куликова и Г.В. Сайдяшева утверждают, что решающим фактором в получении высокого и стабильного урожая гороха являются погодные условия, основным их которых является количество и равномерность выпадающих осадков. Обусловлено это тем, что достаточное количество влаги в почве создаёт благоприятные условия, как для набухания и прорастания семян, так и для лучшего роста растений, что особенно важно в зоне недостаточного увлажнения.

Наиболее требователен горох к влаге в период от посева до бутонизации, так как в это время интенсивно растёт корневая система (Давлетов Ф.А., 2005). На юге страны в это время часто устанавливается сухая и жаркая погода, что требует разработки технологий и технологических приемов, обеспечивающих большее накопление и лучшее сохранение влаги осенне-зимних и ранневесенних осадков, которые растения могли бы использовать для формирования урожая в течение всего периода вегетации.

В этом отношении очень важно правильно разместить горох в севообороте, что определяется степенью окультуренности почвы, засорения поля сорняками,

его зараженностью болезнями и вредителями, уровнем удобрения предшественника и другими факторами. По сообщению Г.Р. Дорожко (2011) на юге России и в Ставропольском крае основным предшественником гороха является озимая пшеница, посеянная по чистому или занятому пару. Объясняется это тем, что во время парования происходит очищение поля от сорняков, в почве накапливается дополнительная влага атмосферных осадков, в ней увеличивается содержание нитратного азота и подвижного фосфора, что положительно влияет не только на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы, но и гороха. Кроме того, после уборки озимой пшеницы остается густая стерня, которая зимой накапливает больше влаги, а во время вегетации предотвращает её испарение с почвенной поверхности, что способствует лучшему обеспечению растений гороха влагой. Хорошими предшественниками этой культуры также являются пропашные культуры – сахарная свёкла и кукуруза.

В то же время В.М. Передериева (2004) не рекомендует высевать горох после подсолнечника, так как его падалица сильно засоряет посеvy. Также автор считает, что недопустимо размещение гороха по бобовым культурам, так как при повторном посеве наблюдается сильное распространение вредителей и возбудителей болезней, вызывающих резкое снижение урожайности. По этой причине О.В. Ложкина (2007) рекомендует возвращать горох на прежнее место не раньше, чем через 3-4 года, а для предупреждения развития клубеньковых долгоносиков и фузариоза (корневых гнилей) возвращать его на это же поле не раньше, чем через 6-8 лет. Однако, если не удалось предупредить развитие вредителей, то В.Н. Черкашин, Г.В. Черкашин и В.А. Коломыцева (2018) предлагает своевременно проводить химическую обработку очагов их распространения.

Являясь не сильно требовательным к предшественникам, горох сам является хорошим предшественником для других сельскохозяйственных культур. Исследованиями Н.Т. Gollany с коллегами (2021) установлено, что в условиях затяжного теплого периода, который характерен для южных регионов, после уборки гороха и до посева озимой пшеницы в почве накапливается меньше влаги, чем после чистого пара, но значительно больше, чем после других, особенно поздно

убираемых предшественников. Кроме того, по наблюдениям С. Hillen, J.G. Robinson (2017) пожнивно-корневые остатки этого бобового растения быстро разлагаются, чем стимулируют биологическую активность почвенной микрофлоры, и высвободившиеся при этом элементы питания следующие культуры севооборота используют для формирования урожая. Поэтому горох в качестве предшественника озимой пшеницы обеспечивает не только прибавку урожая на 10-20 ц/га (Брежнева В.И., Чумаковский М.Н., 2006), но и повышает её хлебопекарные качества (Наумова Н.П., Михелина Н.В., Катюшина Е., 2021).

В настоящее время возделывание гороха в большинстве хозяйств региона, в котором проводили исследования (Ставропольский край) происходит по традиционной или, иными словами, рекомендованной научными учреждениями (Ставропольский ГАУ и Ставропольский НИИСХ) региона технологии, в которой предусмотрены основная зяблевая, промежуточные и предпосевная обработки почвы, которые в структуре материально-технических затрат на возделывание культуры составляют 30-35 % и более. По мнению Л.Ю. Рыжих (2016) такая система обработки почвы играет большую агротехническую роль в улучшении физико-химических и агрофизических свойств почвы, её водного и пищевого режимов, а также создании благоприятной фитосанитарной обстановки для формирования урожая культурными растениями.

По сообщению В.И. Филатова (2003) и В.Д. Соловиченко с коллегами (2018) на европейской территории Российской Федерации основная зяблевая обработка под горох включает лущение стерни сразу после уборки предшественника и вспашку. На чернозёмных почвах глубина вспашки под горох достигает 25-27 см. После вспашки после раноубираемых предшествующих культур с целью уничтожения появляющихся всходов сорняков, рыхления и выравнивания почвенной поверхности проводят от 1 до 3 культиваций в агрегате с зубowymi боронами.

При возделывании гороха после зерновой кукурузы В.И. Зотиков (2009) в Орловской области и Д.В. Дубовик (2020) в Курской области на черноземных почвах рекомендуют вначале сработать дисковыми боронами (тяжёлыми), кото-

рые хорошо измельчают и перемешивают растительные остатки с верхним слоем почвы. Это обеспечивает лучшую заделку пожнивных остатков в более глубокие почвенные горизонты при отвальной обработке, проводимой на глубину 23-25 см, так как горох хорошо отзывается на глубокую обработку почвы. В Ставропольском крае О.И. Власова (2011) считает, что при посеве гороха после кукурузы отвальную обработку почвы необходимо проводить на принятую в регионе глубину, которая составляет 20-22 см, а также автор рекомендует для лучшей заделки сухих растительных остатков перед её проведением провести двукратную обработку тяжелыми дисковыми орудиями. На такую же глубину рекомендуют проводить вспашку под горох В.И. Турусов, В.М. Гармашов (2018) и В.Н. Гармашов, И.М. Корнилов и Н.А. Нужная (2019) на черноземах Воронежской области.

Ю.А. Кузыченко (2005) считает, что в Ставропольском крае под горох лучше всего применять лущение стерни в 2 следа на глубину 6-8 см сразу после уборки предшественника. При появлении всходов сорных или падалицы культурных растений такую обработку повторить один-два раза на глубину 8-10 см. При появлении всходов многолетних корнеотпрысковых сорняков вторую обработку проводить тяжелыми культиваторами в агрегате с тяжелыми зубовыми боронами. Такую подготовку почвы к посеву гороха автор назвал улучшенной зябью.

С.В. Гаркуша с коллегами (2009) рекомендуют на полях, где есть опасность проявления водной эрозии глубину основной обработки увеличить до 30-40 см, и проводить её безотвальными орудиями, или безотвальную обработку чередовать с отвальной. В сухостепных районах, где довольно часто наблюдается ветровая эрозия, в обязательном порядке сохранять стерню и измельченную солому на поверхности почвы для её предохранения от выдувания почвенных частиц, так как дефляция и водная эрозия способствуют деградации почв (Подколзин О.А. и др., 2019).

Однако следует отметить, что при имеющихся, казалось бы, четких рекомендаций по системе обработки почвы под горох, особенно на Европейской территории Российской Федерации, В.Д. Соповиченко с коллегами (2018), О.А. Целуйко (2019) и П. Безгодовой с коллегами (2020) считают, что вопрос о техноло-

гии рациональных способов обработки почвы при производстве гороха остаётся дискуссионным. Своё мнение они объясняют тем, что все предложенные способы обработки не идеальны с точки зрения качества подготовки почвы к посеву, накопления и сохранения почвенной влаги и устойчивости почв к дефляции и водной эрозии, особенно при отвальной обработке.

Тем не менее, при всех способах зяблевой обработки, на юге России, где горох сеется рано весной, с осени следует провести выравнивание почвы, чтобы рано весной без задержки произвести посев гороха. По наблюдениям Р.Н. Журба (2008) именно такая технология подготовки почвы создает самые лучшие условия влагообеспеченности для получения своевременных и дружных всходов этой культуры.

Для формирования 1 т зерна и соответствующей вегетативной массы гороху в условиях Орловской области необходимо азота – 0,45-0,60 кг, фосфора – 0,15-0,20, калия – 0,35-0,40, кальция – 0,19-0,30, магния – 0,01-0,02 кг, а также нужны молибден и бор, и другие микроэлементы (Зотиков В.И., 2009). Аналогичная потребность гороха в элементах питания установлена и А.А. Жученко с коллегами (2011) на черноземах обыкновенных Ставропольского региона: 0,49-0,58 кг азота, 0,10-0,20 фосфора и 0,16-0,20 кг калия для получения 1 т зерна.

Большая потребность гороха в элементах питания обуславливает его высокие требования к их наличию в почве в форме, которая доступна для растений. Поэтому, В.И. Летуновский (1986) считает, что при выращивании этой культуры очень важно вносить научно обоснованные дозы удобрений не только под горох, но и под все культуры севооборота с одновременным обеспечением сохранения и повышения плодородия почв. К тому же, учёными Красноярского научного центра СО РАН установлена положительная корреляция признаков продуктивности гороха от наличия в почве основных элементов питания (Кожухова и др., 2022).

Особенностью гороха, по мнению В.М. Пенчукова (2005), является его хорошая отзывчивость повышением урожайности на внесение именно фосфорно-калийных удобрений и молибденовых микроудобрений, а учёные Ставропольского государственного аграрного университета (А.А. Жученко и др., 2011) в каче-

стве основного рекомендуют вносить минеральные удобрения в дозе $N_{20-40} P_{40-60}$ и семена обрабатывать молибденом и ризоторфином. Ставропольский НИИ сельского хозяйства (Кулинцев В.В. и др., 2013) рекомендуют под горох вносить $N_{10}P_{40}$.

Кроме того, горох очень отзывчив на микроэлементы (Мо) и регуляторы роста, а для повышения симбиотической азотфиксации целесообразно применение молибденсодержащих удобрений на фоне нитрагинизации, особенно при севе на тех участках, на которых горох давно не возделывали.

При планировании системы удобрений под горох обязательно следует учитывать его способность к азотфиксации, в связи с чем, по мнению В.А. Савельева (2018) и Hall C., Hillen C., Robinson J.G. (2017) азотные удобрения следует применять в минимальных дозах. В то же время, для хорошего роста и развития растений они на первом и третьем этапах органогенеза должны быть хорошо обеспечены минеральным азотом, для чего нужно применять азотные удобрения. Однако С.Н. Волков (2018) предупреждает, что большие дозы азотных удобрений могут вызвать чрезмерно большое содержание нитратов в зерне. При этом сами по себе нитраты являются резервным фондом азота для роста растений и не оказывают пагубного воздействия на ход формирования урожая.

Горох хорошо использует последствие органических удобрений, внесенных под предшествующие культуры. К тому же внесение органических удобрений и известкование кислых почв способствует улучшению их физических и химических свойств, что также положительно сказывается на росте и урожайности гороха (Зотиков В.И., 2009).

В то же время в литературе имеются противоречивые мнения о эффективности применения под горох минеральных туков. В опытах М.Т. Голопятова, В.А. Емельянова, В.И. Летуновского (1983) внесение под эту культуру сложных минеральных удобрений не приводило к росту его урожайности и повышению качества зерна. Такой же результат от внесения минеральных удобрений на хорошо окультуренных и плодородных почвах получили В.Т. Рымарь с коллегами (2005) и В.И. Желтухина (2019). В исследованиях же М.Н. Понедельченко и Н.С. Соко-

рева (2004) действие минеральных удобрений на выщелоченном чернозёме Белгородской области в большинстве зависело от времени выпадающих осадков и их количества в течение вегетации культуры.

Важным условием, для получения хороших урожаев является ещё и правильный подбор сортов и норм высева семян. По мнению Д.В. Жбанова (2011), А.А. Лысенко (2020), Е.В. Пучковой, Н.А. Коробовой и А.П. Коробова (2021) в Российской Федерации достаточно много сортов гороха отечественной селекции, которые по урожайности и другим хозяйственно-биологическим свойствам не уступают лучшим зарубежным сортам. По сообщению И.А. Филатова (2019) в южной лесостепи Центрально-Черноземной зоны наиболее урожайным является сорт гороха Фокор с нормой высева 1,0 млн./га.

На Ставрополье В.М. Пенчуков (2005) рекомендовал норму высева гороха устанавливать в зависимости от климатических и почвенных условий: в засушливой почвенно-климатической зоне высевать 0,8-1,0 млн./га всхожих семян, в зоне неустойчивого увлажнения – 1,2-1,4, достаточного увлажнения – 1,2-1,5 млн. шт./га.

Следует отметить, что данное растение не способно к кущению, поэтому посев необходимо провести в самые ранние весенние сроки. По требованию к почве гороху благоприятны вспушенные и достаточно прогретые солнечным светом почвы. Как утверждают многие авторы научных трудов, то запоздание в сроках посева гороха приведёт к резкому снижению основного показателя – урожайности и, в связи с этим необходимо очень серьёзно подходить к данным требованиям. Для того чтобы добиться получения дружных и хороших всходов этой культуры необходимо, чтобы почва была прогрета на глубине заделки семян до 8 °С. Тогда время появления полных всходов, в зависимости от погодных условий примерно составляет от 2 до 4 недель.

Как известно гороху необходимо большое количество воды для его прорастания и это очень важно учитывать при выборе глубины заделки семян. Общепринято стало сеять на глубину 4-6 см (конечно же, учитывая тип почвы и местность). При необходимости сева в экстренно ранние сроки допустимо повышать

норму высева на 20-30 % (Шпаар Д. и др., 2000). При уборке следует учитывать, что семена гороха созревают неравномерно, а зрелые бобы легко растрескиваются и зёрна выпадают, что приводит к большим потерям урожая. Посевы образуют переплетённый растительный ковер, особенно когда стеблестой полёглый, поэтому уборку начинают тогда, когда третья часть их, считая снизу, побелеет, а семена в них затвердеют.

Биологической особенностью гороха является замедленный рост растений в начале вегетационного периода. По этой причине горох в это время слабо конкурирует с сорняками, что может привести к увеличению засоренности посевов и, как следствие, значительному снижению его урожайности (Шпанев А.М., 2010).

Для эффективной борьбы с сорняками в посевах гороха необходимо сочетание агротехнических и химических способов. Из агротехнических мер большую эффективность в борьбе с сорняками проявляет боронование посевов гороха легкими или средними зубowymi боронами до и после появления всходов (Морозов В.И., Тойгильдин А.Л., Подсёвалов М.И., 2018). Проведёнными сотрудниками Башкирского НИИСХ исследованиями также установлено, что наилучшим результатом для снижения засорённости посевов гороха служит применение боронования (повсходовое) в сочетании с опрыскиванием гербицидами. В этом случае гибель сорняков составила 92 % (Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Сафин Ф.Ф., 2022). Довсходовое боронование рекомендуется проводить через несколько дней (четыре-пять) после его посева, когда сорняки наиболее уязвимы от действия зубовой бороны (в фазе белых нитей), а ростки семян гороха находятся ещё на глубине 3-4 см; послеvсходовое боронование проводят до того как растения гороха достигнут высоты 8-10 см (Исаев А.П., 1971; Кузыченко Ю.А., 2005).

Из химических мер для борьбы с сорняками используют гербициды, допущенные к использованию на посевах гороха. Но помимо хорошей эффективности необходимо учитывать чувствительность гороха к применяемому гербициду, его влияние на рост, развитие растений в течение вегетации и, в конечном итоге, на урожайность и качество получаемой продукции (Демидова В.Н., 2009; Тойгильдин А.Л., Подсёвалов М.И., Мустафина Р.А., 2021). Немаловажным при этом яв-

ляется изучение последствий гербицидов на последующую культуру севооборота (Лаптев А.Б., 2010).

Таким образом, в Ставропольском крае (а именно в зоне неустойчивого увлажнения) в общепринятой или же рекомендованной научными учреждениями технологии возделывания гороха его следует размещать в севообороте после озимой пшеницы, зерновой кукурузы или сахарной свёклы, после уборки которых проводить двухкратную обработку дисковыми орудиями и отвальную зяблевую вспашку с её осенним выравниванием. Рано весной, когда почва достигает физической спелости, проводят предпосевную культивацию и посев (норма высева семян, принятая в регионе, составляет 1,2-1,4 млн./га всхожих семян), который необходимо проводить без разрыва с предпосевной подготовкой почвы. Борьбу с сорняками следует вести путем боронования посевов и применения гербицидов во время вегетации культуры.

Следует отметить, что механическая обработка почвы в рекомендованной технологии возделывания гороха является неотъемлемой частью, которая включает в себя дискование, вспашку, культивации и боронование. Но эти технологические приёмы весьма затратны и энергоёмки, что сказывается на увеличении себестоимости зерна гороха. К тому же исследователи Аграрного научного центра «Донской» и Донского государственного технического университета С.И. Камбулов, Ю.А. Семенихина и Е.Б. Дёмина (2022) установили, что растения гороха положительно реагируют на увеличение вегетационного периода, что позволяет более продолжительное время формировать более высокий урожай гороха. Но этого возможно достигнуть благодаря отказу от механической обработки почвы.

По мнению А.А. Жученко с коллегами (2011) и Л.Ю. Рыжих (2016) на механическую обработку почвы (общепринятых и рекомендованных технологий) приходится от 20 до 40 % затрат на топливо, амортизацию и ремонт техники, заработную плату и другие материально-технические ресурсы, что в конечном итоге приводит к снижению главного показателя – экономической эффективности производства культуры (Solodovnikov A.P. et al., 2018). Рост же цен на энергоносители ведёт к нехватке производственных ресурсов и по этой причине работы

выполняются не в лучшие агротехнические сроки, что также ведет к уменьшению урожайности и снижению экономической эффективности сельскохозяйственного производства (Рыжих Л.Ю., 2016; Усенко С.В., Усенко В.И., 2018; Тойгильдин А.Л. и др.2017).

Кроме того, общепринятые методы механической обработки почвы приводят к снижению содержания в ней гумуса, снижается почвенно-биологическая активность и проявляется эрозия, что приводит к деградации почвы (Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Коротких Н.А., 2013; Богомазова С.В. и др., 2015) и, как следствие, наблюдается снижение урожайности возделываемых культур (Сафин Х.М., Фасрисламов Р.С., Шварц Л., 2011). К такому же результату приводит переуплотнение подпахотного горизонта и возникновение плужной подошвы в результате механических обработок. По сообщению В.А. Банькина (2006) мощные тракторы, в результате прохождения по полю сильно деформирует почву на глубину от 0,5 до 0,7 м, и вследствие этого товаропроизводитель получает недобор урожая на следующий год, который составляет не менее 27-30 %.

Зарубежные учёные Р. Voivin (2013) M.J. Briones (2017) сообщают, что в связи с тем, что механическая обработка почвы приводит к ускоренной минерализации почвенного органического вещества, поэтому в европейских почвах его в настоящее время содержится на 45 % меньше исходных значений. В таких странах как Аргентина и США чернозёмы потеряли почти половину верхнего плодородного слоя почвы, что произошло по утверждению авторов вследствие столетней интенсивной механической обработки почвы.

По этой же причине за последнюю половину века в России по информации Е.Н. Кузиной (2013) Л.Ф. Литвина с коллегами (2017) и К.А. Мальцева с О.П. Ермалаевым (2019) произошло ухудшение плодородия сельскохозяйственных угодий (более чем в два раза). Почвы Центрально-Черноземной зоны имеют ту же проблему, где количество гумуса сократилось практически в два раза (с 8-10 до 3-4 %). По информации Н.П. Чекаева и А.Ю. Кузнецова (2016) М.А. Комиссарова и А. Клик (2020) на отдельных ландшафтах отмечена биологическая и физическая деградация, где в результате этого показатель содержания гумуса снизился до

критических показателей в 1,3 %

В связи с этим В.А. Савельев (2018), Hall C., Hillen C., Robinson J.G. (2017) считают, что очень актуален поиск менее затратных и экологически безопасных приемов основной обработки почвы. По мнению В.И. Кирюшина (1996) без дальнейшего совершенствования технологий обработки почвы невозможно говорить о повышении продуктивности сельскохозяйственных культур.

Одним из способов решения этого сложного и многогранного вопроса является минимизация почвообработки. Для этого уменьшали глубину обработки, применяли орудия, не оборачивающие почву (плоскорезы, глубокорыхлители), а по информации В.К. Дридигера (2011) использовали многофункциональные орудия, способные за один проход по полю выполнять до 4-5 и более технологических операций.

По мнению Е.И. Рябова (2003) минимизация почвообработки способствует сохранению и повышению почвенного плодородия, снижению затрат материально-технических и людских ресурсов, стабилизации и повышению объемов производства сельскохозяйственной продукции, и улучшению экологической обстановки в агроландшафтах. В своих исследованиях А.Г. Харченко (2011) установил, что в результате отказа от механической обработки почвы начинается восстановление и некоторое увеличение микробной активности почвы. Также автор поясняет, что основным условием этого процесса является увеличение содержания в ней углерода в результате разложения растительных остатков, который является пищей для многочисленных микроорганизмов, обитающих в почве.

Как считают Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов, (2013), В.И. Турусов, В.М. Гармашов (2019) и Г.Н. Черкасов с коллегами (2014) освоение ресурсо- и энерго-сберегающих технологий возделывания полевых культур обусловлено растущими ценами на горюче-смазочные материалы, доля которых в структуре производственных затрат производимой продукции постоянно увеличивается. В опытах В.М. Гармашова (2019) поверхностная обработка почвы позволяет существенно уменьшить материально-технические и финансовые затраты на 20-25 %, производственные затраты на 30-40 %, в том числе расход ГСМ в 1,5-2,0 раза, повысить

экономическую эффективность производства до 30 %, уменьшить ветровую и водную эрозию, повысить содержание гумуса в верхнем десятисантиметровом слое почвы и в большинстве случаев получать одинаковую урожайность зерна в сравнении с широко освоенной в производстве отвальной вспашкой.

Кроме того, переход на менее затратные технологии обработки обеспечивают сохранение, а в некоторых случаях даже повышение содержания и общих запасов органического вещества в почве (Бакиров Ф.Г., Петрова Г.В., 2014, Иванов В.М., 2007). Как утверждает Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов (2015) и Н. Blanco-Canqui et al. (2011) происходит это благодаря тому, что идёт снижение потери органики, так как происходит процесс замедления минерализации гумуса и наблюдается увеличение его лабильной части (в результате разложения растительных остатков, которые находятся на почвенной поверхности). Но, как показывает практика сельскохозяйственного производства, применение поверхностных обработок в различных климатических и почвенных условиях и под различные культуры, отличающиеся по своим биологическими особенностями, часто приводит к уменьшению урожайности и снижению плодородия почв (Трофимова Т.А. и др., 2018; Королев В.А., Громовик А.И., Боронтов О.К., 2016).

Поэтому, начиная с семидесятых годов прошлого столетия мировое земледелие, а в последние 10-15 лет и отечественное, перешло ко второму этапу минимизации (Кирюшин В.И., 2013), когда почва вообще не подвергается механической обработке, и из механического вмешательства в почву является лишь посев, который происходит благодаря специальным сеялкам, способным прорезать слой растительных остатков предшествующей культуры и произвести заделку семени в необработанную почву (Дридигер В.К., 2014-1; Турин Е.В., 2020).

В мире такая технология возделывания сельскохозяйственных культур признана высшей степенью минимизации обработки почвы и называют её «технология прямого посева» или «технология No-till» (Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г., 2020). Особенно широкое распространение такая технология получила в Аргентине, Бразилии, Австралии, Канаде и других странах (Dridiger V.K., Godunova E.I., Eroshenko E.V., 2018). В Аргентине в 2009 году, например, площадь посевов культур,

возделываемых по технологии No-till, составила 33,0 млн. гектаров, увеличившись за 15 лет на 72 % и показывая все эти годы свою высокую эффективность.

По мнению С.А. Архипова (2014) и Коржова С.И. (2021) большие темпы внедрения технологии No-till в мире объясняются тем, что, работая по этой технологии, появляется возможность в течение долгого периода времени получать стабильные и, самое главное, высокие урожаи полевых культур. Также, по мнению авторов, в климатических зонах, где выпадает малое количество осадков технология способствует благоприятной фитосанитарной обстановке на сельхозугодьях (наблюдается улучшение почвенной структуры и повышение плодородия).

Как сообщает Г.Р. Дорожко (2014) под понятием No-till подразумевается исключение абсолютно любых механических обработок (в которые входят вспашка, культивация, дискование и другие механические операции), на проведение которых, как утверждает автор, тратится большое количество горюче-смазочных материалов (ГСМ), трудозатрат на проведение этих технологических операций. Единственным механическим вмешательством в почву является лишь прорезание в почве узкой полоски для заделки семян и удобрений. В.А. Корчагин (2005) и А. Khan (2019) сообщают, что снижение и особенно отказ от обработки почвы в технологиях возделывания полевых культур приводит к снижению производственных затрат и уменьшению себестоимости производимой сельскохозяйственной продукции.

Отличительной особенностью новой технологии является то, что растительные остатки (после предшествующей культуры), которые остаются на поле создают так называемую растительную «подушку», которая в дальнейшем способствует предотвращению испарения продуктивной влаги из почвы (Китаев А.А., 2000).

Из-за того, что растительные остатки в технологии No-till находятся на поверхности почвы и органическая биомасса не дает почве перегреваться в полуденное время, то в осенне-зимнее время в метровом слое почвы накапливается и сохраняется к посеву яровых культур существенно больше влаги, чем по общепринятой технологии (Женченко К.Г. и др., 2019). По мнению И.Е. Рябова (2003)

велика роль растительных остатков и в борьбе с водной эрозией и дефляцией, так как они снижают скорость ветра, что в значительной мере сокращает или же вовсе исключает выдувание почвенных частиц. А С.И. Коржов (2021) отмечает, что, благодаря растительным остаткам складываются наиболее оптимальные условия для развития почвенной мезофауны и микробиоты.

С точки зрения агрономии освоение и в дальнейшем внедрение технологии No-till способствует устойчивости почв к эрозии, достигается лучшего накопления и сохранение для растений влаги. Действительно, благодаря более рациональному расходованию влаги технология прямого посева позволяет получать более стабильные, менее зависимые от климатических погодных условий урожаи (Ткачук О.А., Павликова Е.В., Богомазов С.В., 2017; Toliver D.K. et al., 2012). Как сообщают О.В. Терентьева (2007) и А.И. Алтухова с коллегами (2017) в общепринятой технологии урожай полевых культур на 80 % зависит от природных факторов, а при успешном освоении технологии No-till он сведён к 20 %.

Х.М. Сафин, Р.С. Фахрисламов, Л. Шварц (2011), О.Н. Кухарев, И.Н. Сёмов (2017) и К.Ш. Казеев с коллегами (2020) считают, что правильное и успешное освоение новой технологии в разных агроклиматических зонах нашей страны подтверждает ещё и её широкую применяемость. Высокие показатели рентабельности производства (Чекаев Н.П., Власова Т.А., Кочмина Е.О., 2015; Khaledian M., Malihol J.C., Ruelle P., 2012) в очередной раз подтверждают, что для правильного освоения ресурсосберегающих технологий очень важно правильное построение севооборота, подбор наиболее адаптированных сортов и гибридов, средств защиты растений с высокоэффективным действующим веществом и, конечно же, основой освоения технологии является правильный подбор технических средств для её исполнения, особенно сеялочных агрегатов.

Как сообщает А.Н. Власенко (2014) в ряде хозяйств Новосибирской области (ООО «Рубин», ООО «Новомайское» и ООО «Степное»), работающих по новой ресурсосберегающей технологии (No-till) из года в год достигают высокие показатели урожайности возделываемых культур. С.Д. Гилёв (2014) сообщает, что за последнее десятилетие в Зауралье наблюдаются довольно быстрые темпы увели-

чения площади в освоении ресурсосберегающих технологий. Многие товаропроизводители отказываются от традиционных систем обработки почвы и успешно осваивают технологии с минимальной механической обработкой почвы или же вовсе к отсутствию обработок. В Республике Крым в настоящее время по технологии прямого посева работают предприятия на площади более 50 тыс. га (Гонгало А.А., 2020).

В Воронежской области технология прямого посева получила перспективное направление, которое позволяет стабилизировать экономическое положение хозяйств за счет увеличения урожайности и уменьшения затрат на ГСМ, амортизацию и ремонт техники (Гранкин Е.А., 2018).

По сообщению М.Н. Борисенко с коллегами (2019) многие крымские фермеры, изучив опыт других стран, осваивают новую технологию и внедряют ее в своих предприятиях, получая при этом положительные результаты, так как не только экономят средства на обработке почвы, но и получают из года в год урожаи основных сельскохозяйственных культур выше, чем в среднем по Республике Крым. Рентабельность производства у них выше, чем в агропредприятиях, выращивающих полевые культуры по общепринятым технологиям.

В ряде хозяйств Ставропольского края имеется определённый накопленный положительный практический опыт возделывания целого ряда культур по этой технологии. В.В. Кулинцев и В.К. Дридигер (2013) сообщают, что ООО «Красносельское», «Добровольное» и «Урожайное» на протяжении десяти лет и более возделывают полевые культуры без применения механической обработки почвы. Авторы сообщают, что при работе хозяйств по системе No-till в отдельные годы урожайность была несколько ниже, чем в общепринятой технологии, но энерго- и трудозатраты были значительно меньше.

В.К. Дридигер (2014) сообщает, что благодаря переходу на новую технологию в одном из хозяйств Ставропольского края (Ипатовского района) ООО «Добровольное», которое территориально относится к засушливой зоне (где за календарный год выпадает от 370 до 450 мм осадков), в севообороте произошло существенное увеличение количества возделываемых полевых культур, что позволило

существенно изменить структуру использования пашни. В данном хозяйстве, по утверждению автора, благодаря большому накоплению и сохранению влаги в почве, стало возможным возделывать полевые культуры без чистых паров, что позволило увеличить площади посева гороха, кукурузы, подсолнечника, а также возделывать сорго, просо, сафлор и другие культуры.

По мнению С.А. Булыгина (2011) и В.С. Небавского (2011) довольно быстрые темпы внедрения новой технологии на территории РФ позволяют сделать вывод о том, что данный способ ведения полевого растениеводства нельзя рассматривать как простой эксперимент.

Несмотря на положительные результаты применения технологии No-till в хозяйствах, а также ряде исследований научных и образовательных учреждений в отечественной литературе встречаются весьма неоднозначные результаты, указывающие на проблемы при освоении технологии No-till. К примеру, во Всероссийском научно-исследовательском институте земледелия и защиты почв от эрозии И.Г. Пыхтин (2017) утверждает, что наблюдаются факты отрицательного влияния «нулевой обработки» на агрофизические свойства почвы и фитосанитарное состояние посевов. Автор сообщает, что твёрдость почвы или сопротивление почвы вдавливанию на варианте без механической обработки почвы достигало 97 кг/см^2 , тогда как при разноглубинной вспашке 61 кг/см^2 . По фитосанитарному состоянию в исследовании приводятся данные, что на варианте с применением «нулевой обработки почвы», в среднем за шесть лет исследований зафиксировано 219 шт./м^2 сорных растений, тогда как при разноглубинной вспашке 123 шт./м^2 , что на 56 % меньше. При этом следует отметить, что в статье не приведены данные о методике исследований, была ли проведена перед посевом обработка глифосатом (гербицидом сплошного действия) на варианте «нулевой обработки почвы», каким агрегатом и как осуществлялся посев культур.

По мнению В.К. Дридигера (2020) указанные элементы технологии являются основополагающими и их обязательно необходимо приводить в методике, иначе можно получить некорректные данные, которые к технологии No-till не имеют никакого отношения. Учёные Почвенного института им. В.В. Докучаева (В.П. Бе-

лобров и др., 2021) сообщают, что появилось много «результатов исследований», когда в опытах из-за отсутствия специальных сеялок для посева в необработанную почву посев проводили обычными зерновыми дисковыми сеялками, абсолютно не способными заделывать семена в необработанную почву. Из-за того, что семена не заделывались в почву, а находились на её поверхности, всходы получены не были или они были очень изреженными и, соответственно урожай был очень низким. Но такая «технология» посева в системе No-till не приемлема.

Имеется предположение, что при отказе от обработки почвы может увеличиваться плотность почвы, что отрицательно может повлиять на урожайность возделываемых культур. По информации А.Н. Есаулко с коллегами (2019) применение технологии No-till на Ставрополье в засушливой зоне способствует разуплотнению почвы и улучшению агрофизических условий для роста и развития растений. Проведённые исследования Б.А. Борисова с коллегами (2018) и Д.В. Дубовика (2020) подтверждают, что на южных чернозёмах Волгоградской и типичных черноземах Курской областей применение технологии No-till положительно влияет не только на показатели плотности почвы, но и на ряд других показателей, например, таких как увеличение агрономически ценных и водопрочных агрегатов в почве, содержание в ней лабильного органического вещества, гумуса и др.

Согласно данным С.И. Коржова (2021), прямой посев имеет как положительные стороны, так и отрицательные. К положительным сторонам он относит, прежде всего, экономию горюче-смазочных материалов, меньшее количество проходов техники по полям, разуплотнение пахотного слоя, улучшение экологической ситуации агроценозов. А негативная сторона, по мнению автора, заключается в том, что на находящихся на поверхности растительных остатках остаются семена сорных растений, которые на них не прорастают и сохраняют жизнеспособность с возможностью прорасти и засорять посевы следующих культур севооборота. Со временем растительные остатки могут являться источником инфекции для развития болезней и вредителей возделываемых растений. Поэтому при применении такой технологии возникает необходимость в усилении мер борьбы с

вредными объектами, требуется большее количество химических препаратов для снижения их патогенности, что может привести к росту экологической нагрузки на агроландшафты.

А.И. Волков и Л.Н. Прохорова (2020) считают, что длительное применение минимальных обработок приводит к снижению запасов NO_3 в почве. Авторы объясняют это тем, что нахождение на поверхности почвы растительных остатков полевых культур приводит к снижению интенсивности минерализационных процессов в почве. Поэтому О.Г. Назаренко (2015) при освоении «нулевой технологии» считает необходимым подготовить поля к переходу на технологию No-till, в первую очередь разрыхлить уплотнённый горизонт, внести органические и минеральные удобрения в почву глубиной не менее 20 см.

Р.В. Корпанов (2020), И.С. Церетели, Г.Ж. Саркисян и А.Г. Агаронян (2020) сообщают, что современные гербициды не могут обеспечить полную защиту посевов от многолетних сорняков, в результате чего возникает необходимость в применении глифосатсодержащих гербицидов после уборки предшествующей культуры. По мнению А.К. Злотникова (2018) применение пестицидов в нулевой технологии приводит к негативному воздействию на почвенную микробиоту, в результате чего наблюдается развитие корневых бактериальных гнилей, основным возбудителем которых является гриб *Pseudomonas syringae*, которого до освоения этой технологии не находили.

Автор также утверждает, что из-за применения гербицидов сплошного действия из группы глифосатов, без которых в технологии No-till не обойтись из-за невозможности применения в этой технологии агротехнических методов борьбы с сорняками, происходит ещё и некоторое снижение активности почвенных микроорганизмов, что приводит к развитию в почве возбудителей корневых гнилей родов *Gaeumannomyces*, *Pythium* и *Fusarium*. В конечном итоге автор приходит к выводу о том, что внедрение технологии без механической обработки почвы (No-till), несмотря на имеющиеся очевидные преимущества, подвергает растения целому ряду стрессов и болезней.

Однако А.Л. Иванов с коллегами (2021) считают, что остатки культурных

растений, которые в большем количестве и продолжительное время имеются на поверхности почвы при использовании технологии прямого посева, создают хорошие условия для супрессивной микробиоты, которая подавляет патогенные микроорганизмы. В трудах Н.А. Куликова с коллегами (2020), А.З. Миндубаев, Э.В. Баббынин и А.Г. Даминова (2021) установлено, что некоторые почвообитающие штаммы микроорганизмов способны утилизировать остаточные вещества пестицидов, в том числе глифосатсодержащих. Рядом учёных установлено, что микроорганизмы *Ochrobactrum anthropi* GPK3, *Achromobacter* sp. Kg 16 и *Achromobacter* sp. MPS12 могут включать в цепочку питания глифосатсодержащие вещества. При этом выявлена высокая адаптация и степень выживаемости указанных микробов в естественной среде и что немаловажно, безвредность для млекопитающих. Авторы не исключают, что перечисленные микроорганизмы можно использовать при создании биопрепаратов, направленных на очищение загрязнённых пестицидами почв (Свиридова А.В., и др., 2011; Шушкова Т.В., и др., 2012; Ermakova I.T., 2010)

В исследованиях С.И. Коржова с коллегами (2022) установлено, что растительные остатки бобовых растений ускоряют процесс разложения, вовлекая в данный процесс трудно разлагаемые остатки предшествующих культур. Им также установлено, в результате такой деструкции растительных остатков бобовых наблюдается снижение токсичности со 136 условных кумариновых единиц до 11,5, или почти в 12 раз.

Несмотря на неоднозначные мнения, для многих Российских хозяйственников ведение земледелия по технологии No-till стало весьма привлекательным, так как это позволяет существенно снизить потребность в горюче-смазочных материалах, увеличить урожайность возделываемых культур, что позволяет повысить экономическую эффективность и рентабельность ведения сельскохозяйственного производства. При этом следует иметь в виду, что технология No-till является цельной системой земледелия, и переход на посев без обработки почвы подразумевает не только отказ от отвальной вспашки или другой почвообработки, но и полную перестройку технологий возделываемых культур и в целом системы зем-

леделия (Харченко А.Г., 2011). Обязательной частью применения технологии No-till являются растительные остатки ранее возделываемых растений, расположенных на почвенной поверхности, так как именно они обеспечивают прекращение деградации почвенного плодородия (Дридигер В.К. и др., 2020).

Новая система земледелия позволяет увеличить фотосинтетический период путем посева промежуточных и бинарных посевов, поэтому Р.Ф. Байбеков (2018) и Е.Н. Турин (2020) ее называют «природоподобной технологией».

По мнению Л.В. Карпова, В.В. Кошеляева, И.П. Кошеляева (2015) и В.В. Кошеляева с коллегами (2016) в технологии No-till большую роль при получении высоких урожаев играют минеральные удобрения, особенно азотные. В полученных результатах полевых опытов 60-70 % увеличения урожайности возделываемых культур обеспечили именно азотные туки. (Алтухов А.И. и др., 2017; Toliver D.K. et al., 2012; Chekaev N., Kuznetsov A., 2015). Тем не менее, в технологии No-till применение сложных многокомпонентных удобрений обеспечивает больший рост урожайности культур севооборота, чем простые азотные, фосфорные или калийные удобрения (Чекаев Н.П., Кочмина Е.О., 2018).

Однако имеются культуры, которые в технологии No-till очень слабо отзываются на внесение удобрений. Например, в исследованиях Р.Г. Гаджиумарова и М.П. Жуковой (2018) установлено, что применение удобрений под сою на чернозёме обыкновенном приводит не только к отсутствию эффективности их применения, но и снижению её урожайности. Наблюдения Ю.И. Панькова (2018) показали, что при возделывании подсолнечника по технологии No-till на варианте с применением удобрений прибавки урожайности не наблюдалось.

Одним из элементов повышения продуктивности пашни при возделывании сельскохозяйственных культур является введение в севообороты промежуточных культур, способствующих более полному использованию природных факторов (Передериева В.М., 2004). Из-за экономической слабости хозяйств, а также высоких цен на удобрения и средства защиты растений в Прибайкалье такой технологический приём как сидерация является одним из элементов ресурсосберегающих технологий (Шевелев А.Т., 2017). По мнению В.Е. Шевчука (1979) внедрение в

производство сидеральных промежуточных полевых культур позволяет снизить себестоимость выращиваемой продукции, а также повысить урожайность и получить возможность производить экологически безопасную продукцию.

В.В. Ивенин и А.В. Ивенин (2015) отмечают, что благодаря мощной корневой системе сидераты способны использовать питательные элементы (фосфорную кислоту, кальций, магний и др.) из глубоких слоёв почвы, к которым основные культуры севооборота не имеют доступа.

По мнению В.В. Бледных В.В. с коллегами (2015) сидераты по эффективности в борьбе с сорняками можно приравнять к отвальной вспашке. Такое же мнение высказывает В.Г. Лошаков (2018), в исследованиях которого сидеральные культуры, посеянные после уборки зерновых, снижали засорённость следующих культур севооборота на 30-61 %, а во многих случаях не требовалось даже применять гербициды, что повышает экономическую эффективность и экологическую безопасность ведения сельскохозяйственного производства.

Исследования М.В. Бутырина (2017) подтверждают, что внесение полностью растений сидеральных культур с корневыми остатками повышает урожайность отдельных культур севооборота и в целом севооборота до варианта полной дозы внесения удобрений, но по производственным расходам это существенно дешевле. Запашка второго укоса, особенно бобовых культур, с экономической и технологической точек зрения имеет преимущество перед заделкой в почву растительной массы первого укоса, так как на таком поле получают корма и одновременно в почву поступает органическое вещество с высоким содержанием азота (Ивенин В.В., 2011).

По мнению Е.К. Алексеева (1957) основным требованием при возделывании сидератов является накопление мощной зелёной массы, так как чем больше запахивается зелёной массы, тем сильнее возрастает эффект действия сидерата и тем более пролонгированным и значимым становится его последствие. По его мнению, зелёное удобрение должно применяться не отдельно, а в системе удобрений севооборота в сочетании, как с минеральными, так и с другими органическими удобрениями. Для этого сидеральные культуры необходимо сеять как можно ско-

рее после уборки предшествующей культуры, чтобы они по максимуму использовали влагу, оставшуюся в почве после уборки основной культуры севооборота.

При возделывании промежуточных культур по технологии No-till, которые ещё называют почвопокровными культурами (укрывающими почву), становится невозможной заплата растений этих культур, в виду того, что эта технология исключает механические обработки почвы. По мнению Адемира Калегари (2008) от этого их положительное действие на плодородие не снижается, так как роль покровных культур в данном случае так же проявляется в виде разрыхления переуплотнённых слоёв почвы за счёт хорошо развитой корневой системы отдельных культур. К тому же в севооборотах с применением разных видов покровных культур улучшается биологический баланс почвы, что в свою очередь приводит к уменьшению численности насекомых вредителей.

Во ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова В.Г. Лошаков (2018-1) установил, что длительное использование пожнивной сидерации способствует увеличению количества дождевых червей в пахотном слое почвы в 1,5-2 раза. Дождевые черви, питаясь остатками растений предшествующих культур, расположенных на почвенной поверхности, измельчают их, чем создают благоприятные условия для развития микроорганизмов, которые разлагают их до элементов питания. По данным И.Г. Малецева с коллегами (2019) стенки ходов дождевых червей пропитываются продуктами их выделительной системы, содержащими аммиак, кальций и мочевины, и по его сообщению общее количество выделяемого азота колеблется в пределах 20-30 кг/га.

О.Л. Томашова, А.В. Ильин, Л.С. Веселова (2019) сообщают, что при работе по системе No-till очень важно создание покрова на поверхности почвы из вегетирующих растений или растительных остатков, для этого очень хорошо подходят покровные культуры. Применение покровных культур даёт возможность регулировать целый ряд показателей – водный и питательный режимы, температуру почвы, подавлять рост сорных растений, защищать от эрозии (как водной, так и ветровой), накапливать органическое вещество, повышать биологическую активность, улучшать физические свойства почвы. Авторы утверждают, что очень

большое значение имеет правильность подбора культур для приготовления смесей из большого количества растений с разными биологическими свойствами, так как культуры из разных биологических групп и семейств в различной степени влияют на вышеперечисленные показатели, и при этом самой главной задачей является не ухудшить физические свойства почвы.

В опытах Ренди Л. Андерсен и Н. Косолап (2008) по применению промежуточных культур в технологии No-till, они обнаружили, что этот агротехнический приём способствовал увеличению урожайности культур лишь в первые годы наблюдений, но в последующем их роль оказалась негативна для культур, что, по их мнению, связано с аллелопатией и удержанием органики последними. Также они считают, что лучшими видами промежуточных культур являются бобовые, крестоцветные и злаковые растения.

А.А. Китаев (2000), А.Н. Гайдученко (2014) и О.Л. Томашова с коллегами (2021) сообщают, что при соблюдении всех технологических особенностей при освоении технологии No-till, где в севооборот включено применение промежуточных почвопокровных культур, на поле происходит исчезновение многолетних сорных растений, вследствие чего потребность в применении гербицидов против сорняков снижается к минимуму либо полностью исчезает.

Необходимо отметить, что благоприятные условия для посева промежуточных почвопокровных культур складываются при своевременной уборке основной культуры, после которой проводят посев промежуточных почвопокровных культур (Денисова А.В., 2012).

В.К. Целовальников (2014) считает, что даже при освоении технологии прямого посева (No-till) не до конца решён проблемный вопрос, позволит ли новая технология сохранить и повысить показатель плодородия почвы, а также необходимо получить утвердительный ответ о получении экологически безопасной продукции. Его мнение разделяют В.С. Небавский, С.Н. Чернявская (2011) и А.А. Агеев (2021), которые также считают, что освоив новую технологию, возникает множество нерешённых вопросов, без которых такой переход нецелесообразен. В этом плане интересен зарубежный опыт, где перед внедрением в производство

провели научные исследования и, получив достаточное количество положительных результатов, начали внедрять в производство. В Российской Федерации же наоборот, вначале технологию осваивали сельхозтоваропроизводители, совершая множество ошибок, что в итоге приводило к большому количеству финансовых потерь, снижению урожайности и эффективности сельскохозяйственного производства (Дридигер В.К., 2021).

Таким образом на основании обзора зарубежной и отечественной литературы можно заключить, что при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till важную роль играют бобовые культуры, которые в обязательном порядке необходимо включать в севообороты. Одной из таких культур является горох, который хорошо адаптирован к почвенно-климатическим условиям зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья и является самой распространенной бобовой культурой в Российской Федерации.

Однако до настоящего времени в нашей стране не проводилось научных исследований по изучению и разработке технологических приемов возделывания этой культуры в системе No-till. В связи с этим большой научный и практический интерес вызывает проведение исследований по изучению возможности и эффективности возделывания гороха по технологии No-till с применением под него почвопокровной промежуточной культуры.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвы зоны и опытного участка

Опыты проведены на поле ФГБНУ «Северо-Кавказского ФНАЦ» в 2019-2021 гг., территориально расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья, где по сообщению Л.Н. Петровой с коллегами (1976) в основном преобладают черноземные почвы, а В.С. Цховребов и М.Т. Куприченков (2005) уточняют, что основным подтипом черноземов этой зоны является чернозем обыкновенный.

Чернозёмы обыкновенные Ставропольского края темно-серого цвета, имеют мощный гумусовый профиль (до 100-110 см), в метровом слое содержат 350-380 т/га гумуса и слабо дифференцированы по профилю (Куприченков М.Т., 2002, 2005). Эти почвы имеют хорошие водно-физические свойства. Максимальная гигроскопичность находится в пределах от 5 до 7 %, что определяет довольно небольшое количество недоступной для растений влаги – 7-9 % (Антыков А.Я., Стомарев А.Я., 1970). В структуре почвы преобладают агрегаты от 0,25 до 10 мм (так называемые агрономически ценные), у них оптимальная для роста растений плотность сложения (1,15-1,25 г/см³), хорошая и удовлетворительная пористость – 50-60 % (Штомпель Ю.А. и др., 2003).

Содержание азота в черноземах обыкновенных составляет 0,32 %, фосфора 0,15, калия 2,10 %. Валовое содержание калия довольно высокое и составляет 44-53 т/га в слое почвы 0-20 см (Вальков В.Ф. и др. 2002). Довольно большие валовые запасы фосфора в этих почвах способны обеспечить получение высоких урожаев возделываемых культур на протяжении многих лет, но из-за трудной доступности этого элемента растения очень отзывчивы на внесение фосфорных удобрений.

То есть по водно-физическим свойствам и химическому составу почвы, на которых были проведены исследования, благоприятны для возделывания всех культивируемых в регионе сельскохозяйственных культур, в том числе гороха.

Из описания почвенного разреза Годуновой Евгенией Ивановной (д.с.-х.н.) следует, что почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднемошный

слагогумусированный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на лессовидных карбонатных суглинках. Разрез имеет шесть ярко выраженных почвенных горизонтов:

1-й – $A_{\text{пах}}$ (глубина от 0 до 25 см) имеет тёмный и сероватый цвет, структура пылевато-зернисто-комковатая, с тонкими порами, несколько уплотнен;

2-й – $A_{\text{п}}/A_{\text{пах}}$ (глубина от 25 до 41 см) имеет такую же характеристику, как и предыдущий горизонт, переход постепенный;

3-й – B_1 (глубина от 41 до 53 см) умеренно увлажнён, имеет оттенки бурого и тёмно-серого цвета, несколько уплотнен, вскипание от 10 % HCL начинается с глубины 47 см, также в пределах данного горизонта имеются капролиты, остатки корневой системы сельскохозяйственных культур, переход постепенный;

4-й – B_2 (глубина от 53 до 78 см) имеет такие же параметры, как и предыдущий горизонт, а также отмечается псевдомицелий с глубины 69 см, переход постепенный;

5-й – BC (глубина от 78 до 126 см) имеет такие же выражения, как предыдущие два горизонта и с глубины 89 см наблюдается белоглазка, переход постепенный;

6-й – C (глубина от 126 до 175 см) несколько увлажнен, имеет буровато-желтый цвет.

Почва опытного участка обладает довольно хорошими химическими свойствами. Верхний горизонт ($A_{\text{пах}}$) характеризуется средним содержанием подвижного фосфора 18,7 мг/кг (по Мачигину) и обменного калия – 245 мг/кг почвы. С увеличением глубины содержание этих элементов питания постепенно снижается до 3,4 мг/кг подвижного фосфора и 155 мг/кг обменного калия (таблица 1).

При закладке опыта в этом почвенном горизонте содержалось 3,87 % гумуса, что характеризует его как низкое содержание (до 4,0 %). Наличие гумуса в почвенном профиле, хотя и с постепенным снижением его концентрации, определяет высокие валовые запасы гумуса в черноземе обыкновенном – 367 т/га, что вполне обеспечит получение высокого урожая всех возделываемых в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья сельскохозяйственных

культур.

Таблица 1. Агрохимическая оценка почв опытного участка поля

Показатель	Почвенный горизонт *					
	1	2	3	4	5	6
Обменный калий, мг/кг	245	230	225	210	190	155
Нитратный азот, мг/кг	11,9	20,3	11,4	1,6	1,0	0,5
Гумус, %	3,87	3,59	3,20	2,26	1,57	0,65
pH	6,32	7,10	7,75	8,16	8,23	8,30
Подвижный фосфор, мг/кг	18,7	9,6	8,8	6,8	5,4	3,4

* горизонт: 1 – $A_{\text{пах}}$; 2 – $A_{\text{п}}/A_{\text{пах}}$; 3 – B_1 ; 4 – B_2 ; 5 – BC ; 6 – C (материнская порода)

С поверхности и по всему профилю содержание нитратного азота очень низкое. Реакция почвенной среды с поверхности и в горизонте В нейтральная (6,32-7,10) с увеличением глубины она становится слабощелочной и щелочной в материнской породе.

Исходя из описания данного полевого участка, следует сделать вывод о том, что почва опытного участка вполне благоприятна для полноценного роста и развития растений гороха.

2.2. Климатическая характеристика зоны

Зона, в которой были проведены исследования, относится к неустойчивой по увлажнению и находится в пределах Ставропольского края. Географически относится к Центральному Предкавказью (региону в Российской Федерации, в который входит Краснодарский, Ставропольский края и Ростовская область и прилегает к северному макросклону Большого Кавказа). С севера эта территория ограничена Кумо-Маньчской впадиной, с запада – Азовским морем и Керченским проливом, с востока граничит с Каспийским морем, сообщает Н.А. Гвоздецкий (2015). Автор также отмечает, что общая протяжённость с запада на восток составляет свыше 900 км, ширина которой около 300 км

Климат данной зоны охарактеризуются как степной: умеренно-контин-

ментальный полусухой (с неустойчивым увлажнением). Годовая амплитуда температур 25-28 °С. Лето достаточно тёплое – температурный показатель июля месяца составляет 21-24 °С. Зимняя температура самого холодного января месяца составляет от минус 2 до минус 5 °С, но иногда случается и понижение температуры до минус 30-35 °С.

В зимний период снежный покров на большей части территории можно классифицировать как маломощный, и в большинстве случаев неустойчивый. В среднем выпадение осадков за год достигает 450-600 мм. Ещё меньше среднегодовой нормы выпадает на полуострове (Таманском), и сумма осадков составляет 300-400 мм, а на северных и восточных склонах сумма выпавших осадков составляет от 370 до 420 мм за календарный год. Больше атмосферных осадков для этой зоны, а именно от 600 до 800 мм за календарный год удаётся получить в приподнятой юго-западной части Ставропольской возвышенности. Минераловодский район также отличается повышенным увлажнением, где сумма выпадающих осадков достигает свыше 600 мм в год. К наиболее негативным условиям региона относятся засухи, особенно в северо-восточном Ставрополье и на востоке Терско-Сунженской возвышенности.

Основная сумма осадков выпадает в июне и июле месяце. Неблагоприятной особенностью климата этого региона является то, что довольно часто дожди выпадают в виде ливней, поэтому почва не успевает впитать большой поток воды и она стекает в естественные понижения рельефа, вызывая эрозию и смыв верхнего самого плодородного слоя почвы в ложбины и солончаковые болота. Особенно остро эта проблема проявляется в чистых парах и на отвально обработанной почве.

Весенние заморозки, как правило, продолжаются до апреля месяца, а в некоторые годы и до середины мая. Весной, в период начала вегетации полевых сельскохозяйственных культур и осенью (как правило, во второй декаде ноября) наблюдается переход температур воздуха (среднесуточных) через отметки +5 °С (Бадахова Г.Х., 2002). Температура воздуха (в среднем за сутки) выше +10 °С начинается от начала лета, наступающего обычно во второй, в отдельные годы с

третьей декады апреля. В летний же период довольно жарко, а особенно к середине лета (июль месяц) показатель среднемесячной температуры достигает 22-24 °С. В некоторые годы она достигает отметки 42 °С (Цховребов В.С., 2011).

К отрицательным сторонам климата данной зоны следует отнести ливневый характер осадков и их неравномерное распределение по временам года, а также очень часто повторяющиеся дни с проявлением атмосферной засухи, и за вегетационный период количество таких дней может достигнуть 95 (Драгавцева И.А., 2007). Повышение температур приводит к ещё большей испаряемости, которая и так значительно превышает количество выпадающих в это время атмосферных осадков (Бадахова Г.Х., 2007).

Положительными сторонами климата являются длительный вегетационный период и высокая сумма положительных температур, позволяющие возделывать большой спектр сельскохозяйственных культур, в том числе теплолюбивых – кукуруза, сорго и др. (Желнакова Л.И., Антонов С.А., 2011).

Таким образом одной из особенностей климатической зоны, в которой проводили исследования, является неравномерное выпадение атмосферных осадков за время вегетации сельскохозяйственных растений, дожди в виде ливней, низкая влажность воздуха, ветра и особенно суховеи; в зимний период такие явления, как оттепели, которые неблагоприятно сказываются на сельскохозяйственных посевах и крайне неустойчивый снежный покров. Положительными сторонами климата зоны проведения исследований в первую очередь является продолжительный – 160 дней и более вегетационный период, а также достаточное количество тепла для выращивания различных, в том числе теплолюбивых культур. Благодаря тому, что основное количество атмосферных осадков выпадает в период активной вегетации растений, это позволяет возделывать и такую влаголюбивую культуру, к которой относится гороха.

2.3. Метеорологические условия проведения исследований

Складывающиеся метеорологические условия во время проведения полевых исследований сильно различались между собой, но необходимо отметить, что это характерно для данной климатической зоны. В зимние месяцы – январь, февраль

(I, II) 2019 года количество осадков было близким к среднемуголетним значениям, но во время вегетации гороха с апреля (IV) по июнь (VI) при климатической норме 191 мм выпало всего 92 мм осадков при их ежемесячном недоборе от 21 до 58 мм, что составляет 32,8-56,2 % от их месячной нормы (таблица 2).

Таблица 2. Температура воздуха и выпадающие осадки в 2019 году

Месяц	t воздуха, °C					Количество осадков, мм				
	декады			за полный месяц	средне- много- летняя	декады			за полный месяц	средне- много- летняя
	I	II	III			I	II	III		
I	-1,9	0,0	0,3	-0,5	-4,6	9	9	6	24	27
II	0,6	0,3	-0,1	0,3	-3,9	0	5	15	20	26
III	2,8	4,8	3,8	3,8	1,2	19	30	4	53	31
IV	6,9	8,7	12,8	9,5	8,1	13	8	0	21	48
V	14,5	18,0	18,7	17,1	14,3	27	0	16	43	64
VI	23,2	24,5	23,7	23,8	18,8	2	0	26	28	79
VII	22,9	19,7	22,0	21,5	20,4	3	53	17	73	56
VIII	23,1	23,4	21,2	22,6	21,1	8	9	3	20	48
IX	19,7	17,4	12,0	16,4	15,3	66	0	41	107	42
X	14,5	13,7	10,3	12,8	9,5	17	5	5	27	47
XI	6,8	5,4	0,6	4,3	2,2	0	0	2	2	47
XII	0,4	2,6	2,5	1,8	-2,0	4	1	2	7	39
Итого	–	–	–	11,1	8,4	–	–	–	425	554

Следствием такого большого уменьшения количества атмосферных осадков в течение трех месяцев привело к проявлению атмосферной и почвенной засухи, которые отрицательно сказались на росте, развитии и урожайности гороха, выращиваемого в опытах по обеим технологиям и по разным фоновым условиям. Выпавшие в июле дожди, интенсивность которых составила 73 мм, не оказали существенного влияния на рост и развитие культуры, а только лишь ухудшили условия уборки урожая гороха.

Всего же в 2019 году годовое количество атмосферных осадков составило 425 мм, что на 129 мм или на 23,3 % меньше климатической нормы, что на фоне

увеличения среднегодовой среднесуточной температуры воздуха на 2,7 °С подтверждает засушливость этого года для произрастания гороха и других сельскохозяйственных культур.

Еще большая засуха наблюдалась 2020 году, когда осадков было на 31,8 %, или на 378 мм меньше обычного. С октября 2019 по апрель 2020 гг. было всего 117 мм осадков, что в 2,3 раза меньше нормы. Это происходило на фоне увеличения среднесуточной температуры воздуха в эти месяцы на 3,5 °С и привело к сильной атмосферной и почвенной засухам. Выпавшие в мае и июне осадки интенсивностью 79 и 80 мм существенно увеличили содержание влаги в почве и обеспечили получение урожая гороха в этот год (таблица 3).

Таблица 3. Температура воздуха и выпадающие осадки в 2020 году

Месяц	t воздуха, °С					Количество осадков, мм				
	декады			за полный месяц	средне- много- летняя	декады			за полный месяц	средне- много- летняя
	I	II	III			I	II	III		
I	-0,3	-0,9	0,8	-0,1	-4,6	7	7	19	33	27
II	-0,4	0,2	3,8	1,2	-3,9	22	3	2	27	26
III	8,0	5,3	7,0	6,8	1,2	7	5	1	13	31
IV	5,7	10,1	10,1	8,6	8,1	1	3	4	8	48
V	13,9	16,0	15,4	15,1	14,3	46	3	30	79	64
VI	19,5	22,0	22,5	21,3	18,8	40	36	4	80	79
VII	26,0	24,9	23,9	24,9	20,4	6	7	49	62	56
VIII	24,1	22,3	22,1	22,8	21,1	3	0	2	5	48
IX	22,7	19,4	17,0	19,7	15,3	3	0	0	3	42
X	14,7	16,3	12,7	14,6	9,5	0	8	0	8	47
XI	8,4	0,2	1,0	3,2	2,2	22	15	16	53	47
XII	-3,0	0,2	-1,4	-1,4	-2,0	0	3	4	7	39
Итого	–	–	–	11,4	8,4	–	–	–	378	554

Самым благоприятным по увлажнению (из трёх лет проводимых исследований) выдался 2021 год, когда в первой половине года при среднемноголетнем количестве 331 выпало 501 мм осадков и во все месяцы они превышали средне-

сячные нормы, что положительно повлияло на урожайность гороха (таблица 4).

Таблица 4. Температура воздуха и выпадающие осадки в 2021 году

Месяц	t воздуха, °С					Количество садков, мм				
	декады			за полный месяц	средне- много- летняя	декады			за полный месяц	средне- много- летняя
	I	II	III			I	II	III		
I	3,5	-3,5	1,6	0,5	-4,6	3	25	4	32	27
II	3,3	-4,5	-3,6	-1,6	-3,9	23	40	26	89	26
III	0,3	-0,4	2,9	0,9	1,2	9	16	25	50	31
IV	8,2	10,3	10,9	9,8	8,1	18	30	25	73	48
V	14,3	17,0	18,9	16,7	14,3	14	19	80	113	64
VI	16,3	21,0	23,7	20,3	18,8	46	8	14	68	79
VII	23,5	27,1	23,9	24,8	20,4	35	0	41	76	56
Итого	-	-	-	10,2	7,6	-	-	-	501	331

Таким образом, на урожайность гороха существенное влияние оказало распределение осадков в течение года, особенно во время его вегетации. В 2019 году засушливый период продолжался с марта по июнь включительно, тогда как в 2020 году засуха наблюдалась только в течение марта и апреля месяца, а в 2021 г. засушливых периодов вообще не было (рисунок 1).

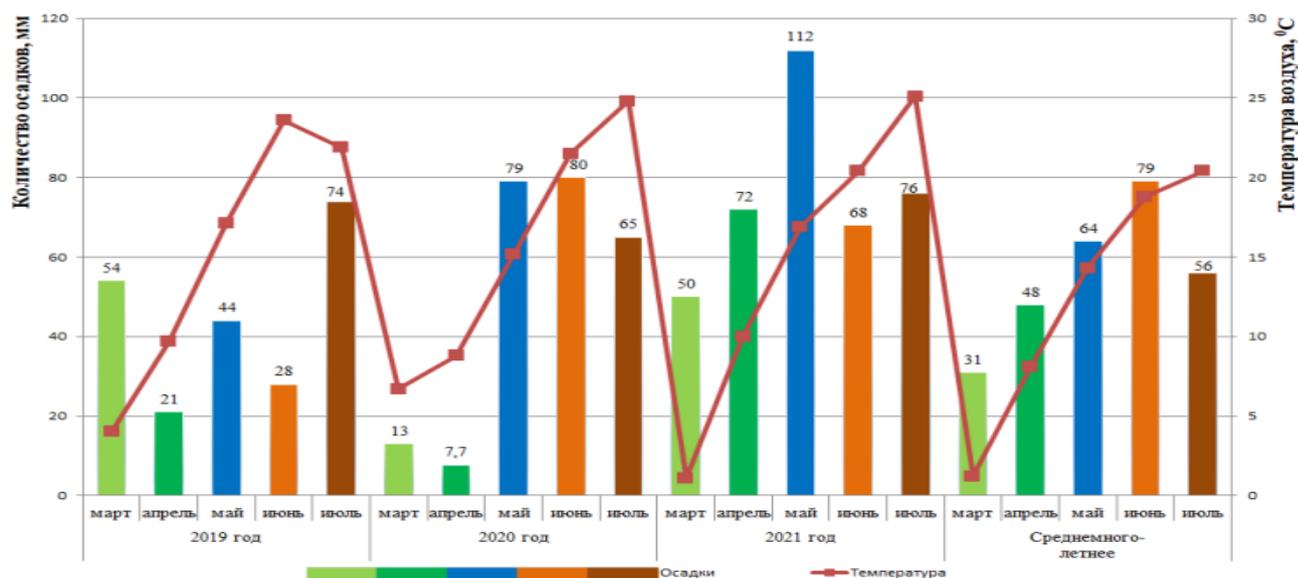


Рисунок 1. Погодные условия во время вегетации гороха

Поэтому в 2019 году отрицательное воздействие засухи на рост, развитие и

урожайность гороха было более ощутимым, чем в 2020 году, что сказалось на урожайности культуры. В 2021 году в течение всего вегетационного периода осадков выпадало больше среднемноголетних значений, что и обеспечило самые благоприятные условия для формирования самого высокого урожая гороха по обеим технологиям за все годы проведения опытов.

То есть в годы исследований наиболее благоприятным по количеству осадков был 2021 год, наиболее засушливым 2020 год, а 2019 год по этому показателю занимает промежуточное положение.

2.4. Методика исследований

В полевом опыте горох возделывали в севообороте: горох – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза. Опыт развёрнут всеми полями и заложен в 2012 году. Сравнивали рекомендованную технологию возделывания гороха и технологию No-till. Делянки в опыте размещали в 2 яруса, повторность опыта трёхкратная, площадь делянки 300 м² (ширина 6 м, длина 50 м), учётная – 90 м² (рисунок 2).

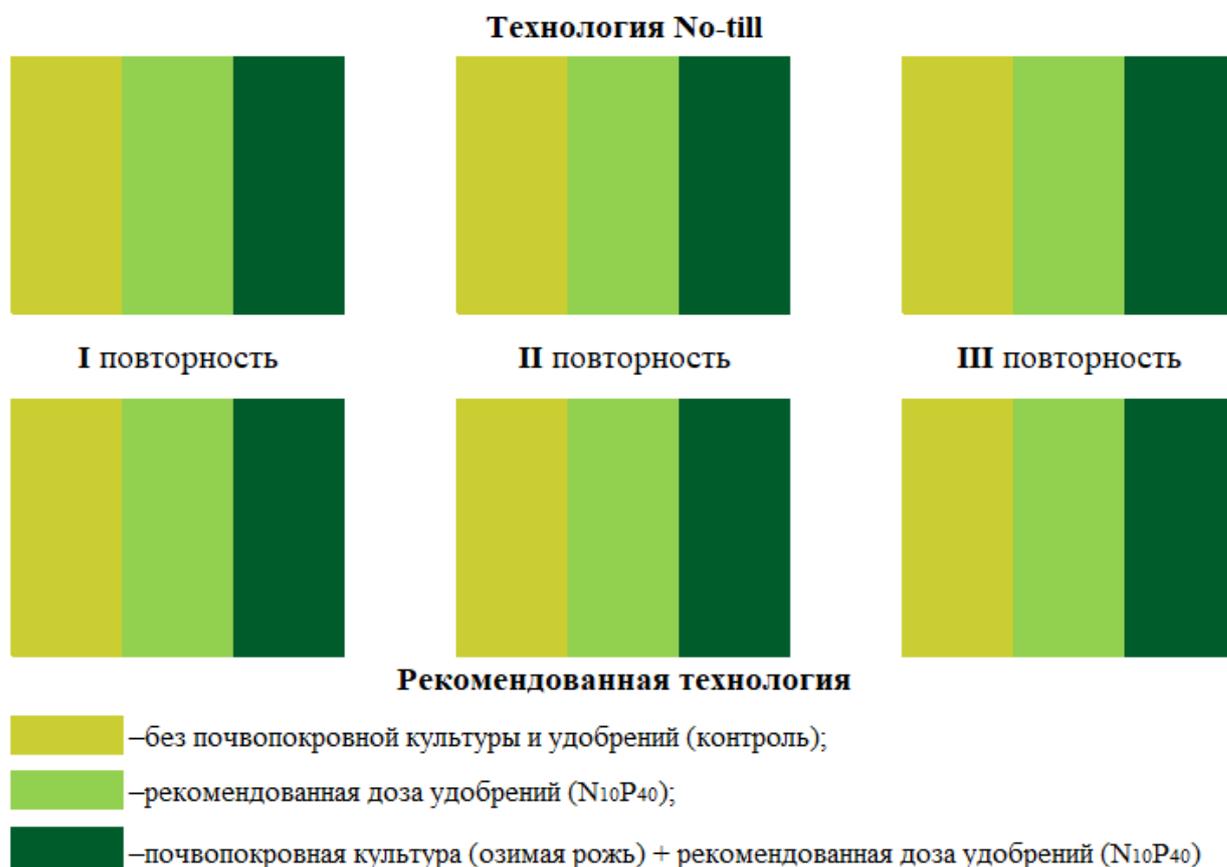


Рисунок 2. Схема размещения делянок в опыте

В обеих технологиях горох сеяли без удобрений, с внесением рекомендо-

ванной научными учреждениями региона (Ставропольский НИИСХ и Ставропольский ГАУ) дозой удобрений $N_{10}P_{40}$ (82 кг/га аммофоса) и после промежуточной почвопокровной культуры с внесением той же дозы удобрений.

При возделывании гороха по рекомендованной технологии сразу после уборки предшествующей культуры кукурузы тяжёлой дисковой бороной БДТ-3 проводили двукратную обработку почвы на глубину 8-10 см. В октябре плугом ПЛН-3 проводили зяблевую вспашку на глубину 20-22 см, после чего осенью почву выравнивали тяжёлым культиватором КРГ-6.

В весеннее время, когда наступала физическая спелость почвы на опытных делянках (культиватором КПС-4), проводили культивацию, глубиной 6-8 см и следом сеялкой СЗ-3,6 сплошным рядовым способом сеяли горох. Чтобы обеспечить лучший контакт семян с почвой использовали такой технологический приём как прикатывание (таблица 5).

Таблица 5. Технологическая схема возделывания гороха после кукурузы

Рекомендованная	No-till
1. Двукратное лущение стерни	
2. Зяблевая вспашка	
3. Культивация	
4. Предпосевная культивация	1. Обработка гербицидом
5. Посев гороха с внесением удобрений	2. Посев гороха с внесением удобрений
6. Прикатывание посевов	
7. Обработка гербицидом	3. Обработка гербицидом
8. Обработка инсектицидом	4. Обработка инсектицидом
9. Уборка урожая	5. Уборка урожая

По технологии No-till за 5-7 дней до посева гороха проводили обработку делянок гербицидом сплошного действия РАП-600 (норма расхода 1,8 л/га). Посев осуществляли специальной сеялкой для прямого посева Gimetal, способной заделывать семена и удобрения в необработанную почву.

По обеим технологиям высевали сорт гороха Рассвет селекции Северо-Кавказского ФНАЦ, который включён в Государственный реестр селекционных

достижений и разрешен к использованию в Ставропольском крае. Норма высева 1,4 млн. всхожих семян на 1 га. Перед посевом семена инокулировали ризоформом (жидкий инокулянт, д.в. *bradyrhizobium japonicum*) с нормой расхода 2,5 л/т семян. Минеральные удобрения вносили сеялкой при посеве.

В обеих технологиях уходные мероприятия за посевами гороха были одинаковыми. После появления 3-5 настоящих листьев у растений гороха против двудольных однолетних сорняков посева опрыскивали гербицидом Агритокс (растворимый в воде концентрат, д.в. диметиламинная + калиевая + натриевая соль) с нормой расхода 0,7 л/га. В фазе цветения против гороховой зерновки, тли и хлопковой совки проводили обработку растений баковой смесью инсектицидов Фастак (концентрат эмульсии, д.в. альфа-циперметрин) с нормой расхода 0,15 л/га и БИ-58 (концентрат эмульсии, д.в. диметоат) с нормой расхода 1,0 л/га.

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 прикатыванием. Озимую рожь сеяли рядовым способом на глубину 5-6 см, норма высева 3,0 млн./га всхожих семян. 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 высеивали сеялкой Gimetal в день уборки предшествующей кукурузы. За 5-7 дней до посева гороха весной следующего года озимую рожь опрыскивали гербицидом сплошного действия Рап-600 с той же нормой расхода.

Итоговый анализ, полученный в результате полевых исследований, а также обобщение полученных результатов проводили по общепринятым указаниям Б.А. Доспехова (1985). По методике А.М. Федина с коллегами (2019) по государственному испытанию сортов сельскохозяйственных культур были зафиксированы даты наступления фенологических фаз роста и развития гороха, вели учет густоты стояния его растений и другие наблюдения. Ежегодно на всех вариантах опыта отмечали даты посева, появление полных всходов гороха, а также сроки наступ-

ления стеблевания, цветения и полной спелости.

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

Согласно методике Б.А. Доспехова (1987) провели определение содержания продуктивной влаги в почве на глубину 150 см (термостатно-весовым методом послойно через 0,1 м). Плотность почвы определяли по слоям 0,0-0,1; 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м методом режущего кольца. Данные агрофизические показатели были определены в каждый год проведения исследований по обоим сравниваемым технологиям и по всем вариантам (перед наступлением зимы, до посева гороха, при наступлении физической спелости почвы весной, во время его цветения и в полной спелости).

Определение макроструктуры почвенных агрегатов проводили по методу Н.И. Саввинова, водопроницаемости прибором ПВН-00 (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1986), учет обитающих в почве дождевых червей по методике М.С. Гилярова (1975). Биологическую активность почвы определяли методом льняных полотен по методике Б.А. Доспехова (1987).

Во время цветения гороха отбирали почвенные образцы (послойно 0,0-0,1; 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м) и доставляли в лабораторию для дальнейшего проведения химического анализа. Нитратный азот (NO_3) определяли по Грандваль-Ляжу (Ф.В. Турчин, 1965), подвижный фосфор (P_2O_5) и подвижный калий определяли по Мачигину в 1 % углеаммонийной вытяжке.

Динамику листовой поверхности и вегетативной массы растений определяли в фазе стеблевания и цветения культуры. Листовую поверхность посевов гороха определяли методом высечек согласно методических рекомендаций А.А. Ничипорович и др. (1961). Учет урожая на опытных делянках проводили механизированным путём с помощью комбайна Сампо-130 (прокашивали посередине каждой делянки и далее полученный урожай пересчитывали на стандартную влажность и чистоту по методике ГСИ).

По методическому пособию по агроэкологической и экономической оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур (Боев В.Р. и др., 1999) проведена экономическая оценка технологий возделывания гороха. В расчетах применяли цены на применяемые в технологии материально-технические ресурсы (семена, удобрения, ГСМ, средства защиты растений) и стоимость получаемой продукции, сложившиеся на рынке в 2021 году. По Б.А. Доспехову (1985) и В.П. Томилову (1987) с помощью метода дисперсионного и корреляционного анализа провели статистическую обработку данных.

3. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

3.1. Структура почвы

Структура почвы является одним из важных факторов её плодородия. Структура почвенных агрегатов оказывают существенное влияние на порозность, водопроницаемость и влагоемкость почвы, поэтому структурная почва полностью впитывает влагу атмосферных осадков, и она лучше противостоит проявлению водной и ветровой эрозии (Холодов В.А. и др., 2019).

В наших опытах структура почвенных агрегатов осенью 2021 года (после 9 лет применения технологии No-till) по обеим технологиям и применения удобрений во всех изучаемых почвенных слоях была одинаковой, так как отличия находились в пределах ошибки опыта. В этих вариантах опыта содержание агрономически ценных агрегатов по классификации, предложенной А.А. Околеловой с коллегами (2013), и показатель структурного состояния почвы являются удовлетворительными (таблица 6).

Таблица 6. Агрономически ценные агрегаты почвы осенью 2021 г., %

Технология	Вариант	Почвенный слой, м			Среднее
		0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	
Рекомендованная	без удобрений	52,7	53,7	55,4	53,9
	N ₁₀ P ₄₀	51,6	54,8	55,7	54,0
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	45,3	48,7	55,5	49,8
No-till	без удобрений	52,5	53,2	56,9	54,2
	N ₁₀ P ₄₀	53,1	54,8	58,6	55,5
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	66,8	55,4	58,0	60,1
НСП ₀₅ технологии		2,8			
НСП ₀₅ удобрения		3,1			
НСП ₀₅ частные различия		3,7			

Значительное влияние на этот показатель оказала промежуточная почвопокровная культура, но в рекомендованной технологии она существенно уменьшила количество агрономически ценных агрегатов в слоях почвы 0,0-0,1 и 0,1-0,2 м, то-

гда как в технологии No-till их количество в верхнем слое почвы (0,0-0,1 м) достоверно увеличилось.

По нашему мнению, ухудшение структуры почвы в первом случае произошло из-за её распыления в результате двухразовой обработки почвы дисковыми орудиями для уничтожения почвопокровной озимой ржи и предпосевной культивацией перед посевом гороха. В технологии же No-till обработка почвы в это время не проводилась, а густая сеть мочковатой корневой системы почвопокровной озимой ржи хорошо структурировала почвенные агрегаты, особенно в верхнем десятисантиметровом слое почвы.

Агрономически ценные агрегаты (своим количеством) оказали существенное влияние на коэффициент структурности почвы, который по обеим сравниваемым технологиям и при применении удобрений в слое почвы 0,0-0,1 и 0,1-0,2 м был одинаковым, тогда как в слое 0,2-0,3 м достоверно большим он был в технологии No-till (таблица 7).

Таблица 7. Коэффициент структурности почвы осенью 2021 г.

Технология	Вариант	Почвенный слой, м			Среднее
		0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	
Рекомендованная	без удобрений	1,11	1,15	1,24	1,17
	N ₁₀ P ₄₀	1,07	1,21	1,26	1,18
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,83	0,95	1,25	1,01
No-till	без удобрений	1,11	1,14	1,32	1,19
	N ₁₀ P ₄₀	1,13	1,21	1,42	1,25
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	2,01	1,24	1,38	1,95
НСР ₀₅ обработка почвы		0,05			
НСР ₀₅ удобрение		0,07			
НСР ₀₅ частные различия		0,08			

Во всех случаях по оценке М.А. Мазирова (2012) и Ю.А. Кузыченко с коллегами (2017) наблюдается удовлетворительное состояние структуры почвы, тогда как существенное уменьшение коэффициента структурности в слоях почвы 0,0-0,1 и 0,1-0,2 м при посеве почвопокровной озимой ржи в рекомендованной

технологии до 0,83 и 0,95 говорит о неудовлетворительном состоянии почвенной структуры. В то же время, посев промежуточной озимой ржи в технологии No-till способствовал улучшению структуры верхнего десятисантиметрового слоя до хорошего состояния.

Результаты наших исследований соответствуют полученным результатам В.П. Белоброва с коллегами (2020), которые определяли структурное состояние почвы после первой ротации изучаемого севооборота осенью 2016 года. По мнению авторов это связано с наличием в черноземе обыкновенном карбонатов кальция, которые не позволяют за это время существенно изменить структуру почвы в технологии No-till, как южные и, особенно, типичные черноземы.

За эти годы структурное состояние почвы по обеим технологиям существенно увеличилось. После первой ротации севооборота количество агрономически ценных агрегатов по рекомендованной технологии составляла 37 %, по технологии No-till 36, при одинаковом коэффициенте структурности – 0,6 %. По истечении четырех лет после второй ротации севооборота количество ценных агрегатов и коэффициент структурности в обеих технологиях существенно увеличились, в основном за счет уменьшения глыбистой фракции размером агрегатов больше 10 мм с 62 % в 2016 году до 44-49 % в 2020 году.

Таким образом, по истечении двух ротаций четырёхпольного севооборота структура почвенных агрегатов чернозема обыкновенного после гороха в обеих технологиях и дозах внесения минеральных удобрений одинаковая и характеризуется как удовлетворительная. Посев в опыте промежуточной почвопокровной озимой ржи в рекомендованной технологии приводит к существенному снижению количества агрономически ценных агрегатов и снижению коэффициента структурности, тогда как в технологии No-till наблюдается достоверное увеличение этих показателей.

3.2. Плотность сложения почвы

Для большинства полевых сельскохозяйственных культур оптимальные показатели плотности почвы составляют от 1,00 до 1,40 г/см³ (Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., 2012). Растения гороха для образования клубеньков и проникновения

в почву стержневой корневой системы к плотности почвы предъявляет особые повышенные требования, поэтому оптимальная плотность почвы для роста и развития растений гороха находится в диапазоне 1,00-1,20 г/см³ (Нечаев Л.А. и др., 2009).

В нашем опыте в рекомендованной технологии осенью после вспашки перед уходом в зиму в среднем за годы исследований плотность верхнего десятисантиметрового слоя составляла 1,02 г/см³, слоя 0,1-0,2 м – 1,11-1,13 г/см³. Такое состояние чернозема обыкновенного, по мнению Б.И. Тарасенко (1981), является чрезмерно рыхлым и приводит к большой потере влаги из-за физического испарения с поверхности и из вспушенной почвы (таблица 8).

Таблица 8. Плотность почвы перед уходом в зиму, г/см³

(среднее за 2018-2020 гг.)

Технология	Почвенный слой, м	Вариант		
		без удобрений	N ₁₀ P ₄₀	N ₁₀ P ₄₀ + ППК
Рекомендованная	0,0-0,1	1,02	1,02	1,18
	0,1-0,2	1,11	1,13	1,25
	0,2-0,3	1,19	1,20	1,29
No-till	0,0-0,1	1,18	1,16	1,16
	0,1-0,2	1,22	1,18	1,21
	0,2-0,3	1,22	1,24	1,27
НСП ₀₅ обработка почвы		0,05		
НСП ₀₅ удобрение		0,04		
НСП ₀₅ частные различия		0,06		

В технологии No-till плотность верхнего слоя чернозема обыкновенного в это время находится в пределах оптимальных значений – 1,16-1,18 г/см³. В этом же диапазоне находится плотность слоя 0,1 м при посеве почвопокровной культуры по обеим технологиям.

Оптимальной плотностью для накопления и сохранения влаги в почве в осенне-зимний период обладают и более нижние слои – в слоях почвы 0,1-0,2 и

0,2-0,3 м в технологии No-till и в обеих технологиях при посеве почвопокровной культуры, и в рекомендованной технологии в слое 0,2-0,3 см (Забродкин А.А., 2013).

В период выхода из зимы (ранней весной), когда наступает оптимальное время для проведения предпосевной культивации и посева в технологии с обработкой почвы (рекомендованная технология) почва всё ещё оставалась чрезмерно рыхлой. При посеве почвопокровной озимой ржи по обеим технологиям она была в пределах оптимальных значений для накопления и сохранения влаги в почве (таблица 9).

Таблица 9. Плотность почвы ранней весной перед посевом гороха, г/см³
(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Почвенный слой, м	Вариант		
		без удобрений	N ₁₀ P ₄₀	N ₁₀ P ₄₀ + ППК
Рекомендованная	0,0-0,1	1,01	1,00	1,08
	0,1-0,2	1,06	1,03	1,18
	0,2-0,3	1,23	1,24	1,25
No-till	0,0-0,1	1,12	1,11	1,10
	0,1-0,2	1,19	1,19	1,14
	0,2-0,3	1,24	1,27	1,28
НСР ₀₅ обработка почвы		0,06		
НСР ₀₅ удобрение		0,03		
НСР ₀₅ частные различия		0,07		

Некоторое уплотнение слоя почвы 0,2-0,3 м в рекомендованной и, особенно, технологии No-till мы связываем с зимне-весенним недобором осадков в 2020 году, когда за две декады февраля, март и апрель при климатической норме 96 мм выпало в 3,7 раза меньше осадков – всего 26 мм. Это привело к иссушению почвы и, как следствие, её уплотнению (Приложение 3).

Осенью, после проведения вспашки и весной до предпосевной обработки наблюдалось чрезмерно рыхлое состояние почвы в слое 0,0-0,2 м во все годы исследований. При посеве же почвопокровной ржи почва во все годы сохраняла оп-

тимальную для накопления влаги плотность (Приложение 1). Тем не менее, плотность почвы, особенно слоя 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м в осенний и весенний периоды по годам существенно отличалась и в сильной степени зависела от количества выпадающих в это время осадков. Самой благоприятной по увлажнению была осень 2018 года и весна 2021 года, поэтому в эти годы плотность почвы по всем вариантам опыта была самой низкой, а в очень засушливую весну и осень 2020 года она по обеим технологиям существенно увеличивалась.

После проведения предпосевной культивации вспаханной с осени почвы и заделки вегетативной массы почвопокровной озимой ржи дисковыми орудиями её плотность перед посевом гороха в среднем за годы исследований стала оптимальной и составила 1,03-1,04 г/см³ (Дридигер В.К., Джандаров А.Н., 2021-1). В технологии No-till она достоверно выше – 1,12-1,13 г/см³, но также находится в пределах оптимальных значений для появления полных всходов растений гороха (таблица 10).

Таблица 10. Плотность почвы в слое 0,0-0,1 м во время вегетации гороха, г/см³
(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Определяли во время:		
		посева	цветения	полной спелости
Рекомендованная	без удобрений	1,04	1,24	1,25
	N ₁₀ P ₄₀	1,03	1,23	1,24
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,03	1,23	1,21
No-till	без удобрений	1,13	1,18	1,21
	N ₁₀ P ₄₀	1,12	1,22	1,23
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,13	1,25	1,19
НСР ₀₅ обработка почвы		0,05		
НСР ₀₅ удобрение		0,03		
НСР ₀₅ частные различия		0,06		

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 засуха-

ми, которые наблюдались во время цветения гороха в 2019 и 2020 гг. Такая же плотность почвы наблюдалась по обеим технологиям и в полной спелости гороха (Джандаров А.Н., 2020).

Еще больший показатель плотности почвы достигал в фазе цветения и полной спелости. За годы проведения исследований в слое 0,1-0,2 м увеличение составило от 1,29 до 1,36 г/см³. Различия по этому показателю между технологиями возделывания гороха, применения минеральных удобрений и почвопокровной промежуточной культуры были не существенными (таблица 11).

Таблица 11. Плотность почвы в слое 0,1-0,2 см во время вегетации гороха, г/см³
(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Определяли во время:		
		посева	цветения	полной спелости
Рекомендованная	без удобрений	1,14	1,32	1,34
	N ₁₀ P ₄₀	1,17	1,36	1,33
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,22	1,29	1,32
No-till	без удобрений	1,24	1,32	1,32
	N ₁₀ P ₄₀	1,24	1,31	1,30
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,25	1,36	1,31
НСП ₀₅ обработка почвы		0,07		
НСП ₀₅ удобрение		0,05		
НСП ₀₅ частные различия		0,07		

Следует отметить, что и при посеве по технологии No-till и в рекомендованной технологии после промежуточной озимой ржи плотность сложения почвы была выше оптимальных значений для гороха на 0,02-0,05 г/см³. Только после вспашки она в среднем была оптимальной – 1,14-1,17 г/см³.

Еще более плотным было сложение слоя почвы 0,2-0,3 м, когда уже при посеве по обеим технологиям она составила 1,25-1,30 г/см³, не отличаясь существенно между вариантами опыта (Приложение 2). В фазе цветения и полной спелости она увеличилась до 1,31-1,39 г/см³, также без существенных различий между технологиями, применения удобрений и почвопокровной культуры.

В годы проведения опытов плотность почвы существенно различалась. В засушливые 2020 и, особенно, 2019 годов плотность всех изучаемых слоев почвы уже при посеве гороха была существенно больше оптимальной, только после вспашки в рекомендованной технологии она составила 1,03-1,04 г/см³ (Приложение 3). В фазе цветения плотность верхнего слоя увеличивалась в эти годы до 1,23-1,33 г/см³, в слое 0,1-0,2 м – до 1,39-1,41, в слое 0,2-0,3 м – до 1,43 г/см³, не отличаясь существенно между технологиями.

В то же время в более увлажненном 2021 году в верхнем десятисантиметровом слое плотность почвы по обеим технологиям, применяемым удобрениям и почвопокровной культуре в момент посева и в течение всего вегетационного периода находилась в диапазоне оптимальных значений: при посеве - 1,02-1,07 г/см³, в фазе цветения и полной спелости - 1,15-1,18 г/см³. В слое почвы 0,1-0,2 м она во время вегетации по обеим технологиям уплотнялась не более чем до 1,22-1,24 г/см³, в слое 0,2-0,3 м – 1,25 г/см³.

Большое влияние выпадающих осадков на плотность почвы подтвердила математическая обработка полученных данных методом корреляционного анализа. Установлено, что весной осадки, выпадающие за месяц до посева гороха, не оказали существенного влияния на плотность почвы. Об этом свидетельствует слабая корреляционная зависимость между этими показателями – $r = -0,289$, что объясняется наличием в почве влаги осенне-зимних осадков.

В фазе цветения зависимость между плотностью почвы и выпавшими за предыдущий месяц осадками усиливается до средней ($r = -0,339$), а в фазе полной спелости наблюдается тесная обратная корреляционная зависимость между этими показателями – $r = -0,893$.

То есть плотность чернозема обыкновенного зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья на 7-9 годы по технологии No-till во время посева и вегетации гороха, в первую очередь, зависела от режима его увлажнения. В засушливых условиях почва существенно переуплотнялась, при выпадении осадков в более влажные годы находилась в диапазоне оптимальных значений для роста и развития культуры (Kuzychenko, Gadzhiumarov, Dzhandarov, Gorshkova, 2019). Эта

закономерность наблюдалась по обеим технологиям, применяемым удобрениям и почвопокровной культуре. Существенное переуплотнение чернозема обыкновенного в засушливые 2019 и 2020 гг. оказало негативное влияние на рост, развитие и формирование урожая гороха во всех вариантах опыта.

3.3. Количество дождевых червей и водопроницаемость почвы

Водопроницаемость является важным показателем физических свойств почвы, показывающая её способность впитывать и накапливать влагу атмосферных осадков за единицу времени, особенно дождей ливневого характера, которые довольно часто наблюдаются в зоне неустойчивого увлажнения в теплое время года.

Существенное значение на водопроницаемость почвы играет её структура, водопрочность почвенных агрегатов, а также наличие обитающей в ней макро- и микробиоты. Проведенными ранее исследованиями установлено, что отказ от обработки чернозема обыкновенного приводит к увеличению водопрочности его почвенных агрегатов (Belobrov V.P., Yudin S.S., Yaroslavtseva N.V. u.a., 2020). По мнению авторов это делает почвенные агрегаты более устойчивыми к разрушению от проникающей в почву воды и способствует проникновению и накоплению влаги в более глубокие почвенные слои.

Кроме того, в технологии No-till существенно увеличивается количество обитающих в ней дождевых червей (Капелле К. и др., 2013; Стукалов Р.С., 2018). Авторы объясняют это отсутствием обработки почвы, в результате которой дождевые черви гибнут, и нарушается среда их обитания, а также наличием большого количества пищи в виде полуразложившегося органического вещества и мелких остатков растений (Годунова Е.И., 2014, Кутовая О.В. и др., 2021).

В наших исследованиях на 7-9 годы работы по технологии No-till в слое почвы 0-20 см количество дождевых червей в 4,6 раза, а их живая масса в 5,3 раза больше, чем в технологии с механической обработкой почвы.

Проведенный корреляционный анализ показал, что количество дождевых червей, обитающих под посевами гороха в слое почвы 0-20 см, в средней степени ($r = 0,436$) зависит от количества выпавших осадков за два месяца до их определения (таблица 12).

Таблица 12. Влияние технологии возделывания гороха на количество и живую массу дождевых червей в почве

Технология	Слой почвы, см	Количество, шт./м ²				Живая масса, г/м ²			
		2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Рекомендованная	0-10	1	4	23	9,3	0,7	1,2	6,2	2,70
	10-20	2	2	0	1,3	1,1	0,7	0	0,60
	0-20	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

Еще более тесная корреляционная зависимость количества дождевых червей наблюдается с количеством растительных остатков предшествующей культуры перед посевом гороха – $r = 0,703$. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости количества дождевых червей от величины выпавших осадков и количества растительных остатков в технологии No-till имеет вид (Приложение 4):

$$Y = 0,62x_1 - 78,6x_2 + 487 \quad 1$$

где: Y – количество дождевых червей;

x_1 – выпадающие осадки;

x_2 – растительные остатки.

Коэффициент множественной детерминации ($R^2 = 0,767$) означает, что 76,7 % вариации количества дождевых червей учтено уравнением регрессии, а 23,3 % приходится на долю неучтённых факторов.

По рекомендованной технологии уравнение имеет вид (Приложение 5):

$$Y = 0,3x_1 - 4,5x_2 + 7,88 \quad 2$$

При этом коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,657$ означает, что только 65,7 % вариации количества дождевых червей учтено уравнением регрессии, а остальные 34,3 % приходится на долю неучтённых факторов.

То есть растительная мульча на поверхности почвы оказывает большее влияние на численность дождевых червей, чем выпадающие осадки. Это объясняется

тем, что с одной стороны растительные остатки являются кормом для дождевых червей, с другой они укрывают почву и снижают потери влаги, что уменьшает негативное влияние недостатка влаги в почве и снижает зависимость численности червей от выпадающих осадков, чем в рекомендованной технологии.

Несмотря на это, по обеим технологиям основное количество дождевых червей (более 80 %) находятся в верхнем десятисантиметровом почвенном слое, что позволяет сделать вывод об экологической чистоте и безопасности почвы, несмотря на применение в технологии No-till гербицидов сплошного действия (из группы глифосатов) для борьбы с сорной растительностью. Р.С. Стукалов и В.К. Дридигер (2018) в исследованиях ранее установили, что в почве и получаемой сельскохозяйственной продукции не остаётся остаточного количества глифосат кислоты.

Обитающие же в почве дождевые черви в существенно большем количестве по технологии No-till, чем в рекомендованной технологии, своими норками в горизонтальном и вертикальном направлениях создают благоприятные условия для проникновения летних осадков и при весеннем снеготаянии в более глубокие почвенные горизонты (рисунок 3).

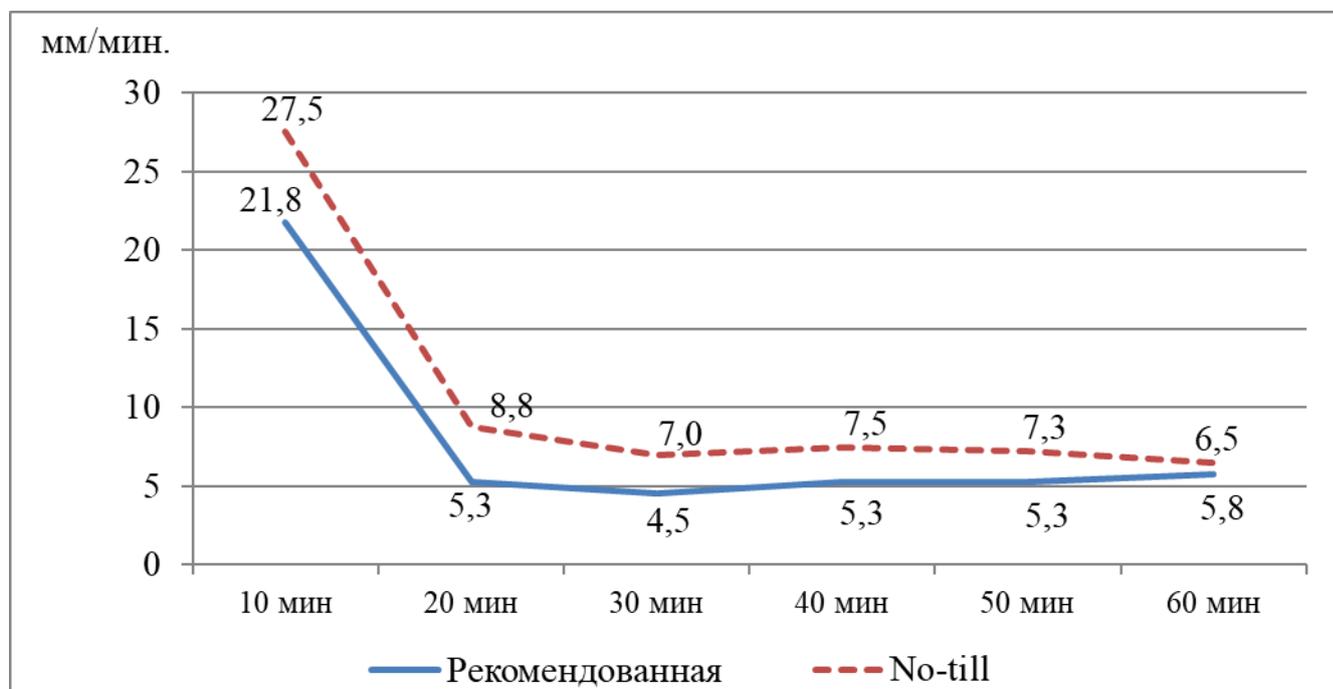


Рисунок 3. Влияние технологии возделывания на водопроницаемость почвы во время ветвления гороха, среднее за 2019-2021 гг., мм/мин (Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Дридигер В.К, 2022)

То есть дождевые черви совместно с улучшающимися водно-физическими свойствами почвы, способствуют улучшению её водопроницаемости. В нашем опыте водопроницаемость чернозема обыкновенного, возделываемого 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 остальные 50 минут учётного времени водопроницаемость существенно снизилась по обеим технологиям, но она также была выше по технологии No-till. В среднем по этой технологии за 1 час наблюдений почва впитала 64,6 мм воды, что на 16,6 мм, или на 25,7 % больше, чем в рекомендованной технологии.

По наблюдениям В.К. Дридигера с коллегами (2020) такая водопроницаемость почвы в технологии No-till в сочетании с растительными остатками на поверхности почвы, являющимися естественным препятствием для стока воды и снижающие скорость её потока, обеспечивают впитывание в почву влаги ливневых осадков. Это предотвращает проявление водной эрозии, которая наблюдается на полях с рекомендованной технологией.

Однако при повторном определении водопроницаемости почвы осенью после уборки всех возделываемых в севообороте культур, она после гороха по обеим технологиям была существенно меньше, чем весной (рисунок 4).

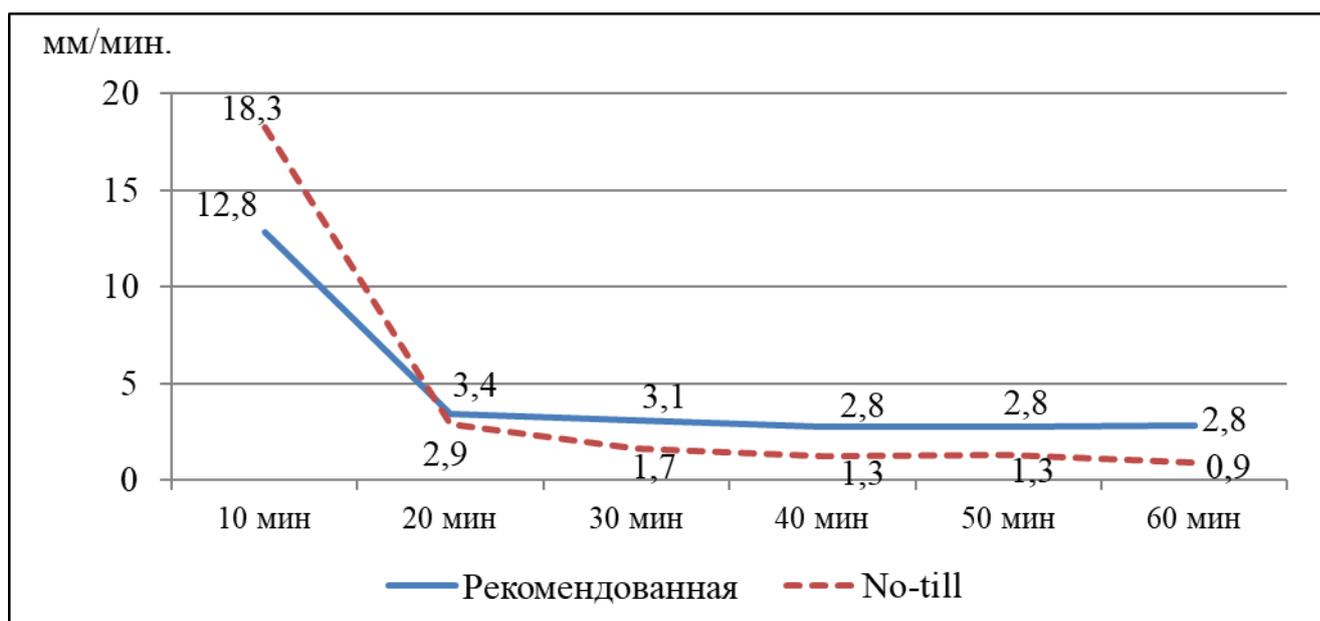


Рисунок 4. Влияние технологии возделывания на водопроницаемость почвы после уборки гороха осенью, среднее за 2019-2021 гг., мм/мин

В технологии No-till в первые десять минут водопроницаемость почвы составила 18,3 мм/мин., что на 5,5 мм/мин., или на 43,0 % больше, чем в рекомендованной технологии. Но во все последующие промежутки времени она по технологии No-till была ниже, чем в рекомендованной технологии.

В среднем за час наблюдений почва по технологии No-till впитывала 4,40 мм/мин., что на 0,22 мм/мин., или на 4,8 % меньше, чем по рекомендованной технологии. Такое явление мы связываем с чрезмерным уплотнением почвы к фазе полной спелости гороха и отсутствием осадков после его уборки, когда с августа до середины октября месяца при климатической норме 90 мм, выпало всего 8 мм осадков. В результате почвенной засухи дождевые черви мигрировали в глубину почвенного профиля, почва уплотнилась, что и привело к снижению её водопроницаемости по обеим технологиям, но больше это отразилось в технологии No-till.

Следует отметить, что после выпадения осадков почва после уборки гороха разуплотняется, в неё возвращаются дождевые черви и водопроницаемость восстанавливается. Поэтому весной, за годы исследований, водопроницаемость чернозема обыкновенного после гороха, возделываемого по технологии No-till, была в течение всего времени наблюдений выше, чем в рекомендованной технологии.

То есть в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края уплотнение и снижение водопроницаемости чернозема обыкновенного наблюдается при наступлении атмосферной и почвенной засухи и носит временный характер. После выпадения осадков физические свойства чернозема восстанавливаются.

3.4. Обеспеченность растений влагой

При решении проблемы с накоплением и сохранением продуктивной влаги в почве для сельскохозяйственных растений важную роль Р.С. Стукалов (2019), Д.Г. Полякова и Ф.Г. Бакирова (2020) уделяют растительным остаткам, которые по технологии без механической обработки почвы (No-till) остаются на поверхности и не заделываются в почву. В наших опытных делянках после уборки предшественника (кукурузы) остается одинаковое их количество по обеим сравниваемым технологиям (таблица 13).

Таблица 13. Масса воздушно-сухих остатков побочной продукции предшествующей кукурузы (после её уборки), т/га

(среднее за 2019-2020 гг.)

Технология	Вариант	На момент уборки кукурузы	На момент посева гороха	Сохранилось, %
Рекомендованная	без удобрений	5,21	0	0
	N ₁₀ P ₄₀	5,58	0	0
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	5,60	0,33	5,8
No-till	без удобрений	5,15	2,35	45,6
	N ₁₀ P ₄₀	5,69	2,87	50,4
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	5,71	3,20	56,0
НСП ₀₅ обработка почвы		0,17	-	
НСП ₀₅ удобрение		0,22	-	
НСП ₀₅ частные различия		0,33	-	

Существенному увеличению их массы способствует внесение минеральных удобрений, которые увеличивают надземную массу кукурузы, и почвопокровная озимая рожь.

В технологии No-till растительные остатки остаются на поверхности почвы и от уборки кукурузы осенью текущего года до посева гороха весной следующего года разлагаются почвенными микроорганизмами, чему способствуют выпадающие осенне-зимне-весенние осадки. К посеву гороха их остается 2,35-2,87 т/га, что составляет 45,6-50,4 % от первоначального их количества (Джандаров А.Н., 2020).

После посева промежуточной почвопокровной озимой ржи растительных остатков на поверхности делянки в этой технологии было достоверно больше и составило 3,20 т/га. Этому способствовала озимая рожь, которая к моменту посева гороха достигала высоты 22 см и формировала 1390 г/м² надземной и корневой массы (таблица 14).

В рекомендованной технологии растительная мульча озимой ржи существенно меньше и составляет 1117 г/м², и вместе с растительными остатками

предшествующей кукурузы, оставшимися после обработки дисковыми орудиями перед посевом озимой ржи, составляют всего 0,33 т/га, или 5,8 % первоначального их количества (см. таблицу 13). На вариантах, где по рекомендованной технологии рожь не сеяли, после двухразового лушения стерни и зяблевой отвальной вспашки все пожнивные остатки кукурузы заделаны в почву и на её поверхности перед посевом гороха растительных остатков не было.

Таблица 14. Биометрические показатели почвопокровной озимой ржи перед посевом гороха (среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Растений озимой ржи, шт./м ²	Надземная часть		Корни		Общая масса, г/м ²
		высота, см	сырая масса, г/м ²	длина, см	сырая масса, г/м ²	
Рекомендованная	238	19	717	14	400	1117
No-till	281	22	980	13	410	1390
НСП ₀₅	18	-	53	-	17	75

Наличие растительных остатков оказало существенное влияние на содержание продуктивной влаги в осенний период. Перед зимой, в рекомендованной технологии, где почву механически обрабатывали, влаги содержалось существенно меньше – 73 мм, тогда как в технологии No-till 114-115 мм, что 43-43 мм больше (таблица 15).

Таблица 15. Содержание продуктивной влаги в полутораметровом слое почвы, мм (среднее за 2019-2021 гг.) (Дридигер В.К., Джандаров А.Н., 2021-1)

Вариант	Рекомендованная		No-till	
	до зимы	весной	до зимы	весной
Без удобрений	73	164	115	229
N ₁₀ P ₄₀	73	164	114	233
N ₁₀ P ₄₀ + ППК	67	151	104	218
НСП ₀₅ обработка почвы	5	12	-	
НСП ₀₅ удобрение	4	9	-	
НСП ₀₅ частные различия	8	14	-	

Обусловлено это чрезмерной вспушенностью вспаханной по рекомендован-

ной технологии почвы, что приводит к потерям влаги от физического испарения, тогда как в более плотной и укрытой растительной мульчей в технологии No-till почве складываются благоприятные условия для накопления и сохранения в ней влаги. Аналогичное наблюдали в своих исследованиях В.К. Дридигер с коллегами (2017, 2017-1).

Существенно больше содержание продуктивной влаги в почве по технологии No-till наблюдается и ранней весной при наступлении физической спелости почвы. Кроме вышеуказанных причин, этому способствуют растительные остатки, которые в этой технологии даже при очень малоснежных зимах в годы проведения опытов накапливали 11,4 см снега, тогда как в рекомендованной технологии всего 5,7 см. В первом случае снег таял на 3-5 дней позже, как во втором в это время снега уже не было и наблюдалось интенсивное испарение влаги с поверхности, что также приводило к снижению её содержания в почве (рисунок 5).



Рисунок 5. Весеннее таяние снега после обработанной по рекомендованной технологии почве (справа) и в технологии No-till (слева)

Следует отметить, что промежуточный посев озимой ржи после уборки кукурузы приводил к достоверному снижению содержания продуктивной влаги перед наступлением зимы и ранней весной в обеих технологиях.

Большее снегонакопление и меньшие потери влаги в осенний и ранневесенний периоды в технологии без механической обработки почвы (No-till) обеспечило ей достоверно большее содержание влаги в полуметровом слое почвы во

время посева и в течение вегетации гороха. Во время посева гороха в рекомендованной технологии в слое почвы 0-150 см без посева озимой ржи содержалось 165-166 мм продуктивной влаги, с её посевом достоверно меньше – 150 мм. В технологии No-till содержалось, соответственно, 235-236 и 221 мм, что на 70 мм, или на 42,4 % больше (таблица 16).

Таблица 16. Содержание продуктивной влаги в 1,5 м слое почвы во время вегетации гороха, мм (в среднем за 2019-2021 гг.)

(Дридигер В.К., Джандаров А.Н., 2021-1)

Технология	Вариант	Определяли в:		
		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
НСП ₀₅ технологии		18	10	4
НСП ₀₅ удобрения		10	7	3
НСП ₀₅ частные различия		21	12	7

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. То есть в технологии No-till в полутораметровом слое почвы дополнительно по отношению к рекомендованной содержалось 330-540 м³ воды, что по объему сравнимо с вегетационным поливом, который получают растения гороха при возделывании по этой технологии.

Внесение удобрений не оказало существенного влияния на содержание влаги в почве по обеим технологиям, тогда как 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.

Таким образом, в необработанной и укрытой растительными остатками почве по технологии No-till больше накапливается и лучше сохраняется влага атмосферных осадков, тогда как в рекомендованной технологии наблюдаются большие потери влаги с поверхности обработанной почвы. Поэтому в технологии No-till при обеих дозах внесения минеральных удобрений осенью, ранней весной и в течение вегетации гороха содержится существенно больше влаги, чем в рекомендованной технологии. Посев промежуточной почвопокровной озимой ржи после уборки предшествующей гороху кукурузы приводит к достоверному снижению содержания продуктивной влаги в почве по обеим технологиям.

3.5. Целлюлозоразлагающая активность почвы

По наблюдениям С.Д. Гилева с коллегами (2015), Д.А. Никитина с соавторами (2020) в технологии No-till уменьшается количество почвенной микрофлоры и в её составе увеличивается содержание и даже начинают доминировать микроскопические плесневелые грибы из рода *Fusarium* и *Penicilium*, обладающие высокими токсикогенными свойствами. Авторы объясняют это тем, что в технологии No-till почва уплотняется, а из-за растительных остатков она долго прогревается, поэтому в ней снижается количество микроорганизмов и микробиологические процессы протекают значительно медленнее, чем в обработанной почве.

В то же время в опытах Е.А. Менькиной и А.А. Воропаевой (2018), Г.Р. Ильбулова с коллегами (2021, 2021-1), Korvigo I.O et. al. (2016); Legrand F. et. al. (2018) в технологии No-till микробиологическая и ферментативная активность увеличивались, что они объясняли лучшей влагообеспеченностью и наличием на поверхности растительных остатков, которые являются пищей для микрофлоры и мезофауны, и обеспечивалось увеличение самоочищающей способности почвы от микробиологического и химического загрязнения.

В наших опытах после уборки гороха осенью 2020 года по рекомендованной технологии в почве было 3 рода патогенных микроскопических грибов: *Fusarium*, *Alternaria* и *Cephalosporium*, в технологии No-till 2 рода – *Fusarium* и *Alternaria*. Вся патогенная группа микромицетов выделяет в почву токсическое вещество, вызывая микотоксикоз почвы и, как следствие, болезни прикорневой и

корневой системы растений.

Гриба рода *Fusarium* по рекомендованной технологии в слое почвы 0-20 см было 9 000 КОЕ/г (колониеобразующих единиц на 1 грамм почвы), тогда как по технологии No-till 4500 КОЕ/г, или в 2 раза меньше. Патогенного гриба рода *Alternaria* содержалось соответственно 6 500 и 5000 КОЕ/г (таблица 17).

Таблица 17. Содержание микробиоты в слое почвы 0-20 см в 2020 году, КОЕ/г

Технология	Род микромицета					
	Fusarium	Alternaria	Cephalosporium	Penicillium	Aspergillus	Trichoderma
Рекомендованная	9000	6500	500	29500	6000	0
No-till	4500	5000	0	17000	2500	500

Из супрессивной (полезной) микрофлоры по рекомендованной технологии в почве обитали микромицеты рода *Penicillium* и *Aspergillus*, в технологии No-till к ним прибавилась *Trichoderma*.

Количество супрессивных грибов рода *Penicillium* и *Aspergillus* в рекомендованной технологии было существенно больше, чем в технологии No-till, но наличие здесь микромицетов рода *Trichoderma* в количестве 500 КОЕ/г говорит о начавшемся процессе самоочищения почвы от патогенной микрофлоры. Происходит это без внесения грибных или биологических препаратов в течение всех 9 лет проведения опыта, которые могли бы оказать влияние на почвенную микробиоту.

Подтверждением этому является существенное увеличение численности микроорганизмов, разлагающих целлюлозу (Никитин Д.И. и др., 2021). По мнению авторов, проводивших исследования на нашем опыте, эти микроорганизмы также подавляют патогенную микрофлору, снижая её численность и вредоносность. Об этом же свидетельствуют исследования В.Н. Черкашина и Г.В. Черкашина (2018), в которых поражение и распространение корневых гнилей на озимой пшенице, посеянной после гороха, в рекомендованной и No-Till технологиях было одинаковым и составило 1,4-2,0 %, что было существенно меньше экономического порога вредоносности (не более 5 %) и не оказало отрицательного влияния на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы.

Технологии возделывания гороха, удобрения и почвопокровная озимая рожь оказали существенное влияние на почвенные целлюлозоразлагающие микроорганизмы. В среднем за годы исследований небольшое, но математически доказуемое преимущество по этому показателю в слое почвы 0,0-0,2 м через 30 дней после закладки льняного полотна имела технология No-till (таблица 18).

Таблица 18. Влияние технологии возделывания, удобрений и почвопокровной озимой ржи на целлюлозоразлагающую активность почвы в слое 0,0-0,2 м, % (разложилось льняного волокна через 30 дней после его закладки)

Технология	Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Рекомендованная	без удобрений	5,6	0,0	12,4	6,0
	N ₁₀ P ₄₀	7,6	0,0	13,9	7,1
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	17,7	0,0	25,0	15,3
No-till	без удобрений	11,3	0,0	12,8	8,0
	N ₁₀ P ₄₀	11,2	0,0	13,2	8,1
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	23,2	0,0	34,2	19,5
НСП ₀₅ технологии		0,8	-	1,8	1,4
НСП ₀₅ удобрения		1,0	-	2,3	1,7
НСП ₀₅ частные различия		1,5	-	3,2	2,3

В обеих технологиях различия по разложению полотна между внесением удобрений и без его внесения были несущественными, но их показатели достоверно меньше, чем при промежуточном посеве почвопокровной озимой ржи. Мы объясняем это наличием в почве растительных остатков озимой ржи, особенно в рекомендованной технологии, являющихся пищей для почвенной микрофлоры. В технологии No-till, кроме озимой ржи, на поверхности находились ещё и растительные остатки предшествующих культур, что и обеспечило достоверно большую активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов при посеве озимой ржи в этой технологии – 19,5 % против 15,3 % в рекомендованной технологии.

Большое влияние на целлюлозоразлагающую активность почвы играли погодные условия в годы исследований. В 2019 году после закладки льняного по-

лотна и до определения целлюлозоразлагающей активности почвы через 30 дней выпало 43 мм осадков, в 2021 году – более 100 мм и активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в 2019 году по всем вариантам опыта была в 2 раза меньше, чем в 2021 году. В 2020 году за этот промежуток времени выпало всего 8 мм осадков, и до посева гороха была засуха, поэтому в этот год повреждения льняного полотна через 30 дней после посева не наблюдалось – микроорганизмы из-за атмосферной и почвенной засухи активности не проявили.

Аналогичное наблюдается и по слоям почвы 0,0-0,1 и 0,1-0,2, когда в засушливом 2019 году большая целлюлозоразлагающая активность почвы наблюдается в более глубоком слое 0,1-0,2 м, а во влажном 2021 году она была более высокой и одинаковой в обоих изучаемых слоях почвы (Приложение 6). В первом случае меньшая активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в верхнем слое почвы обусловлена быстрым иссушением этого слоя, особенно в рекомендованной технологии, а в 2021 году, благодаря выпадающим осадкам, сложились благоприятные условия для микробиоты в обоих почвенных слоях.

В следующие 30 дней (с 30 по 60 день после посева) целлюлозоразлагающая активность почвы во все годы исследований была значительно больше, чем в первые тридцать дней после посева. Более высокой она, опять же, была в 2019 и 2021 гг., когда в это время выпадали осадки, в 2020 году и в этот промежуток времени осадков было существенно меньше, что и привело к самой низкой активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов из всех лет исследований (таблица 19).

В среднем за годы проведения опытов целлюлозоразлагающая активность почвы на 30-60 день после посева при внесении и без внесения минеральных удобрений по технологии No-till была достоверно больше, чем по рекомендованной технологии. Внесение минеральных удобрений также способствовало росту активности почвенной микробиоты, но по обеим технологиям самой большой она была при промежуточном посеве озимой ржи. При этом по технологии No-till активность микробиоты достоверно больше на 3,4 %, чем по рекомендованной научными учреждениями технологии. Это также объясняется большим количеством растительных остатков и лучшим увлажнением верхнего двадцатисанти-

метрового слоя почвы.

Таблица 19. Влияние технологии возделывания, удобрений и почвопокровной озимой ржи на целлюлозоразлагающую активность почвы в слое 0,0-0,2 м, % (разложилось льняного волокна через 60 дней после его закладки)

Техно- логия	Вариант	Разложилось, %			Среднее
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Рекомен- дованная	без удобрений	21,7	5,0	24,0	16,9
	N ₁₀ P ₄₀	23,0	7,2	23,5	17,9
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	31,6	15,0	40,3	29,0
No-till	без удобрений	24,8	5,9	28,6	19,8
	N ₁₀ P ₄₀	29,4	7,4	28,8	21,9
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	37,7	11,8	47,6	32,4
НСП ₀₅ технологии		1,6	0,6	1,8	1,6
НСП ₀₅ удобрения		1,8	0,8	2,0	1,9
НСП ₀₅ частные различия		2,1	1,2	2,3	2,1

Погодные условия оказали существенное влияние и на целлюлозоразлагающую активность по изучаемым почвенным слоям. Самой низкой она была в острозасушливом 2020 году, тогда как в 2019 и 2021 гг. по слоям почвы 0-10 и 10-20 см она была достоверно больше (Приложение 7).

По обеим технологиям активность микробиоты в слое почвы 0,1-0,2 м больше, чем в слое 0,0-0,1 м, что произошло благодаря выпадающим осадкам и наличию влаги в более глубоких почвенных горизонтах. В среднем за годы исследований активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов по обоим слоям почвы в технологии No-till достоверно выше, чем в рекомендованной технологии. Вносимые удобрения не увеличивали целлюлозоразлагающую активность почвы, тогда как посев промежуточной почвопокровной озимой ржи способствовало существенному увеличению этого показателя по обеим технологиям.

Таким образом, целлюлозоразлагающая активность слоя почвы 0,0-0,2 м под посевами гороха, возделываемого по технологии No-till, достоверно больше, чем в рекомендованной технологии с механической обработкой почвы. Внесение

минеральных удобрений не способствовало увеличению этого показателя, тогда как при посеве почвопокровной озимой ржи активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов существенно увеличивалась по обеим технологиям. При этом в рекомендованной технологии в почве существенно больше патогенных микроскопических грибов, вызывающих болезни прикорневой и корневой системы растений, чем в технологии No-till.

3.6. Обеспеченность растений элементами питания

Важную роль в получении урожая полевых культур играет обеспеченность сельскохозяйственных растений доступными элементами питания. По мнению многих авторов (Коротких Н.А., Власенко Н.Г., Кастючик С.П., 2016; Воропаева А.А., Усенко В.И., Усенко С.В., 2017; Шаповалова Н.Н., Годунова Е.И., 2017) применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till является высоко эффективным агроприёмом, существенно повышающим урожайность возделываемых культур и экономическую эффективность растениеводства.

В то же время, некоторые ученые высказывают озабоченность о низкой эффективности минеральных удобрений, особенно фосфорных и калийных (Назаренко О.Г., 2015), в связи с их поверхностным или припосевным внесением на глубину заделки семян, что приводит к увеличению содержания доступных элементов питания в верхнем слое почвы и их слабой усвояемостью глубже расположенной корневой системой растений, особенно в засушливых условиях (Синещев В.Е., Ткаченко Г.И., 2015; Кураченко Н.Л., Колесник А.А., 2020).

В наших опытах в рекомендованной технологии с применением отвальной обработки почвы различия по содержанию подвижного фосфора между верхним десятисантиметровым слоем и более глубоким слоем 10-20 см без внесения минеральных удобрений составляет 0,5 мг/кг почвы, при их внесении 3,2 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 (таблица 20).

Таблица 20. Содержание подвижного фосфора в почве в зависимости от технологии и внесения удобрений (в фазе цветения гороха), мг/кг

Вариант	Слой почвы, м	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее	
		рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till
Без удобрений	0,0-0,1	22,2	24,2	22,8	26,7	11,6	12,2	18,9	21,0
	0,1-0,2	19,2	21,1	25,0	22,3	11,2	11,4	18,4	18,3
	0,2-0,3	17,7	18,7	18,0	14,7	6,4	6,2	14,0	13,2
N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	32,5	36,0	41,6	54,0	36,5	48,7	36,9	46,2
	0,1-0,2	30,1	33,9	46,7	46,5	24,4	32,8	33,7	37,7
	0,2-0,3	21,0	20,3	28,7	27,9	17,2	23,2	22,3	23,8
N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	28,9	30,6	38,5	52,2	25,5	30,3	31,0	37,7
	0,1-0,2	21,3	25,1	42,3	28,3	24,8	23,6	29,5	25,7
	0,2-0,3	17,0	18,2	21,2	19,0	23,1	19,2	20,4	18,8
НСП ₀₅ технологии		1,3		1,4		1,3		1,3	
НСП ₀₅ удобрения		1,6		1,8		1,7		1,7	
НСП ₀₅ частные различия		2,1		2,3		2,4		2,2	

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 (Дридигер В.К. и др., 2015) 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. Согласно градации Э.А. Муравина и В.И. Титовой (2010) обеспеченность растений гороха в верхнем слое почвы за вторую ротацию севооборота увеличилась от средней до высокой, в слое 0,1-0,2 м – от средней до повышенной. Такая обеспеченность гороха подвижным фосфором, несмотря на различия в его размещении по слоям почвы, отрицательного влияния на рост, развитие и урожайность культуры не оказала.

Следует отметить, что и без применения минеральных удобрений в годы наблюдений в верхнем десятисантиметровом слое почвы содержалось 21,0 мг/кг подвижного фосфора, что математически доказуемо на 2,1 мг/кг больше, чем в

рекомендованной технологии. За вторую ротацию севооборота в этом слое почвы содержание данного элемента увеличилось с 18,4 (Дриггер В.К., Стукалов Р.С., 2017) до 21,0, в слое 0,1-0,2 м – с 15,9 до 18,3 мг, что положительно сказалось на обеспеченности гороха подвижным фосфором.

То есть, увеличение содержания подвижного фосфора в технологии No-till происходит не только в верхнем десятисантиметровом, но и более глубоких слоях почвы. В первом случае это происходит из-за внесения фосфорных удобрений в этот слой и разложению микроорганизмами растительных остатков, расположенных на поверхности почвы, во втором случае, благодаря равномерному распределению этого элемента питания в растении, в том числе и корневой системе, после разложения, которой происходит выделение доступных для растений элементов питания в более глубоких почвенных горизонтах.

Содержание подвижного калия между почвенными слоями в технологии No-till также более контрастно, чем в рекомендованной технологии (таблица 21).

Таблица 21. Содержание подвижного калия в почве (в фазе цветения гороха), мг/кг

Вариант	Слой почвы, м	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее	
		рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till
Без удобрений	0,0-0,1	244	308	203	347	292	208	246	288
	0,1-0,2	267	280	210	244	228	190	235	238
	0,2-0,3	271	261	186	205	214	140	224	202
N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	274	315	238	400	295	374	269	363
	0,1-0,2	292	255	260	227	280	408	277	297
	0,2-0,3	272	236	233	202	364	186	289	208
N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	277	268	200	304	325	328	267	300
	0,1-0,2	257	245	210	245	196	196	221	229
	0,2-0,3	256	209	237	182	220	260	238	217
НСП ₀₅ технологии		18		16		19		18	
НСП ₀₅ удобрения		21		19		23		21	
НСП ₀₅ частные различия		25		26		28		27	

В среднем за годы исследований в верхнем десятисантиметровом слое без внесения минеральных удобрений этого элемента было больше, чем в слое 0,1-0,2 м на 11 мг/кг, с внесением удобрений – было даже на 8 мг/кг больше в слое 0,0-0,1 м, тогда как в технологии No-till преимущество верхнего слоя по содержанию подвижного калия составило 50 и 66 мг/кг почвы.

В технологии No-till в верхнем слое почвы 0,0-0,1 м подвижного калия во всех вариантах опыта содержится достоверно на 33-94 мг/кг больше, чем по рекомендованной технологии. Объяснить это можно наличием растительных остатков в этой технологии на поверхности почвы, в результате разложения которых почвенными микроорганизмами выделяется калий, который и увеличивает его содержание в этом почвенном слое.

В слое почвы 0,1-0,2 м подвижного калия в обеих технологиях было одинаковое количество, а в более глубоком слое 0,2-0,3 м его в технологии No-till достоверно меньше во всех вариантах опыта. Видимо, это обусловлено выносом этого элемента питания из данного слоя почвы корневой системой растений и слабой его восполнимостью в результате её разложения микроорганизмами. Поэтому в технологии No-till необходимо обратить внимание на содержание подвижного калия в почве и при его низком содержании вносить сложные минеральные удобрения, в составе которых есть калий.

Технология возделывания, применяемые минеральные удобрения и почвопокровная озимая рожь не оказали существенного влияния на содержание нитратного азота во время цветения гороха в слоях почвы 0,0-0,1; 0,1-0,2 и 0,2-0,3 м. Различия между вариантами опыта во все годы находились в пределах ошибки опыта (таблица 22).

Засушливые условия перед цветением гороха в 2019 и особенно в 2020 гг. привели к очень низкому содержанию нитратного азота во всех вариантах опыта и изучаемых слоях почвы. Больше нитратного азота в почве наблюдалось в это время в 2021 году, когда перед цветением гороха прошли дожди и сложились благоприятные условия для процессов нитрификации. Выпадение осадков привело к вымыванию нитратов в более глубокие слои почвы, поэтому содержание нитрат-

ного азота от верхнего десятисантиметрового слоя почвы к более глубокому увеличивалось. При этом во все годы исследований обеспеченность растений гороха этим элементом питания по всем вариантам опыта была очень низкой (Кауричев И.С., 1986) и изучаемые технологии, вносимые удобрения и промежуточная почвопокровная культура не оказали никакого влияния на этот показатель.

Таблица 22. Содержание нитратного азота в почве (в фазе цветения гороха), мг/кг

Вариант	Слой почвы, м	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее	
		рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till
Без удобрений	0,0-0,1	1,7	1,6	1,3	1,3	11,3	12,5	4,8	5,1
	0,1-0,2	1,0	1,4	0,7	0,9	12,1	12,5	4,6	4,9
	0,2-0,3	1,0	1,5	0,5	0,7	13,0	14,6	4,8	5,6
N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	1,8	2,7	0,6	1,1	13,1	12,2	5,2	5,3
	0,1-0,2	2,1	1,4	0,7	0,7	13,6	12,5	5,5	4,9
	0,2-0,3	1,3	2,3	0,8	0,6	15,1	14,5	5,7	5,8
N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	3,6	2,1	0,7	1,7	11,5	11,7	5,2	5,1
	0,1-0,2	2,1	1,7	0,9	0,4	12,5	12,5	5,2	4,8
	0,2-0,3	1,1	2,5	1,1	1,1	14,7	13,2	5,6	5,6
НСП ₀₅ технологии		0,3		0,2		0,7		0,4	
НСП ₀₅ удобрения		0,3		0,2		0,8		0,5	
НСП ₀₅ частные различия		0,4		0,3		1,3		0,8	

Таким образом, технологии возделывания, вносимые удобрения и посев гороха после почвопокровной промежуточной озимой ржи не оказали какого либо значительного воздействия на содержание нитратного азота в почве во время цветения гороха, которого за все время наблюдений было очень низкое количество во всех изучаемых вариантах опыта.

3.7. Содержание гумуса в почве

По наблюдениям А.Н. Есаулко с коллегами (2018), А.Н. Власенко, П.И. Кудашкина, Н.Г. Власенко (2020), Д.О. Рогожина и Б.А. Борисова (2020) выращива-

ние полевых культур по системе No-till приводит к увеличению содержания в почве гумуса. Авторы объясняют это отсутствием в этой технологии обработки почвы, что снижает текущую нитрификацию, а также наличием на поверхности почвы растительных остатков, увеличивающих устойчивость почвы к проявлению дефляции и водной эрозии, являющихся в зоне неустойчивого увлажнения основной причиной снижения почвенного плодородия.

В нашем опыте на делянках гороха, посеянных в 2012 и через две ротации севооборота в 2020 гг. за 8 лет возделывания сельскохозяйственных культур по рекомендованной технологии содержание гумуса без внесения удобрений и с их внесением снизилось на 0,14 и 0,13 %. То есть в рекомендованной технологии с обработкой почвы, вносимые под культуры севооборота минеральные удобрения не оказали положительного влияния на содержание гумуса в почве (таблица 23).

Таблица 23. Содержание гумуса в почве (после уборки гороха), %

Вариант	Слой почвы, м	Исходное 2012г.	2020 год		+/- к исходной		No-till к рекомендованной
			рекомендованная	No-till	рекомендованная	No-till	
Без удобрений	0,0-0,1	3,96	3,81	4,10	-0,15	0,14	0,29
	0,1-0,2	3,84	3,68	3,90	-0,16	0,06	0,22
	0,2-0,3	3,62	3,52	3,68	-0,10	0,06	0,16
Среднее		3,81	3,67	3,89	-0,14	0,08	0,22
N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	3,96	3,86	4,15	-0,10	0,19	0,29
	0,1-0,2	3,84	3,67	4,01	-0,17	0,17	0,23
	0,2-0,3	3,62	3,51	3,74	-0,11	0,12	0,23
Среднее		3,81	3,68	3,97	-0,13	0,16	0,25
НСР ₀₅ технологии			0,16				
НСР ₀₅ удобрения			0,12				
НСР ₀₅ частные различия			0,21				

За эти же годы возделывания гороха и других сельскохозяйственных культур полевого севооборота по технологии No-till содержание гумуса в этом же слое почвы без внесения удобрений увеличилось на 0,08 %, с внесением удобрений –

на 0,16 %. В этой технологии удобрения оказали положительное влияние на увеличение содержания гумуса в почве, но этот рост математически не доказуем.

В целом после двух ротаций четырехпольного севооборота на делянках, где в первый (2012), четвертый (2016) и восьмой (2020) годы после начала возделывания культур по технологии No-till содержание гумуса без внесения минеральных удобрений в слое почвы 0,3 м составило 3,89 %, что достоверно на 0,22 % больше, чем в рекомендованной технологии. С внесением минеральных удобрений эти различия также были математически доказуемы и составили 0,25 %. При этом больше всего гумуса в этой технологии увеличилось в верхнем десятисантиметровом слое почвы – 0,29 %, тогда как с глубиной этот показатель уменьшался, особенно без внесения удобрений.

Внесение минеральных удобрений, как по рекомендованной технологии, так и по технологии No-till не привело к существенному увеличению содержания гумуса во всех изучаемых слоях почвы, так как различия по этому показателю с вариантом без применения удобрений по обеим технологиям были математически не доказуемы. Такие же закономерности по содержанию гумуса в почве наблюдались в поле гороха и после первой ротации севооборота в 2016 году – увеличение содержания гумуса в технологии No-till, и уменьшение в рекомендованной технологии, а также отсутствие влияния минеральных удобрений на этот показатель по обеим технологиям (Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г., 2017, 2018; Dridiger, V.K. u.a., 2018).

4. РОСТ И РАЗВИТИЕ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УДОБРЕНИЙ

4.1. Полевая всхожесть

В зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края оптимальным сроком посева гороха является ранневесенний – при наступлении физической спелости почвы (Гончаров Б.П., Петрова Н.В., Кудрин А.И., 1991; Зотиков В.И., Голопятов М.Т., Акулов А.С. и др., 2009). Особенностью этой почвенно-климатической зоны является разное по времени наступление весны и просыхания почвы, когда техника может выйти в поле и произвести посев. В нашем опыте сроки сева гороха по годам исследований также были разными и зависели от погодных условий. В 2019 году из-за довольно низкой среднесуточной температуры воздуха в течение всего марта месяца – от 2,8 до 4,8 °С и выпадения в это время 53 мм осадков почва подсохла и приняла физическую спелость в последних числах месяца, что позволило произвести посев гороха по обеим технологиям 31 марта.

В 2020 году среднесуточная температура воздуха в течение марта месяца составила 6,8 °С, и за месяц выпало всего 13 мм осадков, поэтому посев стало возможным произвести 12 марта. В 2021 году из-за поздней и дождливой весны, когда среднесуточная температура воздуха в феврале составила минус 1,6 °С, в марте всего 0,9 °С и за это время выпало 139 мм осадков, посеять горох стало возможным только 15 апреля.

При всех возможно ранних сроках сева гороха для набухания семян и получения дружных всходов требуется наличие в посевном слое почвы большого количества доступной влаги (Шпаар Д., Эльмер Ф., Постников А. и др., 2000). На наших опытных участках, где возделывали горох за все годы исследований, доступной продуктивной влаги в слое почвы 0,0-0,2 м с механической обработкой почвы содержалось от 12 до 17 и от 21 до 28 мм без её обработки (технология No-till) (таблица 24).

Существенное преимущество в технологии No-till по наличию продуктивной влаги в почве объясняется меньшим её физическим испарением, так как на

поверхности почвы находятся сухие растительные остатки, накопившиеся после возделывания предшествующих культур.

Таблица 24. Полевая всхожесть семян гороха (среднее за 2019-2021 гг.)

(Джандаров А.Н., 2021)

Технология	Вариант	Содержание влаги в 0,2 м слое (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 технологии		4	4	-
НСР ₀₅ удобрения		3	3	-
НСР ₀₅ частные различия		7	8	-

По классификации, предложенной М.Т. Куприченковым (2005), в среднем за время проведения опытов перед посевом гороха по рекомендованной технологии содержание продуктивной влаги в слое почвы 0,0-0,2 м оценивается как удовлетворительное, по технологии No-till как хорошее (21 мм) и отличное – 28 мм. Однако на полевую всхожесть семян гороха разница между технологиями по содержанию продуктивной влаги практически не оказала влияния, так как рано весной её было достаточно в верхнем слое почвы для прорастания семян и получения всходов гороха как по рекомендованной, так и по No-till технологии.

Значительно большее влияние на количество всходов и полевую всхожесть семян гороха по обеим технологиям оказали вносимые удобрения и промежуточная почвопокровная культура. Самое большое количество всходов гороха получено без припосевного внесения минеральных удобрений – 128 шт./м² в рекомендованной технологии и 129 шт./м² в технологии No-till, не отличаясь существенно между собой.

В обеих технологиях внесение минеральных удобрений достоверно снижало количество всходов гороха – соответственно до 122 и 124 шт./м². По нашему мнению, снижение полевой всхожести семян гороха связано с внесением при посеве минеральных удобрений в рядок вместе с семенами, когда в результате растворения удобрений увеличивается концентрация солей в почвенном растворе, которые отрицательно сказываются на прорастании и первоначальном росте проростка горохового семени. Аналогичное явление в своих исследованиях наблюдали В.К. Дридигер и Р.Г. Гаджиумаров (2018), когда припосевное внесение минеральных удобрений приводило к снижению полевой всхожести семян сои.

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 такому явлению 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.

В годы исследований содержание продуктивной влаги в слое почвы 0,0-0,2 м до посева гороха существенно изменялось по обеим технологиям. Достоверно больше её было в 2019 и 2021 гг., когда за месяц до посева выпало соответственно 53 и 61 мм осадков, значительно меньше влаги было в 2020 году, когда за это же время выпало всего 13 мм осадков (Приложение 8). Но во все годы проведения опытов продуктивной влаги достоверно больше было в технологии No-till.

Большее всего всходов и самая высокая полевая всхожесть семян гороха наблюдалась при его посеве без удобрений по обеим технологиям. Его припосевное внесение приводило к достоверному снижению этих показателей, и самыми низкими они были при посеве гороха после промежуточной почвопокровной культуры с припосевным внесением минеральных удобрений. Это наблюдалось по обеим технологиям и во все годы проведения опытов.

Важную роль во времени и полноте получения всходов гороха играют погодные условия, складывающиеся после посева и до получения полных всходов.

Во все годы в это время выпадали осадки интенсивностью от 7 мм в 2020 году до 34-42 мм в 2021 году, которые улучшали обеспеченность прорастающих семян влагой. Этими осадками видимо и объясняется получение практически одинакового количества всходов гороха по обеим технологиям при существенно разных запасах продуктивной влаги в почве перед посевом (таблица 25).

Таблица 25. Количество и период появления всходов гороха в зависимости от технологии и метеорологических условий от посева до полных всходов

Показатель	Год		
	2019	2020	2021
Рекомендованная технология			
Количество осадков, мм	13	7	34
Среднесуточная t воздуха, °С	6,8	5,6	11,3
Сумма t воздуха, °С	75	140	113
Период появления всходов, дней	11	25	10
Количество всходов, шт./м ²	107	120	130
Технология No-till			
Количество осадков, мм	14	7	42
Среднесуточная t воздуха, °С	8,0	5,6	11,0
Сумма t воздуха, °С	112	148	121
Период появления всходов, дней	14	27	11
Количество всходов, шт./м ²	105	130	134

Основную роль при получении всходов гороха, а особенно в продолжительности времени их появления на поверхности почвы, играет среднесуточная температура воздуха, от которой напрямую зависит прогревание почвы – независимо от технологии, чем она ниже после посева, тем дольше время появления всходов. Так в 2020 году температура воздуха после посева составляла 5,6 °С и всходы гороха на поверхности почвы появились через 25 и 27 дней, а 2021 году при температуре в это время 11,3 и 11,0 °С – через 10 и 11 дней. Необходимо отметить, что нами установлена тесная отрицательная корреляционная зависимость продолжительности времени появления всходов гороха от среднесуточной температуры

воздуха после посева – $r = -0,789$.

Следует отметить, что при одинаковой температуре воздуха во время прорастания семян по обеим технологиям, всходы гороха по технологии No-till появляются на 1-3 дня позже, чем по рекомендованной технологии, что объясняется наличием на поверхности почвы листостебельной массы предшествующей кукурузы, которые укрывают почву от солнца, что и приводит к значительно меньшему прогреванию почвы по сравнению с рекомендованной технологией, где растительные остатки отсутствовали.

В опытах Р.Г. Гаджиумарова (2020) растительные остатки, находящиеся на поверхности почвы в технологии No-till приводили к снижению температуры почвы на глубине 5 см на 1,9-3,3 °С, что приводило к затягиванию появления всходов сои на 2-3 дня. Более позднее появление всходов в технологии No-till в своих опытах наблюдали Е.А. Кашаев (2016) на кукурузе, Р.С. Стукалов (2016) на озимой пшенице и Ю.И. Паньков (2017) на подсолнечнике.

Таким образом, во все годы полевых исследований 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, так как осенне-зимние запасы влаги в почве и выпадающие после посева осадки обеспечили прорастающие семена влагой во всех вариантах опыта. По обеим технологиям самая высокая полевая всхожесть семян гороха при его посеве без внесения минеральных удобрений. При их внесении всхожесть достоверно снижается и самая низкая она при посеве гороха после промежуточной почвопокровной озимой ржи.

4.2. Фенологические фазы роста и развития растений

При существенной разнице в сроках посева гороха по годам проведения опытов, составляющей 34 дня, различия в датах появления полных всходов в рекомендованной технологии составила 16, в технологии No-till 18 дней, что, как было показано выше, зависело от периода появления всходов (таблица 26).

Различия по датам наступления фазы стеблевания по вариантам опыта отличались ещё меньше – 6-7 дней, а полная спелость гороха во все годы исследо-

ваний наступала практически одновременно во второй декаде июля с различием в 2-3 дня. Более позднее наступление фазы цветения по обеим технологиям в 2021 году обусловлено выпадением в это время осадков, сопровождающееся снижением среднесуточных температур воздуха.

Таблица 26. Календарные даты наступления фенологических фаз у гороха

Технология	Год	Фенологическая фаза			
		полные всходы	стеблевание	цветение	полная спелость
Рекомендованная	2019	10 апреля	14 мая	5 июнь	15 июля
	2020	6 апреля	12 мая	1 июня	13 июля
	2021	25 апреля	18 мая	17 июня	13 июля
Среднее		14 апреля	15 мая	8 июня	14 июля
No-till	2019	13 апреля	16 мая	8 июнь	18 июля
	2020	8 апреля	15 мая	3 июня	16 июля
	2021	26 апреля	22 мая	20 июня	19 июля
Среднее		16 апреля	18 мая	10 июня	18 июля

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. В то же время, вносимые удобрения и посев промежуточной почвопокровной озимой ржи не оказали существенного влияния на наступление фенологических фаз роста и развития гороха по обеим технологиям.

В зависимости от календарных дат наступления фенологических фаз изменялась продолжительность межфазных периодов, на что значительное влияние оказали технологии возделывания гороха. В среднем за годы проведения опытов межфазный период полные всходы – стеблевание в технологии No-till был на 1 день продолжительнее, чем в рекомендованной технологии, что обусловлено меньшим прогреванием почвы в это время из-за наличия на поверхности почвы растительных остатков предшествующих культур (таблица 27).

Более продолжительное – на 4 дня прохождение межфазного периода цветение – созревание в технологии No-till, по нашему мнению, обусловлено боль-

шим содержанием в это время продуктивной влаги в почве, чем в рекомендованной технологии. В целом вегетационный период гороха по рекомендованной технологии составил 92 дня, в технологии No-till на 2 дня больше.

Таблица 27. Продолжительность межфазных периодов развития гороха, дни
(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Межфазный период			Вегетационный период
		всходы – стеблевание	стеблевание – цветение	цветение – созревание	
Рекомендованная	без удобрений	31	24	37	92
	N ₁₀ P ₄₀	31	24	37	92
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	31	24	37	92
No-till	без удобрений	32	23	39	94
	N ₁₀ P ₄₀	32	23	39	94
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	32	23	39	94

В годы исследований закономерности по продолжительности межфазных периодов были такими же. Во все годы проведения опытов в технологии No-till наблюдалось увеличение продолжительности межфазных периодов всходы – стеблевание и цветение – полная спелость на 1-3 дня (Приложение 9), что и привело к увеличению периода вегетации культуры по этой технологии.

Таким образом, из-за увеличения продолжительности межфазных периодов всходы – стеблевание и цветение – созревание в технологии No-till наблюдалось увеличение вегетационного периода роста и развития гороха в среднем на 2 дня по сравнению с рекомендованной технологией.

4.3. Густота стояния и сохранность растений

Во время прохождения вегетации густота стояния гороха уменьшается, что обусловлено гибелью растений вследствие внутривидовой конкуренции за свет, влагу и пищу, а также из-за периодически наблюдающихся в зоне неустойчивого увлажнения атмосферных и почвенных засух, когда посевы страдают от недостатка влаги в почве.

В среднем за годы исследований снижение количества растений гороха в

течение вегетации на 2-5 шт./м² наблюдалось во всех вариантах опыта, существенно не отличаясь между сравниваемыми технологиями, а также вносимыми удобрениями и посева почвопокровной промежуточной культуры (таблица 28).

Таблица 28. Густота стояния растений гороха во время вегетации, 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 технологии		2	3	3	-
НСР ₀₅ удобрения		4	4	5	-
НСР ₀₅ частные различия		6	6	6	-

Поэтому 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.

В годы исследований самая большая густота стояния растений и лучшая их сохранность во всех вариантах опыта наблюдалась в 2021 году, когда в течение вегетации гороха выпадали осадки (Приложение 10). В 2019 и 2020 гг. эти показатели были меньше, так как в эти годы наблюдались периодические атмосферные и почвенные засухи. То есть, на сохранность растений гороха технологии его возделывания, вносимые минеральные удобрения и промежуточная почвопокровная культура существенного влияния не оказали.

4.4. Фотосинтетическая деятельность посевов

В фазе стеблевания гороха (в мае месяце) по технологии с механической обработкой почвы (рекомендованной технологии) без припосевного внесения удобрений листовая площадь растений была достоверно больше, чем в технологии с отсутствием механической обработки (No-till) – это связано с тем, что в этой технологии температурный режим в почве несколько ниже. При внесении же минеральных удобрений площадь листьев в технологии No-till был немного больше, хотя и в пределах ошибки опыта (таблица 29).

Таблица 29. 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 технологии		0,07	0,11	0,05
НСР ₀₅ удобрения		0,08	0,14	0,06
НСР ₀₅ частные различия		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 здесь растений, но в обоих случаях листовая поверхность была достоверно меньше, чем при посеве культуры без промежуточной почвопокровной культуры.

В фазе цветения листовой индекс посевов гороха по обеим сравниваемым технологиям без применения удобрений был одинаковым, а при их внесении он был существенно больше в технологии No-till, что, на наш взгляд, является следствием более высокого содержания влаги в это время по технологии без обработ-

ки почвы. Посев промежуточной озимой ржи приводил к достоверному снижению этого показателя по обеим технологиям, но существенно больше он был по технологии No-till.

Изменения площади листовой поверхности растений гороха в зависимости от технологии, вносимых удобрений и промежуточной озимой ржи оказали существенное влияние на фотосинтетический потенциал посевов. Самым большим он был при возделывании культуры по технологии No-till с внесением минеральных удобрений и составил 1,38 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$, тогда как по рекомендованной технологии он достиг только 1,30 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$, что достоверно на 0,08 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ меньше. Это обусловлено большей листовой поверхностью и на 2 дня более продолжительным периодом вегетации культуры по технологии No-till.

На варианте без применения удобрений фотосинтетический потенциал посевов гороха значительно меньше – 1,27 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ по технологии с обработкой почвы (рекомендованной) и 1,25 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ по технологии без обработки (No-till), и различия между ними математически не доказуемы.

Самым низким ФСП был при посеве гороха по обработанной почве после промежуточной озимой ржи и внесения минеральных удобрений – 1,02 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$, что достоверно на 0,13 млн. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ меньше, чем по технологии No-till. Но в обоих случаях фотосинтетический потенциал посевов существенно меньше, чем при возделывании культуры без промежуточной культуры.

В годы проведения исследований самую маленькую листовую поверхность и фотосинтетический потенциал растения гороха формировали во всех вариантах опыта в наиболее засушливом 2019 году, самыми большими они были во влажном 2021 году, когда в течение всего вегетационного периода выпадали осадки (Приложение 11).

Следует отметить, что в 2019 году из-за атмосферной и почвенной засухи внесение минеральных удобрений приводило к снижению листового индекса и фотосинтетического потенциала посевов гороха по обеим технологиям. В более влажные 2020 и 2021 годы применение удобрений наоборот способствовало формированию существенно большей листовой поверхности и фотосинтетического

потенциала посевами гороха по обеим технологиям.

Кроме различий по площади листовой поверхности варианты опыта оказали влияние на продуктивность работы фотосинтетического аппарата. При этом наблюдается средняя отрицательная зависимость чистой продуктивности фотосинтеза от площади листовой поверхности $r = -0,578$. То есть во все фенологические фазы роста и развития растений и в целом вегетационного периода большую продуктивность фотосинтеза обеспечили посевы с меньшим листовым индексом (таблица 30)

Таблица 30. Чистая продуктивность фотосинтеза посевов гороха, $г/м^2 \times$ сутки
(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Межфазный период*			
		1	2	3	4
Рекомендованная	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
НСП ₀₅ технологии		0,1	0,4	0,3	0,2
НСП ₀₅ удобрения		0,1	0,4	0,2	0,2
НСП ₀₅ частные различия		0,1	0,6	0,4	0,3

* межфазный период: 1 – всходы-стеблевание; 2 – стеблевание-цветение; 3 – цветение-полная спелость; 4 – посев-полная спелость (период вегетации)

Больше всего органического вещества 1 м² листовой поверхности синтезировал в межфазный период стеблевание-цветение – от 7,7 до 9,1 г/м² 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/м² в сутки.

В годы проведения опытов наблюдаются такие же закономерности по снижению продуктивности фотосинтеза при увеличении площади листовой поверхности. Поэтому самая низкая она была в 2021 году, когда листовой индекс посевов гороха был самым большим (Приложение 12). В 2019 и 2020 годы показатель продуктивности фотосинтеза за весь вегетационный период был значительно больше.

Таким образом, в фазе стеблевания гороха площадь фотосинтетической поверхности растений по рекомендованной технологии без применения минеральных удобрений, была достоверно больше, чем по технологии No-till, а при их применении данный показатель в технологии No-till был больше, хотя и в пределах ошибки опыта. В фазе цветения же листовой индекс посевов гороха по обеим технологиям без внесения удобрений был одинаковым, а при их внесении достоверно больше в технологии No-till. Поэтому самый большой фотосинтетический потенциал формировали посевы гороха в технологии No-till при внесении минеральных удобрений. Посев гороха после промежуточной почвопокровной озимой ржи приводил к существенному уменьшению площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала посевов по обеим технологиям.

4.5. Динамика вегетативной массы растений

В среднем за годы проведения опытов погодные условия во время вегетации гороха были благоприятными для роста и развития растений гороха по обеим технологиям. От фазы всходов до стеблевания по количеству осадков составило 45 мм, что при сумме среднесуточных температур воздуха 404 °С и ГТК = 1,11 соответствует умеренно влажному режиму увлажнения, но, благодаря дополнительным запасам влаги в почве зимних осадков, молодые растения гороха не испытывали недостатка влаги в начальный период вегетации (таблица 31).

От фазы стеблевания до цветения в среднем выпало 65 мм осадков, что при ГТК равном 1,45 обеспечило умеренное увлажнение этого периода, и растения гороха по обеим технологиям, дозам внесения минеральных удобрений и посева промежуточной почвопокровной культуры не страдали от недостатка влаги. Все это способствовало хорошему росту растений и наращиванию ими вегетативной

массы по обеим технологиям, а засушливые условия во время созревания не оказали отрицательного влияния на урожайность гороха и способствовали меньшему повреждению растений болезнями.

Таблица 31. Погодные условия в годы исследований во время вегетации гороха (среднее за 2019-2021 гг.)

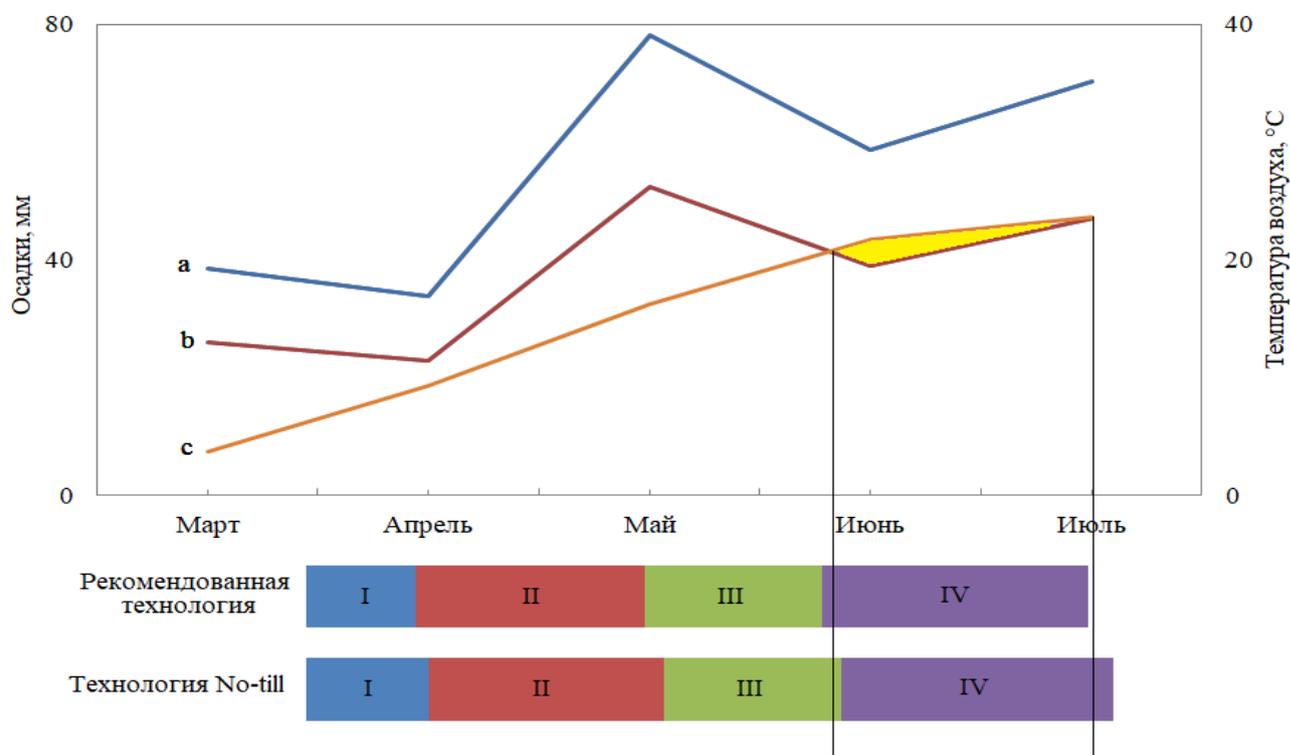
Показатель	Межфазный период		
	всходы - стеблевание	стеблевание - цветение	цветение - полная спелость
Количество выпавших осадков, мм	45	65	63
Температура воздуха, °С	12,9	18,2	23,4
Сумма температур воздуха, °С	404	446	885
ГТК	1,11	1,45	0,71

Более наглядно и подробно динамику увлажнения и засушливости вегетационного периода гороха, в зависимости от технологии его возделывания, показывают построенные нами климатограммы по методу, предложенному Н. Walter (1964).

Для получения графика необходимо на одной диаграмме построить график осадков (с обозначением «а»), далее график среднесуточной температуры воздуха (с обозначением «с») в соотношении $10\text{ }^{\circ}\text{C} = 20\text{ мм осадков}$, график осадков (в) в уменьшенной пропорции $10\text{ }^{\circ}\text{C} = 30\text{ мм}$. Тот период, где линия «с» проходит выше линии «а» считается засушливыми (зарисован желтым цветом). Где линия «с» превышает линию «а» считается острозасушливым (зарисован красным цветом) (рисунок б).

В среднем за годы проведения опытов от посева и до цветения не наблюдалось никаких засушливых явлений, что благоприятно сказывалось на росте и развитии посевов гороха по обеим технологиям. Наступивший после фазы цветения засушливый период не оказал сколь-нибудь отрицательного явления на растения гороха по обеим технологиям и способствовал лучшей завязываемости семян, их созреванию и проведению уборки урожая. Только в технологии с обработкой почвы начало фазы цветения подверглась действию засухи, наступившей в это

время, что, видимо и привело к снижению темпов наращивания вегетативной массы посевов после фазы цветения.



a – осадки в соотношении 20 мм = 10°C;

b – осадки в соотношении 30 мм = 10°C;

c – температура воздуха, °C.

I – посев – полные всходы;

II – полные всходы – стеблевание;

III – стеблевание – цветение;

IV – цветение – полная спелость.

Желтый – засушливый период

Красный – острозасушливый период

Рисунок 6. Климатограмма вегетационного периода гороха по разным технологиям в среднем за 2019-2021 гг.

Так 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 существенное увеличение надземной массы растений на 19 г/м² в рекомендованной технологии и на 22 г/м² в технологии No-till. При посеве же гороха после промежуточной почвопокровной озимой ржи надземная масса

растений по обеим технологиям была достоверно меньше (таблица 32).

Таблица 32. Динамика вегетативной массы растений гороха, г/м²
(Дридигер В.К., Джандаров А.Н., 2021), (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
НСР ₀₅ технологии		10	87	23
НСР ₀₅ удобрения		12	99	26
НСР ₀₅ частные различия		16	113	30

В фазе цветения сырая 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/м² не достоверны, а при их внесении преимущество технологии No-till на 186 г/м² математически доказуемы. При этом надземная масса растений при посеве гороха после промежуточной озимой ржи в технологии No-till составив 2269 г/м², была близка к таковой на неудобренном фоне – различие на 36 г/м² математически не доказуемы, 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. Такие же закономерности по сырой надземной массе растений гороха наблюдались и в фазе его полной спелости.

Нами проведена математическая обработка полученных данных и установлено, что в годы исследований сырая надземная масса растений в течение вегетации в средней степени зависела от количества выпадающих осадков ($r = 0,544$), и

ещё более тесная зависимость этих показателей наблюдалась в межфазный период стеблевания – цветение – $r = 0,645$, когда наблюдается интенсивный рост надземной биомассы.

Вегетативная масса растений гороха существенно зависела от фотосинтетического потенциала его посевов, так как между этими показателями наблюдается тесная корреляционная зависимость ($r = 0,842-0,877$), как в отдельные межфазные периоды вегетации, так и в целом за весь вегетационный период.

Таким образом, по усредненным за годы проведения опытов данным по количеству осадков и температурному режиму во время вегетации гороха погодные условия благоприятны для роста и развития культуры по обеим технологиям. Об этом свидетельствуют и климатические условия зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края с большим количеством осадков в первой половине теплого времени года.

При среднемноголетнем количестве осадков в апреле, мае и июне месяце 48, 64 и 79 мм и сумме среднесуточных температур воздуха 243, 443 и 564 °С, ГТК составляет соответственно 1,97; 1,44 и 1,40, что указывает на хорошие условия увлажнения посевов гороха в течение всего периода вегетации. Об этом же свидетельствуют исследования К.М. Вельгус (1966), С.А. Антонова и Л.И. Желнаковой (2011).

Однако в зоне неустойчивого увлажнения довольно часто наблюдаются атмосферные и почвенные засухи разной продолжительности и интенсивности. Чаще всего они бывают во второй половине теплого времени года, но проявляются и в начале этого периода. В 2019 году за межфазный период всходы – стеблевание выпало всего 36 мм осадков, и ГТК составил 0,84, что говорит о засушливых условиях для роста и развития растений гороха в этот период вегетации (таблица 33).

Еще более жесткими условиями по влагообеспеченности в этот год сложились в межфазный период стеблевания – цветения, когда при 17 мм атмосферных осадков сложились очень засушливые условия (ГТК = 0,36). Не намного лучше они были и от цветения до полной спелости. То есть весь период вегетации гороха

в этот год проходил в экстремально засушливых условиях атмосферной и почвенной засухи. Об этом же свидетельствует климатограмма вегетационного периода гороха (Приложение 13), также указывающая на засушливые условия вегетации во время стеблевания и начале цветения и острозасушливые во время массового цветения и налива семян.

Таблица 33. Погодные условия во время вегетации гороха в 2019 году

Показатель	Межфазный период		
	всходы– стеблевание	стеблевание– цветение	цветение– полная спелость
Количество выпавших осадков, мм	36	17	53
Температура воздуха, °С	12,6	20,3	23,0
Сумма температур воздуха, °С	428	467	943
ГТК	0,84	0,36	0,56

В таких условиях увлажнения растения гороха формировали самую низкую за все годы исследований надземную биомассу в течение всего вегетационного периода (Приложение 14), что оказало существенное влияние на его урожайность в этот год.

В 2020 году острозасушливые условия сложились после посева гороха и до появления полных всходов (Приложение 15). Однако, накопившиеся в почве запасы влаги осенне-зимних осадков к моменту посева и выпавшие 33 мм осадков от появления всходов до стеблевания (Приложение 16) нивелировали отрицательное влияние атмосферной засухи и только что взошедшие растения гороха не страдали от недостатка влаги в почве в это время. После этого условия увлажнения в этот год были благоприятными для роста и развития растений гороха. Засушливые условия наблюдались во время налива семян, но они никакого отрицательного влияния на урожайность культуры не оказали.

В 2021 году условия увлажнения были самыми благоприятными за все годы исследований, когда в течение всего вегетационного периода не наблюдалось даже каких-либо засушливых явлений (Приложение 17). При этом самые благоприятные условия увлажнения наблюдались от фазы стеблевания до цветения (см.

Приложение 16), когда в этот год за этот промежуток времени выпало 139 мм атмосферных осадков.

Благодаря хорошим условиям увлажнения сырая надземная масса растений гороха в 2020 году была существенно больше, чем в засушливом 2019 году (см. Приложение 14), и самой большой она в течение всего вегетационного периода была в наиболее влажном 2021 году.

Технологии возделывания и удобрения оказали влияние и на линейный рост растений гороха в течение вегетации. В фазе стеблевания достоверное отставание по высоте растений наблюдалось при возделывании гороха по технологии с обработкой почвы после почвопокровной промежуточной озимой рожью (таблица 34).

Таблица 34. Высота растений гороха, см

(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Фенологическая фаза		
		стеблевание	цветение	полная спелость
Рекомендованная	без удобрений	20,0	48,0	53,1
	N ₁₀ P ₄₀	20,2	52,4	53,4
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	18,8	46,7	49,6
No-till	без удобрений	19,5	48,4	52,8
	N ₁₀ P ₄₀	20,1	52,1	53,9
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	19,8	49,5	52,1
НСР ₀₅ технологии		0,6	2,2	2,4
НСР ₀₅ удобрения		0,8	2,5	2,7
НСР ₀₅ частные различия		1,2	2,8	3,0

В фазе цветения они также остались самыми низкорослыми из всех вариантов опыта. Достоверно самыми высокими были растения гороха при посеве по обеим технологиям с внесением минеральных удобрений – 52,1-52,4 см не отличаясь существенно между собой. Без внесения удобрений линейный рост растений был значительно на 3,7-4,4 см меньше по обеим технологиям и составил 48,0-48,4 см, также, не отличаясь достоверно между собой.

В фазе полной спелости высота растений во всех вариантах опыта была

практически одинаковой, так как различия по этому показателю математически не доказуемы, только линейный рост растений гороха, возделываемого по рекомендованной технологии после промежуточной озимой ржи был достоверно меньше, чем у остальных вариантов опыта.

Таким образом, при благоприятных погодных условиях для возделывания гороха по обеим технологиям, в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края во время его вегетации наблюдаются атмосферные и почвенные засухи, которые приводят к существенному снижению площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала посевов и нарастания сырой надземной массы. Но во всех условиях увлажнения достоверно самый большой и эффективно работающий фотосинтетический аппарат развивают посевы гороха по технологии No-till с внесением минеральных удобрений. Отказ от их внесения, как и посев культуры, после промежуточной почвопокровной культуры приводит к существенному снижению фотосинтетического потенциала посевов и динамики нарастания вегетативной массы растениями гороха. Такое же наблюдается при возделывании гороха по рекомендованной технологии.

5. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ГОРОХА

5.1. Урожайность

Различные физические свойства почвы, обеспеченность влагой и элементами питания посевов гороха, формирования его растениями фотосинтетического аппарата и надземной биомассы в зависимости от технологии возделывания, вносимых удобрений и применения почвопокровной культуры оказали существенное влияние на его урожайность. В среднем за годы проведения опытов самой высокой она была 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 урожайность гороха получена при его посеве после промежуточной почвопокровной озимой ржи, но по технологии No-till она была существенно больше, чем по рекомендованной технологии (таблица 35).

Таблица 35. Урожайность гороха, т/га (Джандаров А.Н., 2021)

Технология	Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	Увеличение от:	
						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	-
НСР ₀₅ технологии		0,05	0,15	0,11	0,13	-	
НСР ₀₅ удобрения		0,08	0,17	0,14	0,18	-	
НСР ₀₅ частные различия		0,12	0,19	0,19	0,21	-	

Следует отметить, что 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 тех-

нологии. Это говорит о более эффективном использовании действующих веществ удобрений в этой технологии, что обусловлено лучшей обеспеченностью посевов влагой в течение вегетации.

Об этом свидетельствует тесная корреляционная зависимость урожайности гороха от содержания влаги в почве во время цветения растений ($r = 0,743$) и количества выпадающих атмосферных осадков в межфазный период – стеблевание-цветение – $r = 0,813$. Еще более тесная зависимость урожайности наблюдается от фотосинтетического потенциала посевов ($r = 0,852$) и динамики сырой надземной массы растений – $r = 0,882$, которые во все годы проведения опытов были существенно больше в технологии No-till.

Таким образом, достоверно самую высокую урожайность горох обеспечивает при возделывании по технологии No-till с внесением минеральных удобрений. Его выращивание по рекомендованной технологии, как и посев без внесения удобрений или после промежуточной почвопокровной озимой ржи приводит к существенному снижению урожайности культуры.

5.2. Структура урожая

Существенно большую урожайность гороха в технологии No-till с внесением минеральных удобрений по сравнению с другими вариантами опыта обеспечили самые высокие показатели густоты стояния растений, количества бобов на растениях и масса 1000 семян. Так в фазе полной спелости густота стояния растений гороха в этом варианте в среднем за 3 года проведения опытов 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 почвопокровной озимой ржи по обеим технологиям (таблица 36).

Существенно большими были также такие показатели как: количество бобов на растениях и масса 1000 семян, которые составили 3,23 шт./м² и 193,4 г, что также достоверно больше, чем при посеве гороха по этой же технологии без внесения удобрений, его возделывании по рекомендованной технологии с внесением и без внесения удобрений и посеве после промежуточной почвопокровной культуры по обеим технологиям.

Таблица 36. Структура урожая гороха

(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество, шт.		Масса 1000 семян, г
			бобов на растении	семян в бобах	
Рекомендованная	без удобрений	120	3,13	3,68	185,6
	N ₁₀ P ₄₀	112	3,00	3,84	182,2
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	105	2,80	3,45	182,0
No-till	без удобрений	118	3,07	3,69	189,0
	N ₁₀ P ₄₀	120	3,23	3,86	193,4
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	106	3,17	3,31	189,8
НСП ₀₅ технологии		4	0,11	0,13	6,6
НСП ₀₅ удобрения		3	0,09	0,11	5,4
НСП ₀₅ частные различия		6	0,15	0,19	9,4

В то же время количество семян гороха в бобах по обеим технологиям не имело существенных различий, а при посеве гороха с удобрениями и после почвопокровной озимой ржи наблюдалась тенденция по увеличению этих показателей в рекомендованной технологии.

Возделывание изучаемой культуры без механической обработки почвы (No-till) с припосевным применением минеральных удобрений в 2020 и 2021 годах позволило получить более высокие показатели количества растений гороха, бобов на растениях, а также количество в них семян и массы 1000 семян. В наиболее засушливом за все годы проведения исследований 2019 году эти показатели были немного больше при выращивании гороха без минеральных удобрений независимо от технологии (Приложение 18).

5.3. Качество продукции

Технологии с обработкой почвы и без её применения, а также припосевное минеральное удобрение и промежуточная почвопокровная озимая рожь существенного влияния на содержание в горохе воды и сырого протеина не оказали. Этот показатель за годы проведённых исследований по вариантам опыта был

практически одинаковым и, следовательно, различия математически не доказуемы (таблица 37).

Таблица 37. Качество зерна гороха

(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Содержание в семенах, %	
		воды	сырого протеина
Рекомендованная	без удобрений	10,1	23,2
	N ₁₀ P ₄₀	10,2	22,8
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	9,8	23,3
No-till	без удобрений	9,8	22,7
	N ₁₀ P ₄₀	10,3	23,2
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	10,0	23,3
НСР ₀₅		Fф.<Fт.	Fф.<Fт.

Такая же закономерность наблюдалась и в годы исследований (Приложение 19), только в 2019 году достоверно меньше содержалось сырого протеина в семенах гороха, посеянного по технологии No-till без внесения минеральных удобрений.

Таким образом, самую высокую урожайность гороха при его возделывании по технологии No-till с внесением минеральных удобрений обеспечивает большая густота стояния растений, бобов на растениях и масса 1000 семян. Выращивание гороха по рекомендованной технологии, посев без внесения удобрений или после промежуточной почвопокровной озимой ржи приводит к существенному уменьшению урожайности культуры из-за снижения показателей структуры урожая. На содержание воды и сырого протеина изучаемые варианты опыта существенного влияния не оказали.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОЧВОПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ

Для правильного и объективного расчёта экономической эффективности были учтены все технологические операции при возделывании гороха (исходя из рекомендаций научных учреждений региона). В технологии с обработкой почвы были учтены основные агротехнические приёмы, такие как: лушение растительных остатков предшествующей гороху культуры в два следа тяжелой дисковой бороной, зяблевая вспашка, выравнивание поверхности почвы с осени, культивация перед посевом гороха, посев гороха с одновременным внесением минеральных удобрений в рядок, прикатывание после посева, уходные мероприятия в борьбе с сорной растительностью и вредителями и уборка урожая гороха с отвозов зерна от комбайнов. Следует отметить, что все технологические операции проводятся с помощью отечественной техники, благодаря чему амортизационные затраты и ремонт техники существенно снижаются по сравнению с иностранной техникой.

По технологии без механической обработки почвы (No-till) при расчёте экономической эффективности учитывали предпосевное опрыскивание гербицидов сплошного действия (из группы глифосатов), посев гороха специальной сеялкой, которая заделывает семена гороха и минеральное удобрение в почву на необходимую глубину прямо по растительным остаткам предшествующей гороху культуре. Уходные мероприятия за посевами включают такие же технологические операции, как и при возделывании культуры с механической обработкой почвы (рекомендованная технология).

При посеве гороха на контрольном (первом) варианте по обеим технологиям удобрения не вносили. На втором фоне (где применяли $N_{10}P_{40}$) одновременно с посевом вносили 83 кг/га аммофоса. Такую же дозу (на третьем фоне) применяли при посеве гороха после промежуточной почвопокровной озимой ржи, технология возделывания которой по рекомендованной технологии включала двукратное лушение стерни после уборки кукурузы, предпосевная культивация, посев сеял-

кой СЗ-3,6 и двукратная обработка дисковыми орудиями перед посевом гороха весной следующего года. После уборки предшествующей кукурузы, по технологии No-till, производили посев озимой ржи сеялкой Gimetal и перед посевом гороха озимую рожь опрыскивали гербицидом сплошного действия из группы глифосатов (таблица 38).

Таблица 38. Перечень работ и наименование сельскохозяйственной техники при возделывании гороха в производстве

(предшественник кукуруза на зерно)

Вид работы	Технология с обработкой почвы (рекомендованная)	No-till
	наименование сельскохозяйственной машины	
Первое дискование стерни (0,1-0,12 м)	К-744 + БДМ-4	-
Второе дискование стерни (0,12-0,14 м)	К-744 + БДМ-4	-
Пахота (0,2-0,22 м)	К-744 + ПН-8-35	
Культивация и боронование (0,08-0,1 м)	К-744 + КТП-9,4	-
Культивация предпосевная (0,06-0,08 м)	МТЗ-80 + КСПС-4	-
Обработка гербицидом сплошного действия	-	МТЗ-80 + ОП-2000
Посев с применением удобрений	МТЗ-80 + 2СЗ-3,6	МТЗ-2022 + Gimetal
Прикатывание посевов гороха	МТЗ-80 + 3ККШ-6	-
Обработка с применением гербицида	МТЗ-80 + ОП-2000	МТЗ-80 + ОП-2000
Обработка с применением инсектицида	МТЗ-80 + ОП-2000	МТЗ-80 + ОП-2000
Уборка комбайном	ACROS-530	ACROS-530
Вывоз зерна гороха с поля	КАМАЗ	КАМАЗ

Возделывая горох по рекомендованной технологии, горюче-смазочные материалы занимают большую часть от общих затрат, которые в зависимости от доз применяемых удобрений и почвопокровной культуры составляют от 6024 до 6464 руб./га (таблица 39), или 25,1-29,6 % от всех производственных затрат (Приложение 20), что обусловлено большой потребностью в дизельном топливе при прове-

дении основной, промежуточной и предпосевной обработок почвы. В технологии No-till, из-за необходимости применения гербицида сплошного действия из группы глифосатов, основной статьей расходов являются средства защиты растений – 3690 руб./га и семена – 3600 руб./га, или 18,4-25,4 и 19,8-24,8 %.

Таблица 39. Структура производственных затрат, руб./га

(среднее за 2019-2021 гг.)

Статья расходов	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
Оплата труда	1968	2016	2236	1056	1104	1319
Семенной материал	3600	3600	4800	3600	3600	4800
Удобрения	0	3034	3034	0	3034	3034
Средства защиты растений	2590	2590	2590	3690	3690	3690
Горюче-смазочные материалы	6024	6042	6464	1773	1859	2269
Амортизационные отчисления	2877	2877	2877	2090	2090	2090
Ремонт техники	921	921	921	669	669	669
Автотранспорт	185	204	174	142	219	200
Иные затраты	645	763	787	446	570	593
Прямые (производственные)	18810	22047	23883	13466	16835	18664
Общехозяйственные (накладные)	1521	1858	1858	1052	1346	1402
Всего затрат	20331	23850	25741	14518	18181	20066

Следующими по стоимости статьями затрат в рекомендованной технологии являются амортизация сельскохозяйственной техники, вносимые минеральные удобрения, средства защиты растений и семена – от 2590 до 3600 руб./га, что составляет 10,1-17,7 %. В технологии No-till затраты на удобрения такие же, но их доля в производственных затратах увеличивается до 15,1-16,7 %, а расходы на горюче-смазочные материалы и амортизацию техники составляет от 10,2 до 14,4 % (см. Приложение 20).

В целом, в обеих технологиях, самые низкие производственные затраты при возделывании гороха без внесения минеральных удобрений, но по рекомендованной технологии они составляют 20331 руб./га, в то время как в технологии без применения обработки почвы 14516 руб./га, что на 5815 руб./га, или на 28,6 % меньше (Джандаров А.Н., Гаджиумаров Р.Г., Горшкова Н.А., Дридигер В.К., 2022).

Внесение удобрений в опыте приводило к увеличению расходов на возделывание культуры с учетом накладных и общехозяйственных расходов на 3515 руб./га или на 17,3 % по рекомендованной научными учреждениями 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 минеральных удобрений.

В технологии No-till такие увеличения расходов составили соответственно 1885 и 5548 руб./га, или на 10,4 и 38,2 %. То есть при не столь большой разнице в стоимостном росте расходов на внесение удобрений и возделывание промежуточной почвопокровной озимой ржи, их доля в общих производственных затратах значительно больше в технологии No-till, что обусловлено существенно меньшими расходами на возделывание гороха по этой технологии без внесения удобрений.

Все это, а также разная стоимость произведенной продукции, которая зависит от урожайности, оказали существенное влияние на экономическую эффективность возделывания гороха. Благодаря самой высокой урожайности самая большая стоимость продукции при её цене, сложившейся на рынке осенью 2021 года 22000 руб./т, получена при возделывании гороха по технологии No-till с внесением удобрений – 58080 руб./га.

Здесь же получена и самая большая прибыль, составившая 39899 руб./га, которая на 5137 руб./га, или на 12,9 % больше, чем без внесения минеральных удобрений и на 9805 руб./га (24,6 %) больше, чем при применении удобрений и

промежуточной почвопокровной культуры. В этом варианте и самые низкие затраты труда на производство 1 т гороха – 2,2 чел.-ч., тогда как без внесения удобрений она увеличилась до 2,5, а с почвопокровной культурой – до 3,2 чел.-ч./т (таблица 40).

Таблица 40. Экономическая эффективность возделывания гороха
(Джандаров А.Н., Гаджиумаров Р.Г., Горшкова Н.А., Дридигер В.К., 2022)

Показатель	Ед. изм.	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

При возделывании гороха по рекомендованной технологии себестоимость производимой продукции увеличивается до 9076-13406 руб./га, а прибыль снижается до 16499-29390 руб./га, что произошло из-за снижения урожайности и увеличения производственных затрат на его выращивание.

Таким образом, 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-ые 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, 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 приво-

дит 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 увеличивалась 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. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$) и сырую надземную массу – 2613 г/м^2 формируют посеы 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. $\text{м}^2 \times \text{сутки/га}$ и вегетативной массы растений на 308 и 344 г/м^2 . 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./ м^2), 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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, А.А. Совершенствование минимизации обработки почвы в земледелии Челябинской области / А.А. Агеев // Вестник Курганской ГСХА. – 2021. – № 2 (38). – С. 3-9.
2. Алтухов, А.И. Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства: монография, под ред. Л.Б. Винничек, А.А. Галиуллина / А.И. Алтухов и др. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – 236 с.
3. Антонов, С.А. Климатические условия возделывания ведущих сельскохозяйственных культур Ставропольского края / С.А. Антонов, Л.И. Желнакова. Бюллетень СНИИСХ, 2011. – № 2-3. – С. 5-16.
4. Антыков, А.Я. Почвы Ставрополя и их плодородие / А.Я. Антыков, А.Я. Стомарев. Ставропольское кн. изд-во, 1970. – 414 с.
5. Айтемиров, А.А. Зимующий горох – культура будущего / А.А. Айтемиров, Т.Т. Бабаев, Д.А. Айтемирова, А.К. Махадов // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: сборник материалов XVII Международной научной конференции, 2015. – С. 109.
6. Алексеев, Е.К. Зелёное удобрение – действенное средство повышения урожая на дерново-подзолистых почвах / Е.К. Алексеев. – М.: Знание, 1957. – 40 с.
7. Архипов, С.А. Мульча и урожай / С.А. Архипов // Новое сельское хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 48-49.
8. Андерсен, Р.Л. Растительные остатки и контроль сорняков в технологии No-till / Р.Л. Андерсен // Зерно. – 2008. – № 4. – С. 31-43.
9. Бадахова, Г.Х. Ставропольский край: современные климатические условия / Г.Х. Бадахова, А.В. Кнутас. – Ставрополь: ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. – 272 с.
10. Бакиров, Ф.Г. Эффективность технологии No-till на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова // Известия ОГАУ. – 2014. – № 1. – С. 23-26.
11. Байбеков, Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного раз-

вития земледелия / Р.Ф. Байбеков // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 3-6.

12. Банькин, В.А. Ресурсосберегающие технологии – будущее земледелия России / В.А. Банькин // Земледелие. – 2006. – №1. – С. 12-13.

13. Безгодова, И.Л. Урожайность и качество зерна одновидового и смешанных посевов гороха при внесении минеральных удобрений / И.Л. Безгодова, Н.Ю. Коновалова, Е.Н. Прядилькова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 7. – С. 75-79.

14. Белобров, В.П. Изменение физических свойств черноземов при прямом посеве / В.П. Белобров, С.А. Юдин, В.А. Холодов, Н.В. Ярославцева, А.В. Юдина, В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов, Н.Н. Ключев, И.В. Замотаев, Н.Р. Ермолаев, А.Л. Иванов // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 880-890.

15. Белобров, В.П. Чернозём типичный. Прямой посев, Курская область. Опыт, ротация 1.1 / В.П. Белобров, С.А. Юдин, Н.Р. Ермолаев, М.П. Лебедева, К.Н. Абросимов, Т.И. Борисочкина, А.Я. Воронин, О.О. Плотникова. Коллективная монография. – М.: ГЕОС, 2021. – 128 с.

16. Бледных, В.В. Обзор исследований No-till технологий / В.В. Бледных, П.Г. Свечников, А.Ф. Кокорин, М.М. Мухаматнуров, И.Ю. Абрамовских // Достижения науки – агропромышленному производству: материалы LIV Международной научно-технической конференции. – Челябинск, 2015. – С. 180-184.

17. Богомазов, С.В. Роль агротехнических приемов и абиотических факторов в формировании урожайности озимой пшеницы / С. В. Богомазов и др. // Нива Поволжья. – 2015. – № 2 (35) – С. 2-8.

18. Боев, В.Р. Методы экономических исследований в агропромышленном производстве / В.Р. Боев, А.А. Шутьков. – М.: РАСХН, 1999. – 260 с.

19. Борисенко, М.Н. Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма / М.Н. Борисенко, Н.Е. Волкова, Н.А. Голубкина. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. – 252 с.

20. Борисов, Б.А. Изменение показателей состояния органического вещества и физических свойств чернозёма южного при переходе от традиционной к нулевой обработке / Ю.А. Борисов, Р.Ф. Байбеков, Д.О. Рогожин // Земледелие. –

2018. – №8. – С. 14-16.

21. Брежнева, В.И. Новый сорт гороха Легион / В.И. Брежнева, М.Н. Чумаковский // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 22-27.

22. Булыгин, С.А. Новая система земледелия: перспективы освоения / С.А. Булыгин // Аграрный консультант. – 2011. – № 1. – С. 27-28.

23. Бутырин, М.В. Динамика основных показателей плодородия пахотных почв Иркутской области / М.В. Бутырин, В.В. Штанцова // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 9-14.

24. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв: 3-е изд., перераб. и доп. / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина, М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

25. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 728 с.

26. Вельгус, К.М. Влияние метеорологических условий на урожай гороха в Ставропольском крае / К.М. Вельгус. Тр. Староп. НИИСХ. – 1966. – Вып. 2. – С.279-287.

27. Власенко, А.Н. Проблемы и перспективы разработки и освоения технологии No-till на черноземах лесостепи Западной Сибири/ А.Н. Власенко, Н.Г. Власенко, Н.А. Коротких // Достижения науки и техники АПК. – 2013 – № 9. – С.16-19.

28. Власенко, А.Н. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в чернозёме выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири / А.Н. Власенко, П.И. Кудашин, Н.Г. Власенко // Земледелие. – 2020. – № 5. – С. 3-5.

29. Власова, О.И. Система зяблевой обработки почвы под яровые культуры / О.И. Власова, А.А. Жученко, В.И. Трухачев // Системы земледелия Ставрополя. – Ставрополь: изд-во АГРУС, 2011. – 212 с.

30. Волков С.Н. Мониторинг и прогнозирование научно-технического развития АПК в сфере мелиорации и восстановления земельных ресурсов, эффективного и безопасного использования удобрений и агрохимикатов / С.Н. Волков,

В.В. Вершинин, А.В. Турьянский, А.Г. Ступаков, А.В. Акинчин, С.А. Линков, М.А. Куликова, А.Ф. Дорофеев, А.И. Добрунова, Е.В. Черкашина. – Белгород, 2018. – Часть II. – 262 с.

31. Волков, А.И. No-till в биоагроценозах: актуальность, технические средства и перспективы внедрения / А.И. Волков, Л.Н. Прохорова. Министерство науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Аграрно-технологический институт. – Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2020. – 152 с.

32. Воропаева, А.А. Влияние технологии возделывания на урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / А.А. Воропаева, Н.Н. Шаповалова, Е.И. Годунова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5 (79). – С.72-76.

33. Вошедский, В.А. Влияние приёмов возделывания на урожайность и водопотребление яровой пшеницы в богарных условиях Ростовской области / В.А. Вошедский, В.А. Кулыгина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3 (39). – С. 254-270.

34. Гаджиумаров, Р.Г. Влияние технологий возделывания и удобрений на рост, развитие и урожайность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р.Г. Гаджиумаров, М.П. Жукова // Вестник АПК Ставрополья. – 2018 – № 1 (29). – С. 81-85.

35. Гаджиумаров, Р.Г. Продуктивность сои в зависимости от технологии возделывания на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Гаджиумаров Расул Гаджиумарович. – Ставрополь, 2020. – 22 с.

36. 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.

37. Гайдученко, А.Н. Агротехнические и экономические показатели приёмов возделывания сои в короткоротационных севооборотах и монокультуре / А.Н.

Гайдученко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 10 (120). – 39 с.

38. Гаркуша, С.В. Система земледелия Краснодарского края / С.В. Гаркуша, Н.П. Иващенко, И.А. Лобач. Методические рекомендации. Краснодар, 2009. – 268с.

39. Гармашов, В.М. Основная обработка почвы под горох в условиях недостаточной влагообеспеченности / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2019. – № 3 (31). – С. 58-62.

40. Гармашов, В.М. Плодородие чернозема обыкновенного и урожайность культур зернопропашного севооборота при различных способах обработки почвы / В.М. Гармашов // Матер. Межд. науч.-практ. конф. Биологизация земледелия: перспективы и реальные возможности в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – Воронеж:, 2019. – С. 282-294.

41. Гатаулина, Г.Г. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? / Г.Г. Гатаулина, М.Е. Бельшкіна // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 8. – С. 5-11

42. Гвоздецкий, Н.А. Предкавказье / Н.А. Гвоздецкий // Большая Российская энциклопедия, 2015. – Режим доступа: <https://gufo.me/dict/bse/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D1%8C%D0%B5>

43. Гилев, С.Д. Технология прямого посева и микробиологическая активность чернозема выщелоченного / С.Д. Гилев, И.Н. Цимбаленко, А.П. Курлов, И.В. Русакова // Земледелие. – 2015. – № 3. – С. 28-30.

44. Гиляров, М.С. Методы почвенно-зоологических исследований / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1975. – 29 с.

45. Годунова, Е.И. Почвенная мезофауна лесостепных и степных агроландшафтов Центрального Предкавказья: монография / Е.И. Годунова, С.И. Сигида, М.Б. Патюта. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2014. – 176 с.

46. Голопятов, М.Т. Влияние минерального питания на урожай и качество зернобобовых культур / М.Т. Голопятов, В.А. Емельянов, В.И. Летуновский // Сб. науч. тр. ВНИИЗБК. – Орёл, 1983. – С. 26-35.

47. Гонгало, А.А. Влияние технологии возделывания на засоренность посевов *Linum usitatissimum* L. / А.А. Гонгало, Е.Н. Турин, К.Г. Женченко, В.Ю. Иванов., Т.Н. Мельничук // В сборнике «Рациональное использование природных ресурсов в агроценозах» по матер. межд. науч.-практ. конф. в НИИСХ Крыма – НИИСХ Крыма. – 2020. – С. 16-17.

48. Гончаров, Б.П. Почвозащитно-индустриальная технология возделывания гороха в севооборотах на почвах, подверженных дефляции и эрозии: рекомендации / Б.П. Гончаров, Н.В. Петрова, А.И. Кудрин. – Ставрополь: Ставроп. краевое упр. статистики, 1991. – 23 с.

49. Гранкин, Е.А. Динамика изменения запасов продуктивной влаги в метровом слое чернозёма типичного в зависимости от технологии обработки почвы / Е.А. Гранкин // В сборнике: наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2018. – С. 465-468.

50. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Технические требования. 1993-07-01. – М.: Изд-во стандартов. – 1992. – 9 с.

51. Давлетов, Ф.А. Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна гороха / Ф.А. Давлетов // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 5. – С.13-14.

52. Давлетов, Ф.А. Применение гербицидов и боронования для борьбы с сорняками на посевах гороха в условиях Республики Башкортостан / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, Ф.Ф. Сафин // Зерновое хозяйство России. – 2022. – №1 (79). – С. 77-82.

53. Джандаров, А.Н. Влияние технологии возделывания на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А.Н. Джандаров, Р.Г. Гаджимаров, Н.А.

Горшкова, В.К. Дридигер // Известия Горского ГАУ. – 2022. – Т. 59. – № 1. С. 20-26.

54. 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 Межд. 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.

55. 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. Межд. науч.-практ. конф. в Ставропольском ГАУ 17-19 октября 2018 г. – Ставрополь. – 2018-1. – С. 32-35.

56. Джандаров, А.Н. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства почвы и урожайность гороха / А.Н. Джандаров // Новости науки в АПК – Выпуск по матер. VII Межд. 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.

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

58. Джандаров, А.Н. Влияние технологии возделывания на рост, развитие и урожайность гороха / А.Н. Джандаров // Новости науки в АПК – Выпуск по матер. IX Межд. 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.

59. Довбан, К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан. – М., 1990. – 206 с.

60. Дорожко, Г.Р. Земледелие Ставрополья / Г.Р. Дорожко, В.М. Пенчуков и др. ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2011. – 328 с.

61. Дорожко, Г.Р. Шесть лет с No-till / Г.Р. Дорожко // Аграрное Ставрополье. – 2014. – № 22 – С. 14.
62. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов.; М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
63. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 5-е доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
64. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
65. Демидова, В.Н. Ларина Г.Е. Рациональное применение гербицидов в посевах гороха // Защита и карантин растений. – 2009 – № 3. – С. 28-31.
66. Денисова, А.В. Возделывание промежуточных культур в звеньях полевых севооборотов в условиях Кировской области / А.В. Денисова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 658.
67. Драгавцева, И.А. Анализ ресурсного потенциала земель Ставропольского края для возделывания плодовых культур / И.А. Драгавцева и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 192 с.
68. Дридигер, В.К. Совершенствование ресурсосберегающих систем земледелия Ставропольского края / В.К. Дридигер, В.Б. Рыков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 8. – С. 9-12.
69. Дридигер, В.К. Эффективность использования пашни при возделывании полевых культур по технологии прямого посева / В.К. Дридигер // Поле деятельности. – 2014. – № 2. – С. 32-35.
70. Дридигер, В.К. Методические подходы к изучению систем земледелия без обработки почвы / В.К. Дридигер // Земледелие. – 2014-1. – № 7. – С. 24-26.
71. Дридигер, В.К. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на агрофизические свойства почвы и потенциальное плодородие в севообороте / В.К. Дридигер, Е.А. Кацаев, Р.С. Стукалов, Р.Г. Гаджимаров, В.В. Бровков // Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. науч. статей по матер. IV Межд. науч. конф. в Ставропольском ГАУ 13-15 октября 2015 г. – Ставрополь:

АГРУС Ставропольского ГАУ, 2015. – С. 230-236.

72. Дридигер, В.К. Влияние технологии возделывания полевых культур на водно-физические свойства чернозема обыкновенного в первой ротации полевого севооборота зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.К. Дридигер, В.В. Кулинцев, Р.С. Стукалов, Р.Г. Гаджиумаров // Известия Оренбургского ГАУ. – 2017-1. – № 4 (66). – С. 39-43.

73. Дридигер, В.К. Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на физические и химические свойства чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья / В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (65). – С. 27-31.

74. Дридигер, В.К. Влияние растительных остатков на накопление влаги, популяцию дождевых червей и содержание гумуса в почве при возделывании полевых культур по технологии No-till / В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов, Р.Г. Гаджиумаров // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО 2017): матер. V Межд. науч.-практ. конф. Донского гос. техн. ун-та (с. Дивноморское, 11-15 сентября 2017 г.) – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2017 – С. 382-387.

75. Дридигер, В.К. Рост, развитие и продуктивность сои при возделывании по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.К. Дридигер, Р.Г. Гаджиумаров // Масличные культуры. НТБ ВНИИМК. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 52-57.

76. Дридигер В.К. Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till / В.К. Дридигер, В.П. Белобров, С.А. Антонов, С.А. Юдин, Р.Г. Гаджиумаров, С.А. Лиходиевская, Н.Р. Ермолаев // Земледелие. – 2020. – № 6. – С. 11-17.

77. Дридигер, В.К. Особенности проведения научных исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву / Дридигер В.К. Методические рекомендации. Изд-во: Ставрополь-Сервис-Школа. – 2020. – 69 с.

78. Дридигер, В.К. О путях и методах изучения прямого посева семян в необработанную почву / В.К. Дридигер // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5 (14). – С. 14-25.

79. 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 Ставрополья. – 2021. – № 3 (43). – С. 27-31.

80. 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.

81. Дубовик, Д.В. Минимизация основной обработки почвы под горох в Курской области / Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков, Б.С. Ильин, А.Н. Морозов // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 11. – С. 26-31.

82. Есаулко, А.Н. Опыт применения технологии No-till в различных климатических зонах Ставропольского края / А.Н. Есаулко, Е.Б. Дрёпа, А.Ю. Ожередова, Е.В. Голосной // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 28-31.

83. Есаулко, А.Н. Динамика показателей почвенного плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till в условиях Ставропольского края / А.Н. Есаулко, С.А. Коростылев, М.С. Сигида, Е.В. Голосной // Агрохимический вестник. – 2018. – № 4. – С. 58-62.

84. Жбанов, Д.В. Гербициды на горохе / Д.В. Жбанов, С.А. Евсеев, О.В. Столяров // Защита и карантин растений. – 2011 – № 3. – С. 36-37.

85. Желнакова, Л.И. Методическое пособие по корректировке систем земледелия в связи с региональным изменением климата (на примере Ставропольского края) / Л.И. Желнакова, С.А. Антонов. – Михайловск. – 2011. – 50 с.

86. Желтухина, В.И. Эколого-агрономическое обоснование применения минеральных удобрений под горох / В.И. Желтухина, М.А. Куликова, Л.А. Манохина, С.И. Панин, Е.Ю. Колесниченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – №3 (23). – С. 116-123.

87. Женченко, К.Г. Результаты изучения технологии прямого посева в Крыму / К.Г. Женченко, Е.Н. Турин, А.А. Гонгало, А.А. Зубоченко // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 5 (12). – С. 59-65.

88. Журба, Р.Н. Влияние различных способов обработки выщелоченного

чернозема и минеральных удобрений на продуктивность ярового гороха / Р.Н. Журба, Н.И. Бардак // КубГАУ. – 2008. – № 431 (459) – С. 269-273.

89. Жученко, А.А. Системы земледелия Ставрополя / А.А. Жученко, В.И. Трухачев. – Ставрополь: изд-во «АГРУС», 2011. – 844 с.

90. Забродкин, А.А. Минимальная обработка почвы: аргументы «за» и «против» / А.А. Забродкин // Главный агроном. – 2013. – № 2. – С. 4-7.

91. Завалин, А.А., Экология азотфиксации / А.А. Завалин, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырев. – М.: РАН. – 2019. – 252 с.

92. Злотников, А.К. Как компенсировать недостатки технологии No-till / А.К. Злотников // Защита и карантин растений. – 2018. – № 6. – С. 35-37.

93. Зотиков, В.И. Современное состояние отрасли зернобобовых и крупяных культур в России / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко // Вестник ОрёлГАУ. – 2006. – № 1. – С. 14-18.

94. Зотиков, В.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха / В.И. Зотиков, М.Т. Голопятов, А.С. Акулов, Г.А. Борзёнкова, А.Г. Васильчиков, И.В. Кондыков, В.М. Новиков, Т.С. Наумкина, В.П. Пьяных, А.И. Хлебников, З.Р. Цуканова, Е.Л. Ревякин Г.А. Гоголев. – Методические рекомендации. – М.: Изд. ВНИУА, 2009. – 60 с.

95. Зотиков, В.И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4-9.

96. Иванов, В.М. No-till как разновидность консервативной обработки почвы / В.М. Иванов // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 12. – С. 43-44.

97. Иванов, А.Л. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России / А.Л. Иванов, В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер, В.П. Белобров // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 8–16.

98. Ивенин, В.В. Роль чистых и занятых паров при интенсивном возделывании яровой пшеницы / В. В. Ивенин, А.В. Ивенин, А.Ю. Белов, А.П. Саков // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 31-32.

99. Ивенин, В.В. Агротехнические особенности выращивания картофеля: Учебное пособие / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин; Под ред. В.В. Ивенина. – 2-е изд., перераб. – СПб.: Лань, 2015. – 336 с.

100. Ильбулова, Г.Р. Оценка ферментативной активности почв Зауралья республики Татарстан при различных системах обработки почвы / Г.Р. Ильбулова, Я.Т. Суюндуков, Х.М. Сафин, Р.Ф. Хасанова, И.Н. Семенова, М.Б. Суюндукова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 10-15.

101. Исаев, А.П. Способы посева, нормы высева и приемы ухода за горохом / А.П. Исаев // Программная технология возделывания и уборки зернобобовых культур / Г.Б. Демиденко и др. // Материалы Всесоюзного совещания - семинара. – Орел, 1971. – С. 92.

102. Казеев, К.Ш. Влияние технологии No-till на экологическое состояние чернозёмов южных Ростовской области / К.Ш. Казеев, Г.В. Мокриков, Ю.В. Акименко, М.А. Мясникова, С.И. Колесников // Достижение науки и техники в АПК. – 2020. – Т. 34. – № 1. – С. 7-11.

103. Камбулов, С.И. Влияние основных приёмов обработки почвы на продуктивность гороха / С.И. Камбулов, Ю.А. Семенихина, Е.Б. Дёмина // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 82-88.

104. Капелле, К. Почвенная фауна в прямом посеве / Кристине ванн Капелле, Штефан Шрадер, Йохим Брунотте // Ресурсосберегающее земледелие. – 2013. – № 1 (17). – С. 10-14.

105. Казыдуб, Н.Г. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут) / Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, М.М. Плетнева, Е.А. Коноваленко, О.А. Кацюбинская // В сборнике: второго межд. форума «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России». ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – 2018. – С. 192-199.

106. Калегари, А. Севооборот и покровные культуры в системе No-till / А. Калегари // Зерно. – 2008. – № 9. – С. 68-74.

107. Карпова, Л.В. Формирование продуктивности и посевных качеств семян озимой пшеницы в зависимости от приемов выращивания в условиях лесо-

степи Среднего Поволжья: монография / Л.В. Карпова, В.В. Кошеляев, И.П. Кошелева. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 235 с.

108. Карпова, О.И. Оценка экспортного потенциала гороха российского производства / О.И. Карпова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 134-141.

109. Кауричев, И.С. Практикум по почвоведению / И.С. Кауричев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.

110. Кашаев, Е.А. Эффективность технологий возделывания полевых культур на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Кашаев Евгений Александрович. – Ставрополь, 2016. – 22 с.

111. Кирюшин, В.И. Проблемы минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3-6.

112. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия/ В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 366 с.

113. Китаев А.А. Влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур / А.А. Китаев. – автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2000. – 22 с.

114. Кожухова, Е.В. Корреляция структуры урожая гороха с плодородием почвы при биологическом земледелии / Е.В. Кожухова, А.В. Бобровский, А.А. Крючков и др. // Земледелие. – 2022. – № 5. – С. 39-42.

115. Комиссаров, М.А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии / А.М. Комиссаров, А. Клик // Почвоведение. – 2020. – № 4. – С. 473-482.

116. Коржов, С.И. Нулевая технология возделывания культур / С.И. Коржов, Т.А. Трофимова, И.Б. Башев, Е.А. Гранкин // В сборнике: Агрэкологический вестник. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж. – 2021. – С. 253-261.

117. Коржов, С.И. Биологизация земледелия и экономия ресурсов / С.И.

Коржов, Р.Д. Джамалов, Е.А. Гранкин // В сборнике: агроэкологический вестник, материалы международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России. – 2017. – С. 16-23.

118. Коржов, С.И. Влияние бобовых культур на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / С.И. Коржов, А.П. Солодовников, К.И. Пимонов, М.А. Несмеянова // Агрехимический вестник. – 2022. – № 3. – С. 54-59.

119. Корпанов, Р.В. Стратегия прополки люпина: глифосаты в помощь агротехнике / Р.В. Корпанов // Наше сельское хозяйство. – 2020. – № 7 (231). – С. 38-48.

120. Королев, В.А. Изменение основных показателей плодородия чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки / В.А. Королев, А.И. Громовик, О.К. Боронтов // Почвоведение. – 2016. – Т. 49. – № 1. – С. 95-101.

121. Коротких, Н.А. Динамика содержания нитратного азота в почве под посевами пшеницы, возделываемой по технологии No-till в лесостепи Западной Сибири / Н.А. Коротких, Н.Г. Власенко, С.П. Кастючик // Агрехимия. – 2016 – №7 – С. 12-18.

122. Корчагин В.А. Ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания зерновых культур / В.А. Корчагин. – Самара, 2005. – 124 с.

123. Котлярова, Е.Г. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания гороха на зерно / Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 34-35.

124. Куликова, А.Х. Влияние традиционной (интенсивной) и биологизированной технологий возделывания на симбиотическую активность и урожайность гороха / А.Х. Куликова, Г.В. Сайдышева // Земледелие. – 2022. – № 5. – С. 20-23.

125. Куприченков, М.Т. Почвы Ставрополя / М.Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. 424 с.

126. Куприченков, М.Т. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие / М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова, Н.Ф. Симбирев, А.С. Цыганков. – Ставрополь, 2002. – 320 с.

127. Кураченко, Н.Л. Содержание и пространственное распределение по-

движных элементов питания агрочерноземов в зависимости от способов основной обработки почвы / Н.Л. Кураченко, А.А. Колесник // Агрохимия. – 2020 – № 7. – С. 11-16.

128. Кузин, Е.Н. Изменение плодородия почв: монография / Е.Н. Кузин, А.Н. Арефьев, Е.Е. Кузина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 266 с.

129. Кузыченко, Ю.А. Система обработки почвы в условиях Ставрополья / Ю.А. Кузыченко. – Основы систем земледелия Ставрополья: под общ. ред. В.М. Пенчукова, Г.Р. Дорожко. – Ставрополь, 2005. – 147 с.

130. Кузыченко, Ю.А. Оптимизация систем основной обработки почвы под культуры полевого севооборота в зоне Центрального Предкавказья: монография / Ю.А. Кузыченко, В.В. Кулинцев. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2012. – 168 с.

131. Кузыченко, Ю.А. Дифференциация систем основной обработки почвы Оптимизация систем основной обработки почвы в полевых севооборотах на различных типах почв Центрального и Восточного Предкавказья: монография / Ю.А. Кузыченко, В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, В.М. Рындин. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2017. – 244 с.

132. Куликова, Н.А. Деградация глифосата и его влияние на микробное сообщество агродерновоподзолистой почвы в условиях краткосрочного модельного опыта / Н.А. Куликова, А.Д. Железова, О.И. Филиппова, И.В. Плющенко, И.А. Родин // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2020. – № 3. – С. 47–55.

133. Кутовая, О.В. Технология No-till как фактор активности почвенных беспозвоночных в агрочерноземах ставропольского края / О.В. Кутовая, Д.А. Никитин, А.П. Гераськина // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Том 56, 1. – С. 199-210

134. Кулинцев, В.В. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, Л.И. Желнакова и др. – Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. – 520 с.

135. Кухарев, О.Н. Методические основы оценки механизированных про-

цессов и машин / О.Н. Кухарев, И.Н. Сёмов // Региональные проблемы развития малого агробизнеса: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С. 64-67.

136. Литвин, Л.Ф. География динамики земледельческой эрозии почв на европейской территории России / Л.Ф. Литвин, З.П. Кирюхина, С.Ф. Краснов, Н.Г. Добровольская / Почвоведение. – 2017. – № 11. – С. 1390-1400.

137. Летуновский, В.И. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания гороха / В.И. Летуновский, Е.М. Сеницын. – Москва, 1986. – 49 с.

138. Ложкина, О.В. Технология возделывания гороха в Томской области / О.В. Ложкина. – Методические рекомендации. Россельхозакадемия. Сибирское отделение СибНИИСХиТ, 2007. – 14 с.

139. Лошаков, В.Г. Зелёное удобрение как фактор повышения плодородия почвы / В.Г. Лошаков // Биологизация и экологизация земледелия. – Плодородие. – 2018. – № 2 (101). – С. 26-29.

140. Лошаков, В.Г. Экологические и фитосанитарные функции зелёного удобрения / В.Г. Лошаков // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018-1. – № 5. – С. 30-42.

141. Лысенко, А.А. Урожайность сортов зернового гороха при изменении погодных условий в приазовской зоне Ростовской области / А.А. Лысенко // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2. – С. 13-20

142. Мазиров, М.А. Полевые исследования свойств почв: учеб. пособие к полевой практике для студентов, обучающихся по направлению подготовки 021900 – почвоведение / М.А. Мазиров // Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 72 с.

143. Мальцев, К.А. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской территории России / К.А. Мальцев, О.П. Ермолаев // Почвоведение. – 2019. – № 12. – С. 1502-1512.

144. Мельцаев, И.Г. Нитрифицирующая способность почвы и содержание дождевых червей в книге: севооборот и система обработки - основы повышения

плодородия почв и урожайности в Верхневолжье / И.Г. Мельцаев, С.И. Зинченко, С.Т. Эседуллаев, А.Э. Лощина // Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр". – Иваново, 2019. – С. 184-226.

145. Менькина, Е.А. Численность микроорганизмов в технологии без обработки почвы в зависимости от предшественников и доз минеральных удобрений / Е.А. Менькина, А.А. Воропаева // Сб. науч. тр. по матер. науч.-практ. конф. с межд. участием «Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона» в ФГБНУ Калужский НИИСХ. – Калуга: Калужский НИИСХ, 2018. – С. 84-89.

146. Мартыанова, А.И. Киновек русского текста: Парадокс литературной кинематографичности / И.А. Мартыанова. – Монография. – СПб.: Издательство "Сага", 2001. – 224 с.

147. Морозов, В.И. Флористический состав и динамика численности сорных растений агрофитоценозов в севооборотах лесостепной зоны Поволжья / Морозов В.И., Тойгильдин А.Н., Подсевалов М.И. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (44). – С. 102-109.

148. Миндубаев, А.З. Влияние белого фосфора на жизнеспособность *Aspergillus Niger* AM1 и AM2. Биодegradация глифосата / А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, А.Г. Даминова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 38-44.

149. Назаренко, О.Г. Агрохимическая и агрофизическая характеристика почв, на которых применяется технология «прямого посева» / О.Г. Назаренко // Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. науч. статей по матер. IV межд. науч. конф. в Ставроп. ГАУ 13-15 октября 2015 г. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2015. – С. 299-301.

150. Наумова, Н.П. Структура урожая и урожайность зерна сортов гороха посевного в условиях серой лесной почвы / Н.П. Наумова, Н.В. Михелина, Е. Катьшин // В сборнике: Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. Материалы XVIII международной научной конференции. – 2021. – С. 172-178.

151. Нечаев, Л.А. Роль основной обработки почвы в создании оптимальных физических условий и питательного режима для гороха / Л.А. Нечаев, В.М. Новиков, В.И. Коротеев, В.В. Анненков // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 2. – С. 45-47.

152. Никитин, Д.А. Оценка влияния технологии No-till и вспашки на микробиом южных агрочерноземов / Д.А. Никитин, Е.А. Иванова, А.Д. Железова, М.В. Семенов, Р.Г. Гаджиумаров, А.К. Тхакахова, Т.И. Чернов, Н.А. Ксенофонтова, О.В. Кутовая // Почвоведение. – 2020. – №. 12. – С. 1508-1520.

153. Никитин, Д.А. Влияние технологии No-till на численность и таксономический состав микроскопических грибов в южных черноземах / Д.А. Никитин, М.В. Семенов, А.Д. Железова, О.В. Кутовая // Микология и фитопатология. – 2021. – Том 55. – №. 32. – С. 189-2020.

154. Новиков, В.М. Влияние гороха и гречихи на плодородие почвы и продуктивность звена севооборота при различной основной обработке почвы / В.М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – 72-76.

155. Небавский, В.С. Освоение новой технологии / В.С. Небавский // Аграрный консультант. – 2011. – № 1. – С. 6-8.

156. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора. – М.: АН СССР, 1961. – 135 с.

157. Околелова, А.А. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова, А.С. Касьянова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 379-383.

158. Паньков, Ю.И. Урожайность подсолнечника и изучение влияния элементов технологии без обработки почвы / Ю.И. Паньков // Сельскохозяйственный журнал. – 2018 – № 3 (11). – С. 6-13.

159. Паньков, Ю.И. Продуктивность подсолнечника в зависимости от технологии возделывания на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Паньков Юрий Иванович. – Ставро-

поль, 2017. – 22 с.

160. Пенчуков, В.М. Основы систем земледелия Ставрополя / В.М. Пенчуков, Г.Р. Дорожко, Ф.И. Бобрышев. Основы систем земледелия Ставрополя, 2005. – 357 с.

161. Передериева, В.М. Севообороты и их особенности в различных агропочвенных зонах Ставропольского края. Учебное пособие. / В.М. Передериева, Г.Р. Дорожко, А.И. Войсковой, Н.С. Голоусов, О.И. Власова. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного Аграрного университета, 2004. – 76 с.

162. Подколзин, О.А. Мониторинг и оценка состояния почв степных агроландшафтов Северо-Западного Кавказа / О.А. Подколзин, И.В. Соколова, В.Н. Слюсарев и др. // Агрехимический вестник. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 11-15.

163. Поляков, Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства чернозёмов и урожайность полевых культур / Д.Г. Поляков // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 37-43.

164. Поляков, Д.Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта / Д.Г. Поляков, Ф.Г. Бакиров // Земледелие – 2020. – № 12. – С. 3-7.

165. Понедельченко, М.Н. Последствие минеральных удобрений на урожайность гороха / М.Н. Понедельченко, Н.С. Соколов // Аграрная наука. – 2004. – №3. – С. 23-24

166. Пучкова, Е.В. Продуктивность и технологичность стародавних и современных сортов гороха Донской селекции / Е.В. Пучкова, Н.А. Коробова, А.П. Коробов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 1-2 (40). – С. 40-44.

167. Пыхтин, И.Г. Обработка почвы: действительность и мифы / Пыхтин И.Г. // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 33-36.

168. Рогожин, Д.О. Изменение состояния органического вещества, степени выпашанности и физических свойств чернозема южного при переходе от отвальной к нулевой обработке / Д.О. Рогожин, Б.А. Борисов // Агрехимический вестник. 2020. – № 6. – С. 19-22.

169. Рыжих, Л.Ю. Эффективность основной обработки серых лесных почв / Л.Ю. Рыжих, И.Ш. Тагиров, Ф.Ф. Замалиева и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 66-68.

170. Рябов, Е.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур / Е.И. Рябов. – Ставрополь: изд-во: Агрис, 2003. – 152 с.

171. Рымарь, В.Т. Оптимизация минерального питания гороха / В.Т. Рымарь, Г.П. Покудин, С.В. Мухина, С.В. Мамедов // Кормопроизводство. – 2005. – №3. – С. 10-12.

172. Савельев, В.А. Горох: монография. Саратов: Вузовское образование, 2018. – 231 с.

173. Сафин, Х.М. No-till – забота о будущем / Х.М. Сафин, Р.С. Фасрисламов, Л. Шварц // Информационный бюллетень Минсельхоза России. – 2011. – №11. – С. 50-53.

174. Свиридов, А.В. Новые подходы к идентификации и определению активности ферментов деградации глифосата / А.В. Свиридов, Н.Ф. Зеленкова, Н.Г. Винокурова, И.Т. Ермакова, А.А. Леонтьевский // Биохимия. – 2011. – Т. 76. – №6. – С. 880-888.

175. Сельское хозяйство Краснодарского края. Статистический сборник. – Краснодар. – 2019. – С. 11-54.

176. Смит, И.Н. Потенциал развития возделывание гороха в условиях орловской области / И.Н. Смит // Селекция и сорторазведение садовых культур. – Т.8. – № 1-2. – 2021. – С. 70-72.

177. Соловиченко, В.Д. Влияние способа основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабумов и др. // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 20-23.

178. Стукалов, Р.С. Влияние технологий возделывания и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Стукалов Роман Сергеевич. – Ставрополь, 2016. – 22 с.

179. Стукалов, Р.С. Влияние No-till технологии при возделывании озимой пшеницы на количество дождевых червей в почве в сравнении с традиционной технологией / Р.С. Стукалов // Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона: сб. науч. тр. по матер. науч.-практ. конф. с Межд. участием. – Калуга: Калужский НИИСХ, 2018. – С. 89-94.

180. Стукалов, Р.С. Влияние технологии No-till на засоренность и накопление глифосат кислоты в почве и зерне озимой пшеницы / Р.С. Стукалов, В.К. Дридигер // Новости науки в АПК. – 2018. – № 1 (10). – С. 74-78.

181. Стукалов, Р.С. Анализ содержания продуктивной влаги в почве при возделывании озимой пшеницы по традиционной и No-till технологиям в севообороте / Р.С. Стукалов // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – Том 1. – № 12. – С. 20-26.

182. Тарасенко, Б.И. Повышение плодородия почв Кубани: некоторые вопросы физики почв Краснодарского края в связи с их сельскохозяйственным использованием / Б.И. Тарасенко – изд. 2-е доп. и испр. – Краснодар: Краснодарское кн. изд., 1981. – 188 с.

183. Ткачук, О.А. Севооборот как фактор повышения продуктивности пашни и сохранения плодородия почвы в лесостепной зоне среднего Поволжья / О.А. Ткачук, Е.В. Павликова, С.В. Богомазов // Нива Поволжья. – 2017. – № 3 (44). – С.74-79.

184. Тойгильдин, А.Н. Оценка эффективности обработки почвы и защиты растений на зерновых бобовых культурах в условиях лесостепной зоны Поволжья / Тойгильдин А.Н., Подсевалов М.И., Мустафина Р.А. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1 – (53). – С. 68-73.

185. Тойгильдин, А.Н. Формирование урожайности зерновых бобовых культур в условиях лесостепи Заволжья / Тойгильдин А.Л., Морозов В.И., Подсевалов М.И., Хайртдинова Н.А. // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 16-22.

186. Томашова, О.Л. Строение почвы под покровными культурами при тех-

нологии прямого посева в предгорно-степной зоне Крыма / О.Л. Томашова, А.В. Ильин, Л.С. Веселова // Известия оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (80). – С. 31-33.

187. Томашова, О.Л. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от сочетания почвопокровных культур в полевом севообороте и NO-TILL в Предгорно-Степном Крыму. / Томашова О.Л., Ильин А.В., Захарчук П.С., Сильченко К.Р., Томашова А.С. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 28 (191). – С. 32-41.

188. Томилов, В.П. О статистической обработке данных полевых опытов / В.О. Томилов // Земледелие. – 1987. – №3. – С. 48-51.

189. Трофимова, Т.А. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы / Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Гулевский, В.Н. Образцов // Почвоведение. – 2018. – Т. 51. – №9. – С. 1080-1085.

190. Турусов, В.И. Эффективность различных приёмов и систем основной обработки почвы в звене севооборота горох – озимая пшеница в условиях юго-востока ЦЧР / В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 9-14.

191. Турусов, В.И. Влияние способов обработки на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в условиях юго-востока ЦЧР / В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 12. – С. 20-25.

192. Турчин, Ф.В. Методы определения азота в почве / Ф.В. Турчин; Агрохимические методы исследования почв. – Изд. 4-ое перераб. и доп. – М., 1965. – С.64-82.

193. Турин, Е.Н. Преимущества и недостатки систем земледелия прямого посева (обзор) / Е.Н. Турин // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 2 (22). – С. 150-168.

194. Трофимова, Т.А. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы / Т.А. Трофимова,

С.И. Коржов, В.А. Гулевский и др. // Почвоведение. – 2018. – Т. 51. – № 9. – С.1080-1085.

195. Усенко, С.В. Реакция гороха на условия увлажнения, приемы основной обработки почвы, минеральные удобрения и средства защиты растений / С.В. Усенко, В.И. Усенко // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 11. – С. 14-17.

196. Усенко, В.И. Эффективность азотных удобрений при возделывании пшеницы по традиционным и No-till технологиям в лесостепи Алтайского Приобья / В.И. Усенко, С.В. Усенко // Земледелие. – 2017. – № 8. – С. 32-35.

197. Холодов, В.А. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования / В.А. Холодов, Н.В. Ярославцева, Ю.Р. Фарходов, В.П. Белобров, С.А. Юдин, А.Я. Айдиев, В.И. Лазарев, В.И. Фрид // Почвоведение. – 2019. – № 2. – С. 184-193.

198. Целовальников, В.К. Шесть лет с No-till / В.К. Целовальников // Аграрное Ставрополье. – 2014. – №22. – С. 14.

199. Чекаев, Н.П. Технология No-till – путь к реальным результатам / Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов // Продовольственная политика и безопасность. – 2015. – № 2 (1). – С. 7-18.

200. Чекаев, Н.П. Изменение агрофизических показателей чернозема выщелоченного и урожайности яровой пшеницы в условиях внедрения технологии No-till / Н.П. Чекаев, Т.А. Власова, Е.О. Кочмина // Нива Поволжья. – 2015. – № 2 (35). – С.74-79.

201. Чекаев, Н.П. Агроэкологическая оценка земель: учеб. пособие / Н.П. Чекаев, А.Ю. Кузнецов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 215 с.

202. Чекаев, Н.П. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях прямого посева / Н.П. Чекаев, Е.О. Кочмина // Нива Поволжья. – 2018. – № 1 (46). – С. 90-96.

203. Черкасов, Г.Н. Возможности применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13-16.

204. Черкашин, В.Н. Защита полевых культур от вредителей, болезней и сорняков в Ставропольском крае / В.Н. Черкашин, Г.В. Черкашин, В.А. Коломыцева; ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного Аграрного университета, 2018. – 324 с.

205. Черкашин, В.Н. Становление фитосанитарного состояния посевов полевых культур при освоении технологии без обработки почвы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.Н. Черкашин, Г.В. Черкашин // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – № 5. – С. 46-50.

206. Харченко, А.Г. Прямой посев в условиях эпифитотии бактериозов / А.Г. Харченко // Ресурсосберегающее земледелие. – 2011. – №2 (10). – С. 33-35.

207. Федин, А.М. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / А.М. Федин, Ю.А. Роговский, Л.В. Исаева и др. – Москва, 2019. – 384 с.

208. Филатов, В.И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В.И. Филатов, Г.И. Баздырев, М.Г. Объедков и др.; Под ред. В.И. Филатова. – Москва, 2003. – 724 с.

209. Филатова, И.А. Продуктивность гороха и элементы структуры урожая в зависимости от норм высева / И.А. Филатова // Земледелие. – 2019. – № 2. – С.36-38.

210. Целуйко, О.А. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха / Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №. 4. – С. 46-51.

211. Церетели, И.С. Действие ГлифосАрма на корневища многолетних злаковых сорняков / И.С. Церетели, Г.Ж. Саркисян, А.Г. Агаронян // Защита и карантин растений. – 2020. – № 11. – С. 21–22.

212. Цховребов, В.С. Агрогенная деградация черноземов Центрального Предкавказья / В.С. Цховребов; Ставроп. гос. аграр. ун-т. – Ставрополь: АГРУС, 2003. – 224 с.

213. Цховребов, В.С. Почвы Ставропольского края / В.С. Цховребов, М.Т. Куприченков // Основы систем земледелия Ставрополья. – Ставрополь, 2005. – С.65-73.

214. Цховребов, В.С. Системы земледелия Ставропольского края / В.С. Цховребов // Почвы и климат Ставрополья. – Ставрополь: Агрус, 2011. – С. 85-151.

215. Цховребов, В.С. Эффективность применения технологии No-till на чернозёмах обыкновенных Ставропольского края / В.С. Цховребов, А.Б. Тетенищев, В.И. Фаизова и др. // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 15-19.

216. Шевелев, А.Т. Сидерация как элемент энергосберегающей технологии в земледелии Прибайкалья / А.Т. Шевелев, Е.Н. Дьяченко; Фундаментальные и прикладные исследования науки XXI века. Шаг в будущее: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции СПб. – 2017. – С. 124-126.

217. Шевчук, В.Е. Бобовые культуры и почвенное плодородие / В.Е. Шевчук. – Иркутск, 1979.– 99 с.

218. Шпаар, Д., Эльмер Ф., Постников А. и др. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар, А. Постников и др. – Мн.: «ФУАинформ, 2000. – 264 с.

219. Шпанев, А.М. Защита гороха от вредных организмов / А.М. Шпанев, А.Б. Лаптиев // Защита и карантин растений. – 2010. – № 9 – С. 44-47.

220. Штомпель, Ю.А. Практикум по почвоведению (почвы Северного Кавказа) / Ю.А. Штомпель, В.С. Цховребов. – уч. пособ. – Краснодар: изд-во Советская Кубань – 2003 – 328 с.

221. Шушкова, Т.В. Биодеструкция глифосата почвенными бактериями: оптимизация процесса культивирования и способ сохранения активной биомассы / Т.В. Шушкова, И.Т. Ермакова, А.В. Свиридов, А.А. Леонтьевский // Микробиология. – 2012. – Т. 81. – № 1. – С. 48-55.

222. Belobrov, V.P. Changes in Physical Properties of Chernozems under the Impact of No-Till Technology / V.P. Belobrov, S.S. Yudin, N.V. Yaroslavtseva, A.V. Yudina, V.K. Dridiger, R.S. Stukalov, N.N. Kluev, I.V. Zamotaev, N.R. Ermolaev, A.L. Ivanov, V.A. Kholodov // Eurasian Soil Science, 2020, Vol. 53, № 7, pp. 968-977.

223. Voivin, P. Влияние No-till, поверхностной обработки и отвальных обработок на биофизические показатели, плодородие почвы Швейцарии; Научно-

обоснованные системы земледелия: теория и практика – Сб. науч. тр. по матер. межд. науч.-практ. конф.. – Ставрополь: Издательство «Параграф», 2013. – 288 с.

224. Blanco-Canqui, H. Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties / H. Blanco-Canqui et al. // *Soil Sci. Soc. Am.* – J. 2011. – 75:1471-1482.

225. Briones, M.J. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis / M.J. Briones, O. Schmidt // *Global change biology.* – 2017. – Vol. 23. – Iss. 10. – P. 4396–4419.

226. Chekaev, N. The economic efficiency of the No-till technology by the example of spring wheat / N. Chekaev, A. Kuznetsov // *Russian Agricultural Economic Review.* – 2015. – 2 (2). – P. 95-104.

227. Dridiger, V.K. Effect of no-till technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil and other / V.K. Dridiger, E.I. Godunova, E.V. Eroshenko // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* – 2018. – № 9 (2). – Page No. 766-770.

228. Ermakova, I.T. Bioremediation of glyphosatecontaminated soils / I.T. Ermakova, N.I. Kiseleva, T. Shushkova, M. Zharikov, G.A. Zharikov, A.A. Leontievsky // *Applied Microbiology and Biotechnology.* – 2010. – V. 88. – № 2. – Pp. 585–594.

229. Hall, C. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses / C. Hall, C. Hillen, J.G. Robinson // *Cereal Chemistry.* 2017. – Vol. 94. – No. 1. – P. 11-31.

230. Khan, A. Tillage and crop production / A. Khan // *Agronomic Crops.* 2019. – Vol. 1. – P. 115-129.

231. Khaledian, M. Yield and Energy Requirement of Durum Wheat under No-Tillage and Conventional Tillage in the Mediterranean Climate / M. Khaledian, J. C. Malihol, P. Ruelle // *Journal of Biological and Environmental Sciences.* – 2012. – 6. – P. 59-65.

232. Kuzychenko, Y.A. Spatial prediction and techniques for reducing soil compaction in the central pre-caucasus region / Пространственное прогнозирование и приемы снижения уплотнения почвы в зоне Центрального Предкавказья / 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

233. Medvedev, E.B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions on the northern part on the Donetsk Highland / E.B Medvedev // Grain Crops. 2018. – Vol. 2. – No. 2. – P. 314-323.

234. Solodovnikov, A.P. Minimizing tillage to preserve the agro-chemical and water-physical properties of southern black soil after vegetative reclamation / A.P. Solodovnikov, K.E. Denisov, A.N. Danilov. et al. // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. – Vol. 9. – No. 12. P. 1166-1172.

235. Sinjushin, A. Mutation genetics of pea (*Pisum sativum* L.): What is done and what is left to do / A. Sinjushin // Ratar. Povrt. 2013. – Vol. 50. – No. 2. P. 36-43. doi: 10.5937/ratpov50-4191.

236. Toliver, D.K. Effects of No-Till on Yields as Influenced by Crop and Environmental Factors / D.K. Toliver et al. // Agronomy Journal, 2012. – 104:2:530-541.

237. Venkidasamy, B. Indian pulses: A review on nutritional, functional and biochemical properties with future perspectives / B. Venkidasamy, D. Selvaraj, A.S. Nile. et al. // Trends in Food Science & Technology. 2019. – Vol. 88. – P. 228-242.

238. Walter, H. Die vegetation der Erde – physiologischer Betrachtung Band I: Die tropischen und subtropischen Zonen. – VEB Gustav Verlag, Jena, 1964. 592 s.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Плотность почвы (перед уходом в зиму и ранней весной), г/см³

Технология	Вариант	Почвенный слой, м	Определяли					
			перед зимой			после зимы		
			2018	2019	2020	2019	2020	2021
Рекомендованная	без удобрений	0,0-0,1	1,02	1,04	1,01	1,09	0,98	0,96
		0,1-0,2	1,09	1,09	1,16	1,08	1,12	0,98
		0,2-0,3	1,07	1,24	1,26	1,13	1,36	1,21
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	1,01	1,03	1,02	1,08	0,98	0,96
		0,1-0,2	1,10	1,11	1,19	1,10	1,00	0,99
		0,2-0,3	1,09	1,24	1,28	1,15	1,36	1,22
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	1,18	1,19	1,18	1,06	1,05	1,12
		0,1-0,2	1,23	1,24	1,27	1,07	1,31	1,16
		0,2-0,3	1,24	1,31	1,32	1,17	1,31	1,27
No-till	без удобрений	0,0-0,1	1,15	1,18	1,21	1,12	1,14	1,10
		0,1-0,2	1,17	1,24	1,26	1,14	1,25	1,19
		0,2-0,3	1,19	1,26	1,31	1,19	1,30	1,24
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	1,11	1,17	1,24	1,11	1,12	1,09
		0,1-0,2	1,07	1,21	1,27	1,15	1,22	1,19
		0,2-0,3	1,20	1,26	1,32	1,20	1,37	1,25
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	1,10	1,15	1,24	1,13	1,08	1,08
		0,1-0,2	1,15	1,22	1,27	1,16	1,24	1,21
		0,2-0,3	1,19	1,27	1,34	1,20	1,38	1,25
НСР ₀₅ технологии			0,06	0,05	0,06	0,05	0,04	0,06
НСР ₀₅ удобрения			0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05
НСР ₀₅ частные различия			0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08

Плотность почвы в слое 0,2-0,3 м во время вегетации гороха, г/см³

(среднее за 2019-2021 гг.)

Технология	Вариант	Определяли в:		
		посев	цветение	уборка
Рекомендованная	без удобрений	1,25	1,36	1,35
	N ₁₀ P ₄₀	1,28	1,35	1,39
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,28	1,34	1,39
No-till	без удобрений	1,31	1,31	1,32
	N ₁₀ P ₄₀	1,30	1,36	1,36
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,25	1,36	1,35
НСР ₀₅ технологии		0,07		
НСР ₀₅ удобрения		0,06		
НСР ₀₅ частные различия		0,08		

Плотность почвы (при посеве и во время вегетации гороха), г/см³

Техно- логия	Вариант	Почвен- ный слой, м	Фенологическая фаза определения								
			посев			цветение			уборка		
			2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	0,0-0,1	1,04	1,03	1,05	1,33	1,24	1,15	1,26	1,29	1,18
		0,1-0,2	1,22	1,11	1,08	1,39	1,41	1,18	1,43	1,38	1,22
		0,2-0,3	1,29	1,29	1,18	1,42	1,43	1,22	1,47	1,44	1,24
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	1,00	1,03	1,07	1,33	1,21	1,15	1,26	1,29	1,17
		0,1-0,2	1,27	1,11	1,14	1,41	1,37	1,22	1,37	1,39	1,23
		0,2-0,3	1,36	1,29	1,19	1,41	1,42	1,22	1,46	1,45	1,25
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	1,05	1,01	1,02	1,23	1,28	1,17	1,24	1,25	1,15
		0,1-0,2	1,28	1,21	1,18	1,31	1,33	1,24	1,38	1,33	1,24
		0,2-0,3	1,37	1,25	1,22	1,41	1,37	1,25	1,45	1,35	1,27
No-till	без удобрений	0,0-0,1	1,25	1,08	1,06	1,17	1,19	1,17	1,23	1,30	1,11
		0,1-0,2	1,34	1,19	1,20	1,42	1,32	1,21	1,39	1,35	1,18
		0,2-0,3	1,42	1,29	1,23	1,42	1,38	1,23	1,43	1,41	1,22
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	1,24	1,10	1,02	1,23	1,26	1,18	1,24	1,30	1,14
		0,1-0,2	1,29	1,26	1,18	1,40	1,32	1,22	1,36	1,36	1,17
		0,2-0,3	1,40	1,29	1,21	1,43	1,41	1,25	1,42	1,45	1,22
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	1,22	1,10	1,06	1,33	1,33	1,18	1,22	1,23	1,12
		0,1-0,2	1,31	1,22	1,18	1,39	1,37	1,20	1,36	1,38	1,19
		0,2-0,3	1,31	1,25	1,20	1,42	1,40	1,25	1,42	1,40	1,22
НСР ₀₅ технологии			0,08	0,07	0,06	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,06
НСР ₀₅ удобрения			0,07	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05
НСР ₀₅ частные различия			0,09	0,09	0,07	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08

Регрессионный анализ зависимости дождевых червей от величины выпавших осадков и количества растительных остатков предшествующей культуры по технологии No-till

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,876
R-квадрат	0,767
Нормированный R-квадрат	65535
Стандартная ошибка	0
Наблюдения	3

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	816,667	408,333	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Остаток	0	0	65535		
Итого	2	816,666			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Верхние</i> <i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние</i> <i>95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние</i> <i>95,0%</i>
Y-пересечение	478,090	0	65535	#ЧИСЛО!	478,090	478,090	478,090	478,090
Переменная X 1	0,618	0	65535	#ЧИСЛО!	0,618	0,618	0,618	0,618
Переменная X 2	-78,652	0	65535	#ЧИСЛО!	-78,652	-78,652	-78,652	-78,652

Регрессионный анализ зависимости дождевых червей от величины выпавших осадков и количества растительных остатков предшествующей культуры по рекомендованной технологии

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,811
R-квадрат	0,657
Нормированный R-квадрат	65535
Стандартная ошибка	0
Наблюдения	3

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	992,667	496,333	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
Остаток	0	0,000	65535		
Итого	2	992,667			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>
Y-пересечение	7,884	0	65535	#ЧИСЛО!	7,884	7,884	7,884	7,884
Переменная X 1	0,304	0	65535	#ЧИСЛО!	0,304	0,304	0,304	0,304
Переменная X 2	-4,529	0	65535	#ЧИСЛО!	-4,529	-4,529	-4,529	-4,529

Целлюлозоразлагающая активность почвы, %

(разложилось льняного волокна через 30 дней после его закладки)

Техно- логия	Вариант	Почвен- ный слой, м	Год			Сред- нее
			2019	2020	2021	
Рекомен- дованная	без удобрений	0,0-0,1	3,4	0,0	12,1	5,2
		0,1-0,2	7,8	0,0	12,7	6,8
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	4,6	0,0	14,5	6,4
		0,1-0,2	10,5	0,0	13,3	7,9
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	16,4	0,0	27,3	14,6
		0,1-0,2	19,1	0,0	28,8	16,0
No-till	без удобрений	0,0-0,1	10,9	0,0	13,2	8,0
		0,1-0,2	11,8	0,0	12,3	8,0
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	11,1	0,0	13,9	8,3
		0,1-0,2	11,4	0,0	12,5	7,9
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	20,6	0,0	32,2	17,6
		0,1-0,2	25,8	0,0	36,3	21,4
HCP ₀₅ технологии			0,7	-	1,4	1,2
HCP ₀₅ удобрения			0,9	-	2,0	1,5
HCP ₀₅ частные различия			1,3	-	2,8	1,9

Целлюлозоразлагающая активность почвы, %
(разложилось льняного волокна через 60 дней после его закладки)

Техно- логия	Вариант	Почвен- ный слой, м	Год			Сред- нее
			2019	2020	2021	
Рекомен- дованная	без удобрений	0,1-0,2	19,6	4,9	25,2	16,6
		0,1-0,2	23,9	5,1	28,9	19,3
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	21,5	6,9	22,9	17,1
		0,1-0,2	30,6	7,5	26,2	21,4
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	28,9	12,8	38,1	26,6
		0,1-0,2	34,3	17,3	42,6	31,4
No-till	без удобрений	0,0-0,1	23,3	5,1	28,7	19,0
		0,1-0,2	26,4	6,8	28,5	20,6
	N ₁₀ P ₄₀	0,0-0,1	26,8	6,8	31,8	21,8
		0,1-0,2	32,1	8,1	25,9	22,0
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	0,0-0,1	33,8	10,2	46,4	30,1
		0,1-0,2	41,7	13,5	48,9	34,7
НСП ₀₅ технологии			0,9	0,6	1,2	0,8
НСП ₀₅ удобрения			1,5	0,8	1,8	1,6
НСП ₀₅ частные различия			2,3	1,3	2,8	2,2

Полевая всхожесть семян гороха

Технология	Вариант	Содержание влаги в почве перед посевом (в слое 0,0-0,2 м), мм			Всходы, шт./м ²			Всхожесть, %		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Рекомен- дованная	без удобрений	14	12	22	120	129	135	85,7	92,1	96,4
	N ₁₀ P ₄₀	15	14	22	110	122	134	78,6	87,1	95,7
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	10	10	15	93	101	127	66,4	72,1	90,7
No-till	без удобрений	35	19	31	119	130	137	83,5	92,9	97,8
	N ₁₀ P ₄₀	33	19	32	102	132	138	72,8	94,3	98,6
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	25	13	26	90	128	130	64,3	91,4	92,9
НСР ₀₅ технологии		4	2	5	2	4	5	-	-	-
НСР ₀₅ удобрения		3	3	2	3	2	4	-	-	-
НСР ₀₅ частные различия		8	5	8	6	7	9	-	-	-

Продолжительность межфазных периодов роста и развития гороха, дни

Техно- логия	Вариант	Межфазный период												Вегетационный период		
		посев – всходы			всходы – стебление			стебление – цветение			цветение – созревание					
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	11	25	10	34	36	23	22	20	30	41	43	27	97	99	80
	N ₁₀ P ₄₀	11	25	10	34	36	23	22	20	30	41	43	27	97	99	80
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	11	25	10	34	36	23	22	20	30	41	43	27	97	99	80
No-till	без удобрений	14	27	11	33	37	26	23	19	29	41	44	30	97	100	85
	N ₁₀ P ₄₀	14	27	11	33	37	26	23	19	29	41	44	30	97	100	85
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	14	27	11	33	37	26	23	19	29	41	44	30	97	100	85

Густота стояния растений гороха во время вегетации, шт./м²

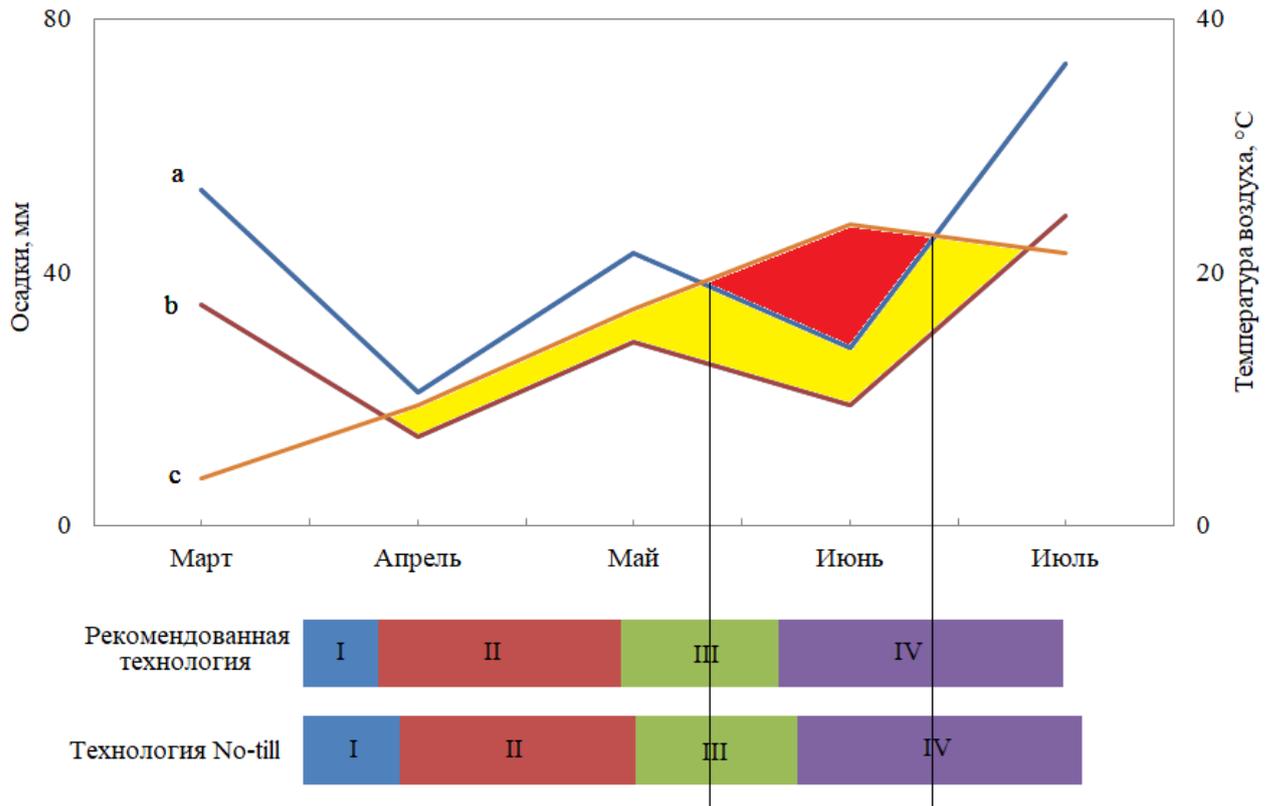
Техно- логия	Вариант	Фенологическая фаза									Сохранность растений, %		
		стеблевание			цветение			полная спелость					
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	120	127	130	119	124	126	117	122	124	95,9	94,6	93,2
	N ₁₀ P ₄₀	104	126	131	104	126	131	99	120	128	93,4	93,8	97,0
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	88	101	123	86	99	122	85	97	121	91,4	93,3	96,8
No-till	без удобрений	120	127	133	118	124	131	116	122	129	95,1	93,9	95,6
	N ₁₀ P ₄₀	102	129	135	99	128	133	99	127	133	96,1	96,2	97,1
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	89	126	128	88	125	124	87	125	124	95,6	97,7	95,4
НСР ₀₅ технологии		2	3	3	2	3	3	2	3	3	-	-	-
НСР ₀₅ удобрения		4	4	5	4	4	5	4	5	5	-	-	-
НСР ₀₅ частные различия		5	6	7	5	6	6	5	6	7	-	-	-

Влияние технологии возделывания и удобрений на площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал посевов гороха

Технология	Вариант	Листовой индекс, м ² /м ²						Фотосинтетический потенциал, млн. м ² ×сутки/га		
		стеблевание			цветение			2019	2020	2021
		2019	2020	2021	2019	2020	2021			
Рекомендованная	без удобрений	1,44	1,86	2,85	1,72	2,14	3,23	0,95	1,19	1,68
	N ₁₀ P ₄₀	1,16	1,99	2,98	1,44	2,27	3,76	0,78	1,27	1,86
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,05	1,46	2,13	1,33	1,72	2,96	0,71	0,95	1,41
No-till	без удобрений	1,35	1,47	2,81	1,72	1,84	3,55	0,93	0,99	1,82
	N ₁₀ P ₄₀	1,21	1,87	3,15	1,58	2,34	3,98	0,84	1,26	2,04
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	1,10	1,81	2,89	1,47	2,01	3,47	0,78	1,14	1,82
НСР ₀₅ технологии		0,04	0,06	0,12	0,06	0,10	0,14	0,04	0,06	0,08
НСР ₀₅ удобрения		0,05	0,05	0,11	0,08	0,12	0,16	0,05	0,06	0,09
НСР ₀₅ частные различия		0,09	0,11	0,15	0,11	0,15	0,19	0,06	0,08	0,11

Чистая продуктивность фотосинтеза посевов гороха, г/м²×сутки

Техно- логия	Вариант	Фенологическая фаза											
		всходы- стеблевание			стеблевание- цветение			цветение- полная спелость			всходы- полная спелость		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	1,9	1,5	1,8	7,7	10,5	5,0	7,4	5,8	6,2	5,6	5,9	4,3
	N ₁₀ P ₄₀	2,3	1,4	1,8	8,9	10,4	4,9	8,8	5,4	5,3	6,7	5,7	4,0
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	2,5	1,8	2,1	9,6	11,8	6,0	9,5	7,1	6,8	7,2	6,9	4,9
No-till	без удобрений	2,1	1,8	1,7	7,6	12,5	5,1	7,4	6,8	5,1	5,7	7,0	3,9
	N ₁₀ P ₄₀	2,3	1,5	1,6	8,2	11,3	5,1	8,1	5,2	4,3	6,2	6,0	3,7
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	2,5	1,4	1,6	8,8	11,5	5,0	8,6	6,0	5,3	6,6	6,3	4,0
НСР ₀₅ технологии		0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1
НСР ₀₅ удобрения		0,1	0,1	0,1	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1
НСР ₀₅ частные различия		0,1	0,1	0,1	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2



а – осадки в соотношении 20 мм = 10°C;

в – осадки в соотношении 30 мм = 10°C;

с – температура воздуха, °C.

I – посев – полные всходы;

II – полные всходы – стебление;

III – стебление – цветение;

IV – цветение – полная спелость.

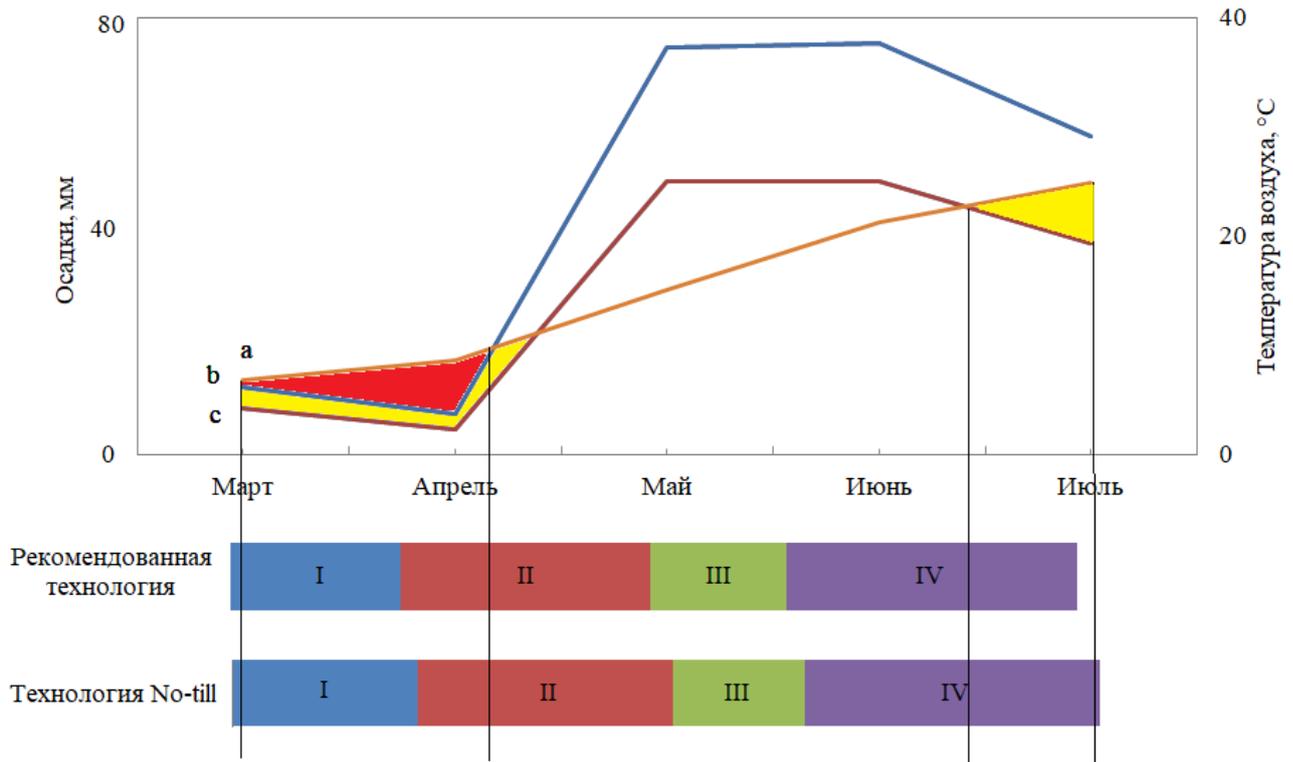
Yellow – засушливый период

Red – острозасушливый период

Климатодиаграмма вегетационных периодов гороха в 2019 году

Динамика сырой надземной массы посевов гороха, г/м²

Техно- логия	Вариант	Стеблевание			Цветение			Полная спелость		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	216	318	442	1107	2232	3352	339	634	756
	N ₁₀ P ₄₀	156	391	485	946	2432	3904	317	696	883
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	141	222	381	748	1485	3233	230	427	811
No-till	без удобрений	209	348	433	1147	2087	3682	348	598	851
	N ₁₀ P ₄₀	168	387	501	931	2598	4309	307	737	971
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	147	379	449	748	2375	3683	278	675	831
НСР ₀₅ технологии		4	7	9	20	46	77	6	13	18
НСР ₀₅ удобрения		6	12	16	34	79	132	11	22	30
НСР ₀₅ частные различия		9	17	22	47	110	185	15	31	43



а – осадки в соотношении 20 мм = 10°C;

в – осадки в соотношении 30 мм = 10°C;

с – t воздуха, °C.

– засушливый период

– острозасушливый период

I – посев – полные всходы;

II – полные всходы – стебление;

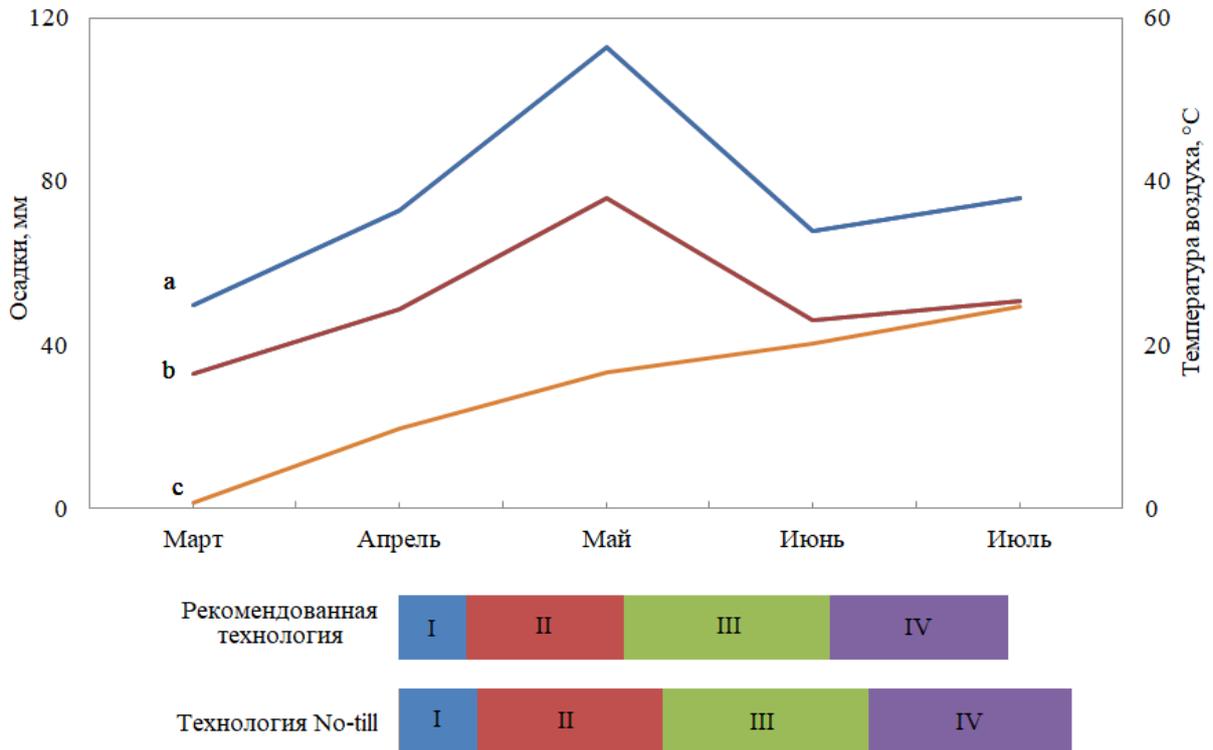
III – стебление – цветение;

IV – цветение – полная спелость.

Климатодиаграмма вегетационных периодов гороха за 2020 год

Погодные условия в годы исследований во время вегетации гороха

Показатель	Межфазный период		
	всходы – стеблевание	стеблевание – цветение	цветение – полная спелость
2020 год			
Количество осадков, мм	33	40	89
Среднесуточная t воздуха, °С	11,2	15,9	22,9
Сумма среднесуточных t воздуха, °С	414	318	1008
ГТК	0,78	1,26	0,88
2021 год			
Количество осадков, мм	48	139	49
Среднесуточная t воздуха, °С	14,8	18,4	24,3
Сумма среднесуточных t воздуха, °С	370	552	705
ГТК	1,30	2,52	0,70



а – осадки в соотношении 20 мм = 10°C;

в – осадки в соотношении 30 мм = 10°C;

с – t воздуха, °C.

– засушливый период

– острозасушливый период

I – посев – полные всходы;

II – полные всходы – стебление;

III – стебление – цветение;

IV – цветение – полная спелость.

Климатограмма вегетационных периодов гороха за 2021 год

Структура урожая гороха

Техно- логия	Вариант	Количество растений, шт./ м ²			Количество, шт.						Масса 1000 семян, г		
					бобов на растении			семян в бобах					
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	112	110	112	2,1	3,5	3,8	3,62	3,17	4,24	198,2	181,2	177,4
	N ₁₀ P ₄₀	105	116	115	1,6	3,5	3,9	4,00	3,20	4,32	184,0	181,3	181,2
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	102	114	98	1,3	3,4	3,7	3,31	3,06	3,97	195,8	164,0	186,3
No-till	без удобрений	115	122	116	1,9	3,6	3,8	3,74	2,97	4,35	196,4	189,2	181,3
	N ₁₀ P ₄₀	113	125	121	1,8	3,7	4,2	3,72	3,22	4,65	191,8	201,7	186,7
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	103	110	106	1,5	3,9	4,1	3,33	2,88	3,71	184,8	186,9	197,7
НСР ₀₅ технологии		4	6	5	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,16	8,3	8,1	7,6
НСР ₀₅ удобрения		3	5	4	0,1	0,2	0,1	0,13	0,12	0,14	7,2	6,6	6,4
НСР ₀₅ частные различия		6	8	7	0,1	0,3	0,2	0,20	0,17	0,23	11,8	11,0	10,4

Качество зерна гороха

Техно- логия	Вариант	Содержание в семенах, %					
		воды			сырого протеина		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021
Рекомен- дованная	без удобрений	10,2	9,2	10,8	24,6	22,8	22,1
	N ₁₀ P ₄₀	10,3	9,2	11,1	25,8	21,8	20,8
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	9,7	9,2	10,6	25,7	23,0	21,3
No-till	без удобрений	9,5	9,2	10,7	23,3	23,8	21,0
	N ₁₀ P ₄₀	10,5	9,4	10,9	25,5	22,9	21,2
	N ₁₀ P ₄₀ + ППК	9,9	9,2	10,9	25,1	23,6	21,2
НСР ₀₅		F _{ф.} <F _{т.}	F _{ф.} <F _{т.}	F _{ф.} <F _{т.}	1,5	F _{ф.} <F _{т.}	F _{ф.} <F _{т.}

УТВЕРЖДАЮ



Директор ФГБНУ
«Северо-Кавказский ФНАЦ»

[Signature]
В.В. Кулинцев

августа 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ



Директор
ООО «Кавказ»

[Signature]
С.А. Ширяев

августа 2021 г.

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательских,
опытно-конструкторских и технологических работ

Мы нижеподписавшиеся, аспирант лаборатории технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» Джандаров Арсен Ниязбиевич и главный агроном ООО «Кавказ» Кировского ГО Ставропольского края Ненашев В.С. составили настоящий акт о том, что в 2019 году в ООО «Кавказ» на площади 250 га возделывали горох по технологии No-till и урожайность составила 2,64 т/га, что на 0,40 т/га больше, чем при его возделывании по рекомендованной научными учреждениями технологии с обработкой почвы. Годовой экономический эффект составил 2,4 млн. рублей.

Аспирант ФГБНУ «Северо-
Кавказский ФНАЦ»:

[Signature] Джандаров А.Н.

Главный агроном
ООО «Кавказ»:

[Signature] Ненашев В.С.