

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Н.П. ОГАРЁВА

*На правах рукописи*

**Букин Олег Владимирович**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ  
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГОРОХА  
В УСЛОВИЯХ ЮГА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

**Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство**

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор с.-х. наук  
Бочкарев Дмитрий Владимирович

Саранск – 2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Обработка почвы как способ регулирования агрофизических и биологических показателей плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур (обзор литературы)	8
1.1 Агрофизические показатели почвенного плодородия в зависимости от системы основной обработки почвы	8
1.2 Фитосанитарное состояние агрофитоценозов в зависимости от системы основной обработки почвы	18
1.3 Влияние систем основной обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур	28
2 Условия и методы проведения исследований	33
2.1 Методика проведения полевого опыта	33
2.2 Характеристика почвенных условий	36
2.3 Агрометеорологические условия	37
3 Сравнительная оценка систем основной обработки почвы под горох на агрофизические показатели плодородия	40
3.1 Накопление влаги в зависимости от системы основной обработки почвы под горох	41
3.2 Оценка систем основной обработки почвы под горох по влиянию на плотность пахотного слоя	55
3.3 Влияние систем основной обработки почвы на структурное состояние и водопрочность почвенных агрегатов	61
3.4 Влияние систем основной обработки на пористость почвы	68
4 Фитосанитарное состояние посевов гороха в зависимости от систем основной обработки почвы	82
4.1 Влияние систем основной обработки почвы на видовой спектр и обилие сорных растений в посевах гороха.	83

4.2 Влияние систем основной обработки почвы распространение и развитие грибных заболеваний в посевах гороха	94
4.3 Влияние систем основной обработки почвы на распространение фитофагов в посевах гороха	105
5 Оценка урожайности и показателей качество зерна гороха в зависимости от системы основной обработки почвы	110
6 Экологическая, биоэнергетическая и экономическая оценка эффективности возделывания гороха при разных системах основной обработки почвы	120
6.1 Изменение параметров биологической активности почвы в зависимости от системы основной обработки	120
6.2 Биоэнергетическая оценка эффективности возделывания гороха при разных системах основной обработки почвы	122
6.3 Экономическая оценка эффективности возделывания гороха при разных системах основной обработки почвы	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	125
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	127
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	128
ПРИЛОЖЕНИЕ А	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	179
ПРИЛОЖЕНИЕ В	190
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	202
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	204
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	206
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	209
ПРИЛОЖЕНИЕ З	212
ПРИЛОЖЕНИЕ И	215
ПРИЛОЖЕНИЕ К	218

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Вектор развития сельскохозяйственного производства Российской Федерации направлен на значительное увеличение валового производства зерновых и бобовых культур. При этом достичь этого необходимо в условиях жесткого ресурсосбережения.

Одним из способов решения этой задачи является пересмотр и преобразование существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в сторону их энерго- и ресурсоэффективности. По обобщенным данным целого ряда исследователей до 40 % энергетических, экономических и трудовых затрат при производстве растениеводческой продукции идет на комплекс мероприятий, связанных с обработкой почвы (Немцев С.Н. и др., 2009; Денисов Е.П. и др., 2011, 2014; Денисов К.Е., 2012; Солодовников А.П. и др., 2015). Снижение затрат на механическую обработку почвы при сохранении и поддержании оптимальных агрофизических показателей плодородия почвы и фитосанитарного состояния является важной задачей современно земледелия.

Классиком отечественной агрономической науки В.И. Кирюшиным (1996, с. 277) отмечалось: «В глобальном экологическом и энергетическом аспекте перспектива развития почвообработки имеет явный вектор минимализации».

Системы основной обработки почвы оказывают большое влияние на фитосанитарное состояние, однако за всю историю систем земледелия – от примитивных до современных форм, – принципы фитосанитарии при их разработке не учитывались. Отсюда массовое развитие сорных растений, вредителей и болезней, и как результат – широкомасштабное применение пестицидов (Торопова Е.Ю. и др., 2010).

В условиях юга Нечерноземной зоны России сравнительных исследований по определению наиболее эффективных систем основной обработки почвы под горох и их научного обоснования не проводилось, что послужило отправной точкой диссертационного исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** Изучению вопросов влияния систем основной обработки почвы на продуктивность сельскохозяйственных

культур и показатели почвенного плодородия посвящены работы В. Р. Вильямса (1949), Т. С. Мальцева (1954), Н. М. Тулайкова (1963), Г. Г. Данилова с соавт. (1982), А. В. Ивойлова (1991), И. Ф. Каргина с соавт. (1997, 2014), И. А. Вандышева (1997), Н. В. Смолина (1997, 1998), В. В. Ивенина (1997), А. Х. Куликовой с соавт. (2003, 2006), И. В. Антонова (2004), В. И. Каргина (2009), Г. С. Юнусова с соавт. (2010), Е. П. Денисова с соавт. (2012), С. М. Лубенцова (2015) и др. Следует отметить, что в исследованиях авторов нет единого мнения по вопросу влияния систем основной обработки на показатели плодородия почвы, урожайность сельскохозяйственных культур, фитосанитарное состояние агроценозов. Развитие химического метода защиты растений, применение новых высокоэффективных орудий обработки почвы, использование современных интенсивных сортов значительно изменило условия формирования агроценозов. В этих обстоятельствах эффективность приемов обработки почвы в технологии возделывания отдельных культур требует дальнейшего изучения в региональном аспекте.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы состояла в определении наиболее эффективной системы основной обработки почвы при возделывании гороха в условиях юга Нечерноземной зоны РФ.

В задачи исследований входило

– определить влияние систем основной обработки почвы на изменение агрофизических показателей плодородия чернозема оподзоленного при возделывании гороха;

– установить влияние различных систем основной обработки почвы на засоренность посевов гороха посевного, развитие и распространение основных фитопатогенов и фитофагов;

– дать оценку влияния различных систем основной обработки почвы на продуктивность и качество зерна гороха;

– провести сравнительную экологическую, биоэнергетическую и экономическую оценку изучаемым системам основной обработки почвы.

**Научная новизна исследования** заключается в том, что в условиях юга Нечерноземной зоны впервые было оценено влияние различных систем основной обработки почвы на урожайность и качество зерна гороха при комплексной системе защиты растений.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Установлено, что в условиях юга Нечерноземной зоны в отсутствие основной обработки почвы (прямой посев) агрофизические показатели плодородия находятся в оптимальных пределах, не уступая отвальной и поверхностной обработке почвы как при избыточном увлажнении в период вегетации, так и при его недостатке. Выявлено, что в отсутствие защитных мероприятий не одна из рассматриваемых систем основной обработки почвы не обеспечивает оптимального фитосанитарного состояния. Использование прямого посева при возделывании гороха по фону комплексного применения средств защиты растений способствовало получению урожайности зерна 3,42 т/га. Определение экономических параметров показало, что по фону прямого посева были получены наибольший условный чистый доход в 23 364 р./га и рентабельность производства 72 %. Применение рекомендованной системы обработки почв под горох в ЗАО Мордовский бекон на площади 10 тыс. га. в 2020-2021 гг. т/га при себестоимости продукции 2,7 т/га при себестоимости продукции 5500 кг/га и рентабельности 62 %.

**Методология и методы исследований.** Теоретические – изучение и анализ научной литературы отечественных и зарубежных авторов, обработка результатов исследований методами параметрической и непараметрической статистики. Эмпирические – лабораторные и полевые исследования, графическое и табличное отображение полученных результатов.

**Положения выносимые на защиту:**

- зависимость агрофизических показателей плодородия чернозема оподзоленного от системы основной обработки почвы при возделывании гороха;
- особенности формирования комплекса вредоносных объектов в посевах гороха в зависимости от системы основной обработки почвы;

– характер влияния систем основной обработки почвы на урожайность и показатели качества зерна гороха посевного;

– экологическая, энергетическая и экономическая эффективность прямого посева при возделывании гороха в условиях юга Нечерноземной зоны РФ.

**Степень достоверности результатов исследований** подтверждается проведением полевых и лабораторных экспериментов ряд лет в научно обоснованной повторности, в годы с неодинаковыми погодными условиями, использованием современных методов проведения экспериментов, обработкой полученных результатов исследований методами параметрической и непараметрической статистики.

**Апробация результатов.** Основные результаты исследования были апробированы на следующих научных конференциях: XV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С.А. Лапшина (2020), XXIII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского МГУ им Н.П. Огарёва (2019), XXV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского МГУ им Н. П. Огарёва (2020), X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ (2021).

**Публикации.** По результатам диссертации опубликовано 8 научных работы, в том числе 3 в изданиях из перечня ВАК РФ.

**Объем и структура работы.** Работа выполнена на 220 страницах компьютерного текста, в том числе приложения составляют 54 страницы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству. Содержит 56 таблиц, 4 рисунка, 349 библиографических источников.

# **1 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ КАК СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (обзор литературы)**

## **1.1 Агрофизические показатели почвенного плодородия в зависимости от системы основной обработки почвы**

В условиях недостатка увлажнения в лесостепи юга Нечерноземной зоны важным фактором, влияющим на выбор способов и систем основной обработки почвы под горох, является возможность накопления продуктивной влаги в корнеобитаемом слое. Сохранение влаги актуально как для регионов с недостатком атмосферных участков, так и для регионов с умеренным увлажнением.

По мнению И.И. Долотина (2001), С.М. Лубенцова (2015), одна из основных задач системы обработки почвы в севообороте – ориентация на сохранение почвенной влаги.

По данным А.П. Спирина (1998), дефицит почвенной влаги, даже при достаточном уровне осадков, возникает в связи непродуктивными потерями, составляющими 50–70 % от ее общего количества.

По мнению многих исследователей, приемы обработки почвы оказывают непосредственное влияние на динамику влагонакопления в почве. А. М. Гребенников и соавт. (2019) констатируют, что на сегодняшний день в имеющейся научной литературе нет однозначного представления о влиянии и преимуществе того или иного способа обработки на данный показатель.

Рост доступных запасов влаги в почве при безотвальном рыхлении или прямом посеве относительно отвальной обработки отмечают как отечественные, так и зарубежные ученые.

Оставление стерни и соломы не только препятствует ветровой эрозии, но и снижает интенсивность конвекционного испарения влаги из корнеобитаемого слоя почвы (Милюткин В.А., Цирулёв А.П., 2006).



Д. Г. Поляков и соавт. (2017) приводят данные, что соломенная мульча эффективна при толщине 3–5 см. Дальнейший рост мульчирующего слоя свыше 8 см приводит к потере влаги из верхних слоев почвы.

В опытах Е.О. Кочминой и Н.П. Чекаева (2016) большие запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы к моменту начала вегетации накапливались на варианте с прямым посевом. Различия с дискованием по годам в слое 0...100 см колебались в пределах от 6 до 26 мм. Весной, перед возобновлением вегетации культуры, различия между прямым посевом и дискованием увеличивались и составляли 41 мм в среднем за годы исследований.

В опытах В.В. Орлова (2000) прямой посев при интенсивной гербицидной нагрузке способствовал накоплению дополнительных 20–30 мм влаги к моменту посева озимой пшеницы по сравнению с другими вариантами обработки почвы.

Исследователь В.Х. Яковлев (2001) сообщает, что больше накопленной влаги в верхнем слое было без обработки почвы (170 мм). При зяблевой вспашке ее содержание снижалось до 165 мм. 1 000

В опытах Н.В. Шелухиной (2012) в условиях Белгородской области запасы влаги в корнеобитаемом слое перед посевом гороха на фоне вспашки были ниже на 15–20 % по сравнению с вариантом поверхностной обработки почвы. В метровом слое различия были менее существенными.

Исследователь П.Д. Кошкин (1997) приводил данные о том, что при недостатке увлажнения с осени безотвальная обработка способствует сохранению влаги в почве.

В исследованиях И. А. Чуданова Л. Ф. Легостаева (2007) в Самарской области в условиях прямого посева яровых культур в семипольном зернопаровом севообороте увеличивался запас доступной влаги в почве в слое 0–100 см на 10–12 мм по сравнению со вспашкой, и на 5–7 мм – по сравнению с мелкой отвальной обработкой почвы.

Т.С. Мальцев (1971) отмечал, что улучшение водоудерживающей способности почвы может наступать и при проведении дискования на глубину 10–15 см. Кроме того, при системной обработке почвы дисковой бороной на поверхности

поля создается рыхлый слой из мульчи, легко пропускающий прогретый воздух, способствующий формированию капилляров в верхнем слое почвы, заполненных влагой (Гулянов Ю. А., 2020).

По мнению других исследователей, большее влагонакопление происходит при отвальной обработке, при этом значение мульчи нивелируется (Полоус В.С., 2012, Забродкин А.А., 2013).

В.А. Федоров и В.А. Воронцов (1995) констатируют, что больше продуктивной влаги в метровом слое почвы формируются при дифференцированной обработке почвы с преобладанием вспашки как основной технологической операции.

Отдельные исследователи отмечают, что способ основной обработки почвы не оказывает достоверного влияния на влагообеспеченность (Хлопяников А.М. и др. 2012; Казанцев С.И., 2013, Гребенников А.М. и др. 2019).

Изучение влагонакопления черноземом обыкновенным в условиях ЦЧЗ в течение 20 лет в экспериментах С.В. Рымаря (2007) показало, что способы основной обработки не приводили к ее улучшению.

В опытах М.Л. Цветкова (2010) в условиях Алтайского края установлено, что большую роль в формировании запасов влаги в почве играет предшественник яровых культур, чем системы основной обработки почвы.

По данным Н.С. Алметов (1997), динамика влажности почвы в зависимости от приемов обработки почвы видна только в слое 0–30 см, в нижележащих горизонтах 30–200 см в накоплении влаги различий не отмечалось.

В лесостепной части Северного Зауралья к посеву яровой пшеницы существенной разницы по накоплению влаги между отвальной и безотвальной обработкой почвы не наблюдалось. В последующем к фазе кущения и перед уборкой в слое 0–20 см запас доступной влаги был удовлетворительным (Ознобихина Л.А. 2016, Дубовик Д.В. и др. 2020).

В условиях типичных черноземов Среднего Поволжья минимальная обработка почвы под яровые культуры в севообороте не приводила к ухудшению условий для поглощения зимне-весенней влаги. В среднем за ротацию увеличение содержания доступной влаги при дифференцированной обработке почвы составляло

5–7 % по сравнению с отвальной обработкой почвы в севообороте (Шевченко С.Н., Корчагин В.А. 2008; Корчагин В.А. и др. 2015).

Результаты исследований Б.М. Кушенова (2000) показали, что проведение вспашки под несколько культур кормового севооборота способствовали лучшему сохранению доступной влаги как в метровом слое почвы, так и в корнеобитаемом по сравнению с проведением дискования под все культуры севооборота.

В Воронежской области безотвальная обработка почвы и посев по стерне не способствовали увеличению запасов влаги в черноземе обыкновенном к весеннему севу. При недостатке осадков весной запасы влаги в метровом слое почвы по фону вспашки были несколько больше по сравнению с минимальной обработкой почвы (Гармашов В.М., Качанин А. Л., 2007; Турусов В.И. и др., 2014).

В опытах Ф.Г. Бакирова и соавт. (2015) на Южном Урале вспашка позволяла увеличить запасы влаги в почве к моменту начала вегетации яровых культур на 30–40 мм по сравнению с прямым посевом. В тоже время преимущество прямого посева перед отвальной обработкой почвы заключалось в лучшем сохранении почвенных запасов влаги, формирующихся в процессе выпадения осадков в течение вегетационного периода.

Исследованиями А.М. Гребенников с соавт. (2019) было установлено, что к фазе возобновления вегетации озимой пшеницы в зависимости от условий года содержание влаги в слое 0–20 см изменялось на вспашке от 8 до 20 мм, на безотвальной обработке – от 9 до 17 мм, по фону поверхностной обработки – от 6 до 18 мм, при прямом посеве – от 4 до 12 мм. Подобная тенденция сохранялась и по последующим фазам развития культуры. Авторами также установлено, что более равномерное распределение продуктивной влаги в слое от 0 до 100 см отмечалось по фону безотвальной и нулевой обработки почвы.

Важным фактором, определяющим способность почвы удерживать и накапливать влагу в почве, является скорость инфильтрации. В 25-летнем стационарном опыте по изучению обработки почвы в Австрии установлено, что скорость инфильтрации при прямом посеве составляет 72 см/ч по сравнению с 30 см/ч – при осенней

вспашке (Franzluebbers A.J., 2002). М. Ashman и G. Puri (2002), R. Fawcett и S. Caruana (2001) считали, что лучшие условия для накопления влаги на прямом посеве связаны с наличием мульчи в верхнем слое и сети капилляров, пронизывающих почву от поверхностных горизонтов до материнской породы, в отличие от отвальной обработки почвы, в которой капилляры постоянно повреждаются в технологическом процессе. Противоположные данные получены Lipiec et al. (2005) в длительном полевом опыте. Исследователи констатируют, что при более чем 10-летнем применении посева по стерне скорость инфильтрации снизилась на 60 % по сравнению с осенней вспашкой. Подобные различия авторы связывают с более равномерным распределением органического вещества в почве и более разветвленной сетью капилляров, формирующихся при отвальной обработке почвы.

Запасы почвенной влаги к посеву гороха играют огромное значение, так как для прорастания семян этой культуры необходимо не менее 120 % влаги от массы семени.

В опытах Е.П. Денисова с соавт. (2014) установлено, что запасы продуктивной влаги (0–10 см) ко времени посева овса в условиях Саратовской области достоверно не различались между прямым посевом и вспашкой и составляли от 139 до 141 мм. По фону минимальной обработки запас был наименьшим (120 мм).

В исследованиях Е.В. Кузиной (2016) при определении запасов доступной влаги в метровом слое почвы к моменту возобновления вегетации озимой пшеницы было установлено, что между вспашкой и прямым посевом не отмечалось достоверных различий. Запасы влаги были на уровне 88 мм. По фону мелкой обработки почвы (10–12 см) они возрастали до 93 мм. К уборке культуры закономерность несколько изменялась. Минимальный запас влаги был на фоне прямого посева (39 мм). По вспашке и мелкой обработке данный показатель был достоверно больше и составлял 64 и 47 мм.

Плотность – важнейший агрофизический показатель плодородия почвы, от которого зависит возможность преодоления корневой системой сопротивления почвы для обеспечения растения водой и питательными элементами (Clark L.J. et al., 2003; Горянин О.И., 2019; Котлярова Е.Г., Лубенцов С.М., 2020). Плотность

почвы зависит от целого комплекса факторов и во многом связана с типом почвы (Афанасьев Н.М., 1990; Казаков Г.И., 2008).

Многочисленными исследованиями (Ревут И.Б., 1972; Бондарев А.Г., Медведев В.В., 1980; Казаков Г.И., 2008 и др.) выявлено, что для лучшего роста и развития культурные растения требуют оптимальной плотности сложения почвы.

Обработка почвы является важным агротехническим приемом и по сути одна из ее основных задач – это оптимизация плотности сложения пахотного слоя в соответствии с агроэкологическими требованиями возделываемых культур (Кирюшин В.И., 1996; Горянин О.И., 2019).

В стационарном многолетнем опыте в условиях Воронежской области установлено, что плотность сложения чернозема обыкновенного мало изменялась от обработки почвы и соответствовала допустимым пределам для роста культур на протяжении всего вегетационного периода. Несколько большая плотность в верхнем слое 0–20 см отмечена при прямом посеве, но различия с другими вариантами статистически не достоверны (Девтерова Н.И., Благополучная О.А., 2019).

В условиях Кемеровской области перед посевом ярового ячменя плотность почвы по вспашке составила  $0,96 \text{ г/см}^3$ . На варианте с прямым посевом отмечено достоверное увеличение данного показателя на 5–8 % (Пакуль А.Л. и др., 2019). Подобная закономерность отмечена в работах И.А. Чуданова, Л.Ф. Лигастаевой (2000), В.А. Николаева с соавт. (2015).

Некоторые исследователи указывают, что безотвальные обработки почвы также повышают плотность верхнего слоя почвы перед посевом яровых культур. В опытах В.М. Гармашова (2004), при сопоставимой глубине обработки (20–22 см) безотвальное рыхление увеличивало плотность слоя 0–40 см по сравнению с вспашкой на  $0,04\text{--}0,06 \text{ г/см}^3$ . В длительном полевом опыте в условиях Воронежской области на черноземах выщелоченных применение дискования в четырехпольном севообороте привело к существенному увеличению плотности сложения почвы перед посевом, особенно горизонта 20–30 см (Трофимова Т. А. и др., 2019).

Минимальная и нулевая обработка почвы приводят к увеличению плотности сложения почвы из-за процессов естественного уплотнения (Ahuja et al., 1998;

Katsvairo T. et al., 2002; Lipiec J., Hatano R., 2003). J. Arvidsson et al. (2014) отмечали, что уплотнение почвы за весенний период при прямом посеве в условиях Швеции снижали урожайность гороха, сахарной свеклы, картофеля и озимого рапса от 5 до 10 % по сравнению со вспашкой.

В исследованиях Г.Н. Черкасова и И.Г. Пыхтина (2006), Г.Н. Черкасова с соавт. (2014, 2017) установлено, что при длительном использовании минимальной и нулевой обработки почвы к концу второй ротации севооборота плотность почвы в слое 0–40 см существенно увеличивается по сравнению с комбинированной обработкой. Авторы указывают на целесообразность прямого посева под отдельные культуры севооборота, что позволяет избежать снижения урожайности и увеличить экономическую эффективность производства растениеводческой продукции.

По данным В.М. Гармашова и А.Л. Качанина (2007), в отсутствие основной обработки плотность верхнего (20 см) слоя увеличивалась, пористость уменьшалась на 20 % в сравнении с традиционной вспашкой, однако даже при таком снижении и плотность, и пористость были оптимальными для большинства культур.

Исследователи Н. А. Максютов и соавт. (2001) в условиях лесостепной зоны на черноземных почвах при минимализации не отмечали отрицательной динамики плотности. К подобным выводам пришли А.В. Румянцев и Л.В. Орлова (2005), констатировавшие, что на черноземах при минимализации нет сильного увеличения плотности и твердости почвы.

В опытах Т. Głab, В. Kulig (2008) минимализация обработки увеличивала плотность почвы по сравнению со вспашкой. Однако внесение мульчи в верхний слой почвы (0–10 см) при минимализации уменьшало плотность, и она достигла значения 1,25 г/см<sup>3</sup>, как и при вспашке.

Уменьшение интенсивности обработки почвы при минимализации увеличивало устойчивость почвы за счет снижения физического разрушения агрегатов (Naene D. et al., 2008), кроме того уплотнение уменьшается, если техника воздействует только на поверхностный слой почвы (Chamen T. et al., 2003).

О. И. Горянин и И. А. Чуданов (2017) отмечали, что в условиях степного За-волжья плотность пахотного слоя почвы в течение вегетации яровых культур при

различных приемах обработки почвы находилась в пределах оптимальных значений (1,0–1,3 г/см<sup>3</sup>). Определяющее значение в формировании плотности верхнего слоя почвы имеют весенние осадки ( $r = 0,30–0,61$ ) и температура воздуха за зимне-весенний период ( $r = 0,41–0,69$ ). Прямой посев пшеницы и ячменя по стерне способствовал разуплотнению слоя 0–30 см по сравнению с другими вариантами на 2–5 %. Аналогичные результаты получены в опытах Н.А. Сафронова (2000).

В эксперименте Е.В. Кузиной (2016) при определении плотности тяжелосуглинистого чернозема в слое 0–10 см (Ульяновская область) было установлено, что в период возобновления вегетации весной минимальной (1,18 г/см<sup>3</sup>) она была по фону мелкой обработки почвы. По фону вспашки и прямого посева показатель составлял 1,22–1,23 г/см<sup>3</sup>. В слое 10–20 см по всем фонам обработки почвы плотность увеличивалась до 1,33–1,37 г/см<sup>3</sup>. В слое 20–30 см наибольшая плотность была на варианте без основной обработки – 1,32 г/см<sup>3</sup>, минимальной – на вспашке (1,27 г/см<sup>3</sup>). К уборке культуры отмечена обратная закономерность. Минимальной плотность почвы по всем изучаемым слоям была по фону прямого посева (в среднем 1,2 г/см<sup>3</sup>). На вспашке она возрастала до 1,26 г/см<sup>3</sup>, при мелкой обработке – до 1,24 г/см<sup>3</sup>.

Г.Н. Черкасов и соавт. (2012), В.И. Кирюшин (2013), В. М. Гармашов и соавт. (2017) констатируют, что использование ресурсосберегающих обработок почвы в различных природно-климатических зонах РФ не всегда однозначно как по влиянию на агрофизические показатели плодородия, так и на урожайность культур.

В исследованиях В. М. Гармашова с соавт. (2017) при сравнении различных систем основной обработки почвы в условиях Воронежской области было установлено, что в среднем в годичном цикле определения плотности слоя 0–5 см наименьшей она была по фону вспашки и минимальной обработки (0,89 г/см<sup>3</sup>). По фону безотвальной обработки почвы она возрастала до 0,92 и 1,04 г/см<sup>3</sup>. В нижележащих слоях почвы наблюдалась меньшая дифференциация по данному показателю. Изменения составляли от 1,04 до 1,12 г/см<sup>3</sup>.

Академиком В.И. Кирюшиным (1996) были обозначены основные агрономически значимые аспекты почвенной структуры, среди которых благоприятный водный и воздушный режим из-за складывающегося сбалансированного соотношения капиллярных и некапиллярных пор.

С.С. Сдобников (2000) отмечал, что долгое время почвенная структура являлась «главным» показателем плодородия. Данные о влиянии приемов обработки на общую пористость и пористость аэрации почвы также весьма противоречивы. Так, в условиях Орловской области на черноземах обыкновенных применение минимальных обработок почвы и прямого посева приводило к снижению как общей пористости, так и пористости аэрации по сравнению со вспашкой (Забродкин А.А., 2014). Схожие результаты получены и в условиях Казахстана на черноземах карбонатных (Заболотских В.В., 2014).

Е.П. Денисов с соавт. (2014) установили, что осенью вспашка увеличивает некапиллярную пористость почвы в слое 0–30 см на 2–3 %, в слое 0–10 см – до 7–8 % по сравнению с прямым посевом. В то же время увеличение некапиллярной пористости снижает накопление влаги весной перед посевом яровых культур.

Д.И. Еремин с соавт. (2009) отмечают что длительное (с 1968 г.) ежегодное проведение вспашки на черноземах карбонатных в условиях Тюменской области привело к существенному уменьшению общей пористости слоя 30–60 см (на 3–4 %) по сравнению с участком, ежегодно используемым на сенокос. Пористость аэрации уменьшилась при этом на 5–6 %.

Длительные исследования влияния прямого посева и вспашки на пористость почвы (Швейцария) показывают, что вспашка существенно увеличивает общий объем пор в слое 0–10 см, в то же время в слое 30–50 см показатель общей пористости и пористости аэрации существенно снижается. Прямой посев способствовал меньшей дифференциации данного показателя по профилю почвы. (Martínez I. et al., 2016). В то же время в исследованиях О.В. Горянина (2016) в условиях Саратовской области на черноземе обыкновенном применение дискования в зернопаровом и зернопропашном севооборотах не приводило к снижению порозности пахотного слоя почвы. Использование прямого посева в звене зернопропашного севооборота



в условиях недостаточного увлажнения Волгоградской области также не приводило к уменьшению пористости аэрации и общей пористости почвы (Полоус В.С., 2012).

В исследованиях V.R. Silva et al. (2020) в условиях Бразилии прямой посев способствовал увеличению как общей пористости, так и пористости аэрации по сравнению с дискованием. Увеличение общей пористости в слое 0–10 см составляло 6 %, пористости аэрации – 4 %, в слое 20–30 см – 3 и 4 % соответственно.

А.М. Гребенников (2008), А.М. Гребенников с соавт. (2020) отмечают, что при изучении влияния тех или иных приемов обработки почвы на агрофизические показатели плодородия, в том числе на пористость почвы, оценка ведется в звене севооборота или в севообороте в целом, в тоже время не уделяется внимание воздействию отдельных выращиваемых культур на данный показатель.

На процесс образования агрономически ценной структуры влияет целый ряд факторов, в регулировании которых существенное значение имеет обработка почвы. Следует отметить, что в научной литературе нет однозначного мнения по этому вопросу.

Исследования, проводимые в последние 15–20 лет свидетельствуют, что минимализация обработки почвы, в том числе и применение прямого посева, способствуют улучшению структуры почв в независимости от ее типа и возделываемой культуры (Шмидт Д., 2008).

По данным Ф.Г. Бакирова (2005) безотвальная обработка почвы увеличивает количество структурных агрегатов в слое 0–30 см на 7–10 % по сравнению со вспашкой. При этом коэффициент структурности почвы возрастает более чем в два раза и достигает значений 4,8–5,7.

Н.П. Чекаев с соавт (2015) отмечают, что использование прямого посева по сравнению с минимальной обработкой почвы приводит к увеличению водопрочных агрегатов ( $> 0,25$  мм) на 9,7 %. В тоже время по данным С.И. Смурова (1999) и Н.А. Сафронова (2000) достоверных различий между отвальной обработкой и прямым посевом по содержанию в корнеобитаемом слое агрономически ценных

агрегатов размером до 10,0 мм не обнаружено на протяжении всего вегетационного периода.

При сравнении влияния систем основной обработки почвы на агрегатный состав как при сухом, так и мокром просеивании было установлено, что в условиях Воронежской области достоверных различий между вспашкой, безотвальной мелкой обработкой почвы и прямым посевом достоверных различий не отмечалось. Коэффициент структурности не превышал 1,5, а по критерию АФИ водопрочность агрегатов оценивалась как очень хорошая (Гармашова В. М. и др., 2017)

Таким образом, результаты исследований по влиянию систем основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия носят противоречивый характер, что приводит к необходимости дальнейшего изучения этого вопроса в конкретных почвенно-климатических условиях.

## **1.2 Фитосанитарное состояние агрофитоценозов в зависимости от системы основной обработки почвы**

В интенсивных системах земледелия неблагоприятное фитосанитарное состояние агрофитоценозов является важнейшим фактором, снижающим урожайность культур и качество получаемой растениеводческой продукции (Тойгильдин А. Л. и др., 2021). Мероприятия, направленные на улучшение фитосанитарного состояния посевов, являются обязательной составляющей в технологии возделывания всех культурных видов. К таким мероприятиям помимо применения средств защиты растений относится рациональное размещение культур в севооборотах, оптимизация минерального питания и рациональное внедрение тех или иных приемов обработки почвы (Кинчарова М. Н., Курьянович А. А., 2021).

Анализ источников литературы показал, что существуют различные, зачастую полярные мнения о влиянии различных приемов основной обработки почвы на развитие сорных растений, фитофагов и фитопатогенов в агрофитоценозах.

По мнению многочисленных исследователей, сорняки представляют собой одно из основных препятствий, ограничивающих применение минимальной обработки почвы (Brainard D. C., et al., 2013; Hoyt G.D., et al., 1994; Kumar C., et al., 2008; Ne Smith D.S., et al., 1994; Walters, S.A., Kindhart, J.D., 2002).

В системах ресурсосберегающих обработок почвы эффективность борьбы с сорняками зависит от большого количества факторов: видового спектра сорных растений и стадий их развития, формирования банка семян, количества мульчи на поле, почвенных условий, конкурентоспособности сельскохозяйственных культур (Brainard D. C. et al., 2013). Развитие прямого посева напрямую связано с развитием химического метода борьбы с сорными растениями (Givens W.A., et al., 2009).

Важным фактором засоренности посевов является формирование запаса семян сорняков под влиянием различных приемов обработки почвы. Изменения в системах обработки почвы могут привести к изменению популяций сорняков (Froud-Williams, R.J. et al., 1983; Locke M.A. et al., 2002; Feledyn-Szewczyk B. et al., 2020).

В долгосрочном исследовании, сравнивающем плотность семенного фонда бессеменных посевов кукурузы, зимующие однолетники и многолетние сорняки с семенным типом размножения составляли от 53 до 62 % семенного фонда на прямом посеве, но практически отсутствовали в системах отвальной обработки почвы (Cardina J. et al., 1991). Увеличение количества яровых сорняков при вспашке по сравнению с прямым посевом происходит по ряду причин, включая интенсивную минерализацию азота и увеличение температуры почвы (Mohler C. L., Galford A. E. ,1997). Снижение температуры почвы и отсутствие стимулов для прорастания обычно приводят к уменьшению всхожести малолетних сорняков на прямом посеве по сравнению со вспашкой. Вспаханые почвы также позволяют семенам прорасти из более глубоких слоев почвы по сравнению с необработанными почвами (Chhokar R. S. et al., 2007; Franke A. C. et al., 2007). На эту способность оказывает влияние увеличение аэрации почвы после обработки, способствующая газообмену между семенами, увеличение количества кислорода и снижение содержания диоксида углерода (Locke M.A. et al., 2002). Обработка почвы снижает устойчивость к проникновению корней и проростков, что влияет на рост и укоренение проросших семян сорняков (Verhulst N. et al.,

2010). Снижение устойчивости пахотных почв способствует более высокой вероятности успешного прорастания семян сорняков (Mohler C. L., Galford A. E., 1997; Grundy A. C. et al., 2003).

В результате эмпирические исследования дают противоречивые результаты: исследования показывают, что обработка почвы не влияет на количество семян сорняков в почве (Bàrberi et al., 2001), снижает (Murphy et al., 2006) или увеличивает (Cardina et al., 2002; Sosnoskie et al., 2006) плотность семенного фонда сорняков. Несколько исследований показывают, что реакция банка семян сорняков на обработку почвы зависит от вида сорняков (Benaragama et al., 2019). S. Cordeau et al. (2020) отмечали, что реакция сорняков на обработку почвы включает сложное взаимодействие между такими факторами, как погода, продолжительность эксперимента и долгосрочная история поля.

D.C. Brainard et al. (2013), резюмируя опыт более чем 40 исследований влияния систем основной обработки почвы на засоренность, отмечают, что минимализация обработки почвы приводит к более низким показателям всхожести сорняков, но увеличению плотности популяции отдельных сорных видов.

В исследованиях Barralis G., Chadoeuf R. (1980) в посевах ячменя всхожесть семян сорняков при прямом посеве составляла 8 % от общего запаса в слое 0–10 см всхожести после отвальной обработки почвы 12 %. Схожие данные получены и в посевах яровой пшеницы (Brar A. S., Walia U. S., 2007).

Одновременно с влиянием на семена сорняков, обработка почвы напрямую влияет и на вегетирующие растения. D.C. Brainard et al. (2013) в метаобзоре влияния систем основной обработки почвы на сорняки отмечают, что отсутствие механического подрезания корневых систем при снижении интенсивности обработки почвы обеспечивает высокую плотность многолетних сорных видов.

В исследованиях О.Н. Курдюковой (2016) при замене отвальной обработки на прямой посев значительно возросла доля многолетних корнеотпрысковых и корневищных видов, таких как, бодяк щетинистый (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C. A. May), и однолетних сорняков рода *Setaria*, *Xanthium* и др.

В ряде исследований отмечается рост засоренности посевов как малолетними, так и многолетними сорняками при отсутствии отвальной обработки почвы. Так, в исследованиях В.К. Ивченко с соавт. (2018) наименьшее количество сорняков в посевах кукурузы отмечено на вариантах с проведением отвальной и плоскорезной обработки почвы. Осеннее дискование увеличивало засоренность малолетниками сорняками более чем в 2 раза, при прямом посеве засоренность малолетними сорняками к уборке культуры возрастала в 4,5 раза.

В исследованиях Е.В. Кузиной (2017) в условиях Среднего Поволжья засоренность культур в севообороте при минимализации обработки почвы возрастала на 60–70 %. При этом значительно увеличивалась воздушно-сухая масса сорняков – в 2–3 раза по сравнению со вспашкой.

О.Н Курдюкова (2016) отмечала увеличение видового обилия сорняков в севообороте при мелкой и нулевой обработке почвы (100–110 видов) по сравнению со вспашкой (30–70 видов).

В исследованиях В.А. Воронцовой и Ю.П. Скорочкина (2000) в условиях Тамбовской области применение поверхностной обработки почвы увеличивала засоренность звена севооборота озимая пшеница – соя – ячмень в 1,7–1,9 раза, по сравнению с вариантом традиционной отвальной вспашки. Схожая тенденция установлена и для накопления сорняками воздушно-сухой массы.

Влияние прямого посева на сорные растения во многом зависит от количества пожнивных остатков или мульчи на поверхности почвы (Haramoto E. R., Brainard D. C. 2012, 2017). Большая биомасса мульчи препятствует появлению сорняков за счет снижения количества солнечной энергии, создания физического барьера проросткам или за счет аллопатически активных веществ (Teasdale J. R., 1998). J. R. Teasdale, C. L. Mohler (2000) установили, что отдельные сорняки по-разному влияют на наличие мульчи на поверхности поля. Так, щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) и марь белая (*Chenopodium album* L.) существенно снижали свою всхожесть, в то же время действия мульчи на щетинники (*Setaria* sp.) практически отсутствовало. Gallandt E. R., et al. (2004) установили, что количество

проростков семян овсяга (*Avena fatua* L.) при прямом посеве по мульче зерновых значительно не отличается от количества проросших семян по фону вспашки.

С другой стороны, недостаточное количество мульчи может способствовать появлению сорняков, создавая более благоприятные почвенные (например, более высокая влажность) условия для прорастания семян без подавления их роста (Wallace, R.W., Bellinder, R.R., 1989). Например, в звене севооборота пшеница – кукуруза установлено, что для значительного снижения биомассы сорняков необходимо не менее 3 т/га пшеничной соломы (Crutchfield D. A. et al., 1986), тогда как в системе монокультуры кукурузы в Зимбабве (Ngwira A. R. et al., 2014) – не менее 6 т/га кукурузной соломы. В опытах Е. Kosterna (2014) количество мульчи, сдерживающее развитие сорняков, оказалось на уровне 10 т/га. В целом, линейное увеличение биомассы приводит к экспоненциальному снижению процента проросших семян, которые успешно прорастают, хотя точное соотношение во многом зависит от характеристик остатков.

Таким образом, минимизация или полный отказ от обработки почвы в различных почвенно-климатических условиях требует детального изучения как фактор изменения засоренности посевов для дальнейшего управления сорняками при помощи химических мер борьбы (Pittelkow C.M. et al., 2015).

Минимализация обработки почвы требует более глубокого понимания ее влияния на развитие патогенов растений и их взаимодействия, особенно в условиях умеренного увлажнения (Sturz A. V. et al., 1997). В.В. Немченко и соавт. (2015) отмечают, что при повсеместном внедрении энерго- и ресурсосберегающих приемов обработки почвы вопрос об их влиянии на фитосанитарную обстановку в агрофитоценозах остается до конца не выясненным.

В.И. Билай с соавт. (1984), Г.С. Марьин (1996, 1998), Г.П. Мартынова (2000), М.В. Боровой с соавт. (2011), О.О. Белошапкина и Т.А. Акимов (2016) констатируют, что изменение приемов и способов основной обработки почвы способствует динамике популяции патогенных микроорганизмов в агроценозах. Это происходит за счет преобразования их среды обитания, связанной со степенью аэрации, плотностью почвы, уровнем органического вещества и влаги в корнеобитаемом слое.

Уровень агрономической эффективности, фитосанитарного состояния посевов, характер взаимоотношения растения и патогена во многом зависит от выбранных систем основной обработки почвы (Апаева Н. Н. и др., 2011).

И. Н. Порсев и Е. Ю. Торопова (2012) считают, что современные почвозащитные приемы обработки почвы при их ресурсосберегающей и экономической эффективности во многом являются причинами фитосанитарных проблем.

М. В. Боровой с соавт. (2011) подчеркивают, что в условиях ресурсосберегающей обработки почвы интенсивность развития фитопатогенов значительно выше, а спектр их шире, чем при традиционной вспашке, где число видов сокращается на 30–60 %, а обилие патогенов – в 2–3 раза. По мнению А.З. Хазиева с соавт. (2015) до 30 % влияния на развитие корневых гнилей зерновых культур оказывает обработка почвы: чем она интенсивнее, тем развитие и распространение заболеваемости выше. Самые высокие показатели заболеваемости (75 % распространенности и 12 % развития) отмечались по фону вспашки в фазу выхода в трубку яровой пшеницы.

И.Н. Порсев (2009), Е.Ю. Торопова с соавт. (2013) отмечают осложнение фитосанитарной обстановки при ресурсосберегающих технологиях.

W.W. Vockus, J.P. Shroyer (1998) отмечают, что применение технологии No-till способствует увеличению фитопатогенов, сохраняющихся на растительных остатках. Кроме того немаловажным фактором усиления развития заболевания растений являются понижение температуры верхней части пахотного слоя и увеличение влажности, что также неблагоприятно сказывается на фитосанитарном состоянии.

Л.Н. Шуляковская, Н.А. Соснова (2012), С.Д. Гилев с соавт. (2020) отмечают, что минимализация обработки почвы и No-till способствуют значительному увеличению в патогенном комплексе таких вредоносных заболеваний как фузариоз, альтернариоз, ризоктониоз. Однако по данным С.К. Мингалева (2004), использование прямого посева снижает интенсивность развития инфекционных заболеваний, передающихся через почву по сравнению с механической обработкой почвы.

Н.Г. Власенко с соавт. (2014) отмечают, что в отношении развития мучнистой росы, бурой листовой ржавчины закономерностей по влиянию приемов обработки при наблюдении в течение 5 лет не выявлено.

J.T. Mathieson et al. (1990), J.M. Krupinsky et al. (2002) приводят данные, что благодаря прямому воздействию на почвенную биоту, применение No-till способствует снижению распространения и развития многих грибных заболеваний.

По мнению М.Ю. Горбунова, Ю.А. Усольцева (2016) в годы проявления эпифитотий системы основной обработки почвы в независимости от их характера и глубины не оказывают достоверного влияния на интенсивность распространения листостебельных заболеваний яровой пшеницы.

Академик А.Н. Власенко с соавт. (2019) приводят интересные данные по сравнительной характеристике фитосанитарной роли традиционной ресурсосберегающей безотвальной глубокой обработки почвы плоскорезом и технологии No-till. Исследователями установлено отсутствие статистически достоверных различий по уровню развития корневых гнилей пшеницы на изучаемых вариантах обработки. Так, на no-till индекс развития болезни по предшественникам пшеницы варьировал от 1 до 23 % в зависимости от фазы развития культуры, при традиционной ресурсосберегающей технологии этот показатель изменялся от 1 до 29 %.

Комплекс фитопатогенов, поражающих бобовые культуры, включает более 20 видов. Наибольшей вредоносностью в РФ по отношению к зерновым бобовым отличаются патогены *Fusarium oxisporum* Schldtl., *F. solani* (Mart.) Sacc., реже – оомицеты *Pithium* sp., *Afanomyces* sp. (Боризенкова Г.А., 2001; Иванцова Е. А., 2016). Поражая растения и образуя гнили и фитоксикозы, патогены в отдельные годы могут снижать урожайность бобовых на 25–50 % (Хилевский В. А., 2016; Ашмарина Л. Ф. с соавт., 2019).

По мнению А.Б. Лаптиева и О.В. Кунгурцевой (2016), до недавнего времени основу патогенного комплекса гороха составляли возбудители, обитающие в почве, в частности фузариоз и аскохитоз. В условиях минимизации обработки почвы обострились грибные заболевания, передающиеся аэрогенным путем, в частности ржавчина и серая гниль.



С.В. Пономарева, П.В. Орлов (2013) отмечают, что зяблевая вспашка способствует значительному снижению распространения аскохитоза на горохе за счет полного перегнивания заделанных пораженных листьев. Кроме того, на вспашке от уборки до посева патогены теряют жизнеспособность.

По данным Д.А. Колесова с соавт. (1985), С.М. Кудина с соавт. (2010), К.С. Заревина (2015) среди агротехнических мер защиты гороха от ржавчинных заболеваний необходимо отметить севооборот, обеспечивающий пространственную изоляцию, применение фосфорных и калийных удобрений, уничтожение растительных остатков на поверхности поля, борьба с видами молочая (*Euphorbia* sp.) не только на полях, но и на необрабатываемых территориях, ранние сроки посева гороха устойчивыми сортами, использование скороспелых сортов.

К.С. Заревина (2017) отмечает, что с развитием технологий обработки почвы прямого посева в Алтайском крае посевы гороха в значительной степени стали поражаться ржавчиной, что связано с распространением молочая лозного, или прутьевидного (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.), который не уничтожается по этой технологии, а одна из стадий развития патогена проходит именно на нем.

Влияние прямого мульчирующего посева на плотность популяции фитофагов варьируется в зависимости от вида насекомого и возделываемой культуры. Первоначальное значительное увеличение количества насекомых вредителей связано с улучшением их выживаемости в отсутствие отвальной обработки почвы. Вместе с тем в длительных опытах по изучению способов обработки почвы, выживание фитофагов в агроэкосистемах с прямым посевом часто снижается. В.Р. Stinner и G.J. House (1990) проанализировав 45 исследований, представляющих данные о 51 виде фитофагов, отмечают уменьшение плотности популяции при внедрении прямого посева для 43 % видов, увеличение для 28 % видов и отсутствие эффекта для остальных 29 %.

По данным W. Ehlers и W. Claupein (2017) в Германии интенсивность повреждения побегов и корней сахарной свеклы ногохвостками (*Onychiurus* spp.) снижается при использовании прямого посева, в то время как плотность европейского

кукурузного мотылька (*Ostrinia nubilalis* Hubner, 1796) возрастает при прямом посеве кукурузы.

Минимализация обработки почвы под фасоль в условиях юга США существенно снизила количество картофельных цикадок по сравнению со вспашкой. В то же время количество особей клопа слепняка, тли и трипсов на растениях фасоли при отвальной обработке почвы было на 8–12 % меньше по сравнению с минимальной обработкой почвы (Brainard, D.C. et al, 2016).

В длительных опытах по сравнению способов обработки почвы под яровые зерновые в условиях Норвегии было отмечено большая заселенность зерновых минирующими мухами (*Chromatomyia fuscata* Zetterstedt, 1838) при проведении вспашки по сравнению с прямым посевом (Andersen A., 2003). Количество трипсов в этих же исследованиях практически не зависело от систем основной обработки почвы. В большей степени *Limothrips denticornis* Haliday, 1836 и *Frankliniella tenuicornis* Uzel, 1895 преобладали на пшенице, в то время как популяции *Stenothrips graminum* Uzel, 1895 отмечались только на овсе. Обыкновенная черемуховая тля *Rhopalosiphum padi* Linneus, 1758 в большем количестве отмечалась при проведении осенней отвальной обработки. Различий в плотности популяции большой злаковой тли между вариантами опыта и культурами не обнаружено. Отсутствие влияния приемов обработки почвы на злаковую тлю также отмечено и в ряде других работ (Hesler L.S. et al., 2000; Quisenberry S.S. et al., 2000).

В то же время прямой посев не всегда положительно влияет на уменьшение количества фитофагов. Так, внедрение системы No-till в Европе и Северной Америке привело к увеличению плотности популяции проволочников на зерновых культурах (Knodel J. J. et al., 2018; van Herk W. G. et al., 2021).

Увеличение засоренности посевов при минимализации обработки почвы может создать дополнительный резервуар накопления как Y-вируса картофеля (PVY), так и тлей его переносящих (Gray S. et al., 2010), а также накопление вируса желтой пятнистости (IYSV) и его переносчиков трипсов (Smith et al., 2011), тем самым увеличивая их распространенность в посевах восприимчивых культур.

Существенно влияет режим обработки почвы на численность полосатого клубенькового долгоносика (*Sitona lineatus* Linneus, 1758) и наносимый им ущерб бобовым культурам (Hanavan R. P. et al., 2012).

Hanavan R. P. et al. (2012) обнаружили, что взрослые особи долгоносика образовывали большие популяции при отвальной обработке почвы по сравнению с прямым посевом во время их миграции с мест зимовки (с мая по начало июня). Повреждение гороха долгоносиком также было существенно выше по фону вспашки на протяжении всей вегетации культуры. Эти различия исследователи связывают с отставанием в росте и развитии гороха при прямом посеве, что нарушает синхронизацию между заселением долгоносиком посевов в начале сезона и наличием кормовой базы для него.

T. Hatten et al. (2010) отмечали, что большая плотность популяции долгоносика на горохе по фону вспашки отмечалась в независимости от срока сева культуры.

В бывшем СССР с середины 1980-х гг. внедрение минимальной обработки почвы и прямого посева способствовала сохранности личинок и куколок брухуса в падалище гороха и лучшей перезимовке имаго по сравнению с вспашкой. В Центрально-Черноземной зоне выживаемость жуков на глубине 5 см к осени составил 91 %; при перемещении на 10, 15 и 20 см – 78, 58 и 16 % соответственно (Иванова И.Н., 2009). В условиях Воронежской области экспериментально установлено, что 82 % имаго брухуса способны достигать поверхности почвы с глубины 5 см, а при перемещении падалицы гороха на глубину более 10 см они обычно погибают (Алехин В.Т., Иванова И.Н., 2010). В тоже время A. Simon et al. (2017) отмечают, что большая плотность популяции брухуса не повлияла на интенсивность поражения гороха. При минимальной обработке почвы она была выше на 1,9 %, при нулевой обработке почвы на 3,5 % по сравнению со вспашкой.

В условиях Центрального Предкавказья В.И. Демкин и соавт. (2011) установили, что поверхностная обработка почвы увеличивает количество особей тли на растениях гороха от фазы всходов до фазы бутонизации. В среднем плотность популяции на вспашке была на 3–4 экз./м<sup>2</sup> меньше, чем на вариантах с обработкой почвы на глубину до 12 см.

Ряд зарубежных исследователей считают, что при прямом посеве соломенная мульча препятствует поиску растений культуры гороховой тлей (Döring T. F. et al., 2004, Saucke H. et al., 2009). Они отмечают, что мульча незначительно подавляла плотность популяции вредителей при раннем посеве культуры. Снижение плотности популяции приводило также к уменьшению переноса ими вирусов (Saucke H., Döring T. F., 2004). В то же время эффективность мульчи при позднем посеве значительно снижается и различия по плотности популяции фитофага в посевах гороха в зависимости от приемов обработки почвы исчезают (Saucke H. et al., 2009).

### **1.3 Влияние систем основной обработки почвы на урожайность сельскохозяйственных культур**

Начиная 90-х годов прошлого века, в большинстве стран мира проводятся исследования влияния прямого посева на урожайность сельскохозяйственных культур в сравнении с отвальными и минимальными приемами обработки почвы. Большинство исследователей отмечают тенденцию, согласно которой по мере уменьшения уровня осадков в регионе урожайность культур при прямом посеве приближается или несколько превосходит вспашку.

Так, урожайность при нулевой обработке почвы в Северной Европе редко превышает урожайность после вспашки (Arvidsson, 2010). В опытах, проведенных в Финляндии, урожайность яровых зерновых при прямом посеве составляла 60–90 % от вспашки (Alakukku et al., 2009; Känkänen et al., 2011).

Сравнительные исследования различных систем обработки почвы в Великобритании (Christian and Ball, 1994), Германии (Tebrügge and Böhrnsen, 1997), Португалии (Basch and Teixeira, 2002) показали, что при возделывании зерновых культур использование нулевой обработки почвы обеспечивает урожайность, аналогичную традиционной вспашке.

В регионах, характеризующихся крайне засушливым климатом (север Испании), урожай ячменя с нулевой обработкой почвы зачастую вдвое больше, чем при традиционной вспашке (Fernandez-Ugalde et al., 2009).

Отмечается, что урожайность сразу после перехода на прямой посев часто заметно снижается, чем при проведении вспашки. По мере стабилизации структурных показателей почвы, на 3–4 год введения прямого посева, продуктивность культур заметно возрастает (Ball et al., 1989; Six et al., 2004; Anken et al., 2006). При этом урожайность культур при прямом посеве в первый год исследования снижалась в 73 % опытов, в 24 % повышалась. К 6–7 году разница в урожайности постепенно сокращалась (Anken et al., 2006).

В длительных опытах Christian and Ball (1994) установили, что урожайность ячменя в первый год введения прямого посева была на 10 % ниже урожайности после 10–12 лет применения прямого посева, и на 18 % ниже после 20 лет.

В опытах А. П. Солодовникова и А. Ю. Левкиной (2020) в Саратовском Заволжье урожайность озимой пшеницы по вспашке была существенно выше, чем на вариантах с прямым посевом по чистому пару. Снижение урожайности при минимализации обработки почвы составляло 11 % (0,2 т/га).

В условиях Оренбургской области прямой посев яровых зерновых в первые 2–3 года после его введения существенно снижал урожайность культур. Снижение урожайности исследователи связывают с ростом засоренности посевов. На 5–6 год применения прямого посева урожайность приближалась к значениям, полученным на вспашке. Продуктивность яровых зерновых на прямом посеве во многом зависела от количества мульчи после предшественников. Так, на варианте с сорго она была выше, чем по нуту на 8 %. (Гулянов, Ю. А., 2020)

В Челябинской области применение вспашки в зерновом севообороте способствовало увеличению выхода зерновых единиц по сравнению с прямым посевом – 2,43 и 2,15 т зерн. ед. соответственно. В зернопаровом севообороте тенденция сохранилась: выход зерновых единиц по фону вспашки был на 14 % выше (Агеев А. А. и соавт., 2019).

Исследованиями Курганского НИИСХ установлено, что зернопаровом севообороте в среднем за ротацию урожайность яровой пшеницы не уступала вариантам со вспашкой и дискованием. Некоторое увеличение урожайности культуры по

отвальной обработке отмечено в зерновом севообороте, но применение высоких доз азота нивелирует эти различия. (С. Д. Гилев и др., 2014, 2019)

В опытах С. В. Усенко с соавт. (2020) при возделывании овса в Алтайском крае по экстенсивной технологии замена вспашки дискованием существенно не отразилась на урожайности культуры (1,64 и 1,69 т/га соответственно). Выход зерна при прямом посеве существенно уступал другим вариантам – 1,36 т/га. При интенсификации технологии (применение фосфорных удобрений и граминицидов) наиболее отзывчивым оказался вариант с прямым посевом. Урожайность овса на этом варианте выросла на 67 %, на вспашке и дисковании рост составил 48 и 49 % соответственно.

А. М. Гребенников с соавт. (2018) отмечают, что при возделывании гороха в Воронежской области доля вклада приема основной обработки почвы в урожайность составляет 41–78 %. Наибольшая продуктивность культуры достигнута при проведении вспашки и разноглубинной отвальной обработки почвы. Минимализация обработки почвы под горох, по их мнению, в условиях достаточного увлажнения снижет урожайность культуры. К подобным же выводам в отношении гороха и зернобобовых пришли и другие исследователи (Новиков, В. М., 2013а, 2013б, 2014; Воронцов В. А. и др., 2020; Шабалкин А. В. и др., 2020).

В условиях Ульяновской области урожайность гороха в 7-польном зернопаровом севообороте по вспашке и дискованию существенно не различалась между собой – 2,35 и 2,34 т/га. На прямом посеве урожайность была существенно меньшей – 2,26 т/га (Е. В. Кузина, С. Н. Немцев, 2019).

В условиях Башкирии на типичных черноземах урожайность гороха по вспашке была выше на 18 % по сравнению с прямым посевом, и на 15% – по сравнению с дискованием. Урожайность озимой пшеницы в этом же опыте достоверно не отличалась по различным приемам обработки почвы, а продуктивность яровой пшеницы была выше на прямом посеве (Акчурина Р. Л. и др., 2019).

В условиях лесостепи Тюменской области вспашка существенно увеличивала урожайность гороха и нута по сравнению с приемами минимизации обработки почвы – до 0,30 и 0,47 т/га соответственно (Т. С. Киселева, В. В. Рзаева, 2021).

В опытах Koukolíček J. et al. (2018) (Чехия) урожайность гороха, люпина белого и узколистного и сои при нулевой обработке почвы в среднем равнялась 2,24 т/га, при поверхностной – 2,58 т/га, при глубокой отвальной – 2,62 т/га. Наибольшая урожайность по прямому посеву получена при возделывании белого люпина, урожайность сои и гороха существенно уступала варианту со вспашкой.

В ряде исследований не установлено существенных различий между вспашкой и прямым посевом по их влиянию на продуктивность культурных растений, в том числе и гороха. Так, в условиях Словении влияние обработки почвы на урожайность гороха оказалось не существенным – 2,86 т/га по фону вспашки и 2,80 т/га при прямом посеве. На вариативность урожайности культуры большее влияние оказали условия периода вегетации (Macák M. et al., 2020).

В опытах Małeska-Jankowiak I. et al. (2015) (Польша) наибольшие урожаи гороха получены при минимальной обработке почвы. Применение под эту культуру отвальной обработки почвы и прямого посева привело к снижению урожайности зерна на 7,5 и 11,0% соответственно. Различия в урожайности зерна гороха между приемами обработки почвы обусловлены густотой стояния растений на 1 м<sup>2</sup> к уборке.

В опытах А. Н. Джандарова (2019) урожайность гороха на разных приемах обработки почвы находилась в интервале 1,19–1,20 т/га. Применение азотных удобрений эффективней было на варианте с прямым посевом, различия со вспашкой составили 5 %.

В. С. Полоус, С. Н. Осауленко (2021) отмечают, что в условиях Краснодарского края вспашка увеличивает урожайность гороха не более чем на 0,1 т/га по сравнению с дискованием, и на 0,2 т/га – по сравнению с прямым посевом. При этом отказ от отвальной обработки существенно снижает себестоимость культуры и увеличивает экономическую рентабельность ее производства.

В. Д. Соловиченко с соавт. (2018) определили, что на черноземах обыкновенных Белгородской области при высоких дозах NPK, вносимых под горох, доленое участие минеральных удобрений в формировании урожая семян составляет порядка 70 %, а приемов обработки почвы не превышает 1 %.

В подтаежной зоне Западной Сибири на светло-серых почвах продуктивность гороха при замене вспашки минимальной обработкой почвы снижалась в пределах ошибки опыта (Ершов В. Л, Скатова Н. С., 2012).

В. В. Охрытков (2014) и Е. Н. Турин (2020) отмечают важность использования в севооборотах бобовых культур как предшественников зерновых при использовании прямого посева с целью выхода зерновых культур с единицы площади.

А. Н. Есаулко с соавт. (2019), проанализировав данные по влиянию приемов обработки на урожайность озимой пшеницы в Ставрополье, пришли к выводу, что решающий вклад в формирование продуктивности вносит количество влаги, выпадающей за вегетационный период. Так, в зоне умеренного увлажнения выход зерна по отвальной обработке был выше на 0,7 т/га (23 %). Преимущество прямого посева проявляется в зоне недостаточного увлажнения. Здесь посев по стерне увеличивал урожайность на 0,5 т/га, или на 10 %. В. С. Цховребов с соавт. (2021) установили, что урожайность гороха в Ставропольском крае при прямом посеве на 0,1–0,3 т/га выше, чем по фону вспашки в зависимости от условий увлажнения.

М. I. Santín-Montanyá et al. (2014) отмечают, что в условиях Испании приемы основной обработки почвы не оказали влияния на урожайность зерна гороха и структуру урожая. При уменьшении годового количества осадков на вариантах с отвальной и мелкой обработкой почвы отмечены более низкие значения урожайности зерна культуры по сравнению с посевом по стерне.



## 2 УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Методика проведения полевого опыта

**Объект исследования** антропогенное воздействие на агрофизические и биологические показатели плодородия почвы и урожайность гороха посевного (*Pisum sativum* L.).

**Предмет исследования** сравнительная эффективность различных систем основной обработки почвы в технологии возделывания гороха.

Исследования включали в себя изучение влияния систем основной обработки почвы на агрофизические показатели плодородия, фитосанитарное состояние посевов, продуктивность и качество зерна гороха. Схема опыта состояла из следующих вариантов:

1. Посев по стерне сеялкой John Deere 1910 на 4–5 см. (прямой посев<sup>1</sup>).
2. Осеннее дискование дисковой бороной Veles на 10–12 см (дискование<sup>2</sup>).
3. Осеннее дискование дисковой бороной Veles на 10–12 см + отвальная вспашка плугом ПЛН-5–35 на 22–24 см (дискование+вспашка<sup>3</sup>) – контрольный вариант.

Производственный опыт был заложен методом рендомизированных повторений в 4-кратной повторности. Площадь опытной делянки – 7 200 м<sup>2</sup>, учетной делянки – 7000 м<sup>2</sup>. Для наблюдений за параметрами поля были использованы методические указания для проведения полевого опыта (Доспехов Б.А., 2011).

Изучение систем основной обработки почвы проходило на интенсивном пестицидном агрофоне. Для борьбы с вредителями в фазу бутонизации гороха применяли Борей (имидаклоприд, 150 г/л и лямбда-цигалотрин, 50 г/л.) – 0,15 л/га, для борьбы с комплексом патогенов – фунгицид Колосаль Про (пропиконазол, 300 г/л + тебуконазол, 200 г/л) – 0,6 л/га. Для борьбы с сорняками после уборки предшественника вносили Глифор (360 г/л глифосата к-ты) – 4 л/га, в фазу 4–5 настоящих листьев использовали Парадокс (120 г/л имазамокса) – 0,3 л/га. Исследования проводили на безлисточковым

---

<sup>1</sup> Здесь и далее

<sup>2</sup> Здесь и далее

<sup>3</sup> Здесь и далее

сорта усатой формы гороха *Рокет Р1*. Исследования проводились в четырехпольном севообороте (горох-озимая пшеница-соя-яровой ячмень) во второй ротации севооборота. Основная обработка почвы под озимую пшеницу и сою включала дискование, под горох и яровой ячмень прямой посев.

В процессе исследований пользовались следующими методиками.

Плотность сложения почвы определяли буром Н.А. Качинского методом режущих цилиндров послойно (Растворова О.Г., 1983). Образцы почвы отбирались буром по слоям 0–10, 10–20, 20–30 и 30–50 см в период посева и уборки гороха. Объем цилиндра – 100 см<sup>3</sup>. Образцы отбирались методом «конверта» из 5 точек на делянке. Отобранные образцы высушивались до постоянной массы в термостате до «постоянного веса» при температуре 95 °С. Плотность сложения находили по формуле:

$$\rho = \frac{m}{v},$$

где  $\rho$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>;  $m$  – масса сухой почвы, г;  $v$  – объем цилиндра, см<sup>3</sup>.

При определении плотности почвы также устанавливали общую, капиллярную и некапиллярную пористости.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Почвенные образцы отбирались буром до глубины 50 см по слоям. Сушку образцов осуществляли при температуре 105 °С до постоянной массы.

Запасы продуктивной влаги определяли по формуле:

$$a = 0,1 * (w - w_{уз}) * \rho * h$$

где  $a$  – запас общей влаги, мм,  $w$  – влажность, % от воздушно-сухой массы почвы,  $\rho$  – объемная плотность почвы, г/см<sup>3</sup>,  $h$  – глубина пахотного горизонта, см,  $w_{уз}$  – влажность устойчивого завядания, % (МГ·1,34).

Определение структурного состояния почвы по результатам сухого и мокрого просеивания проводили путем отбора почвенных образцов в период уборки гороха по слоям 0–10, 10–20, 20–30 и 30–50 см с последующим просеиванием через набор сит по методу Н.И. Савинова (Вадюнина А.Ф., Корчагина З. А., 1986).

Оценки сравнительной эффективности различных систем основной обработки почвы в отношении фитосанитарного аспекта была проведена на индикаторных полосах, где не применялась система химической защиты растений. Площадь индикаторной полосы  $20 \text{ м} \times 100 \text{ м} = 0,2 \text{ га}$ , повторность 3-кратная на каждом фоне обработки почвы. Видовой состав и количество сорняков определяли на учетных площадках в  $1 \text{ м}^2$  в пятикратной повторности которые были выбраны случайным образом в конце фазы цветения (60-61 по шкале ВВСН) (Методические указания..., 2013).

Развитие и распространение патогенов определяли в фазы конец цветения (ВВСН-69), зеленая спелость семян (ВВСН-79), белковая спелость семян (ВВСН-85) и полная спелость семян (ВВСН-97). Для определения распространения патогенов определяли путем отбора 10 растений в 20 точках по диагонали опытной деланки, развитие болезни на растении – в процентах по видоизмененной шкале Кобба (Методические..., 2009).

Численность гороховой тли учитывали кошением сачком (по 10 взмахов в 10 точках по диагонали опытной деланки, учет гусениц проводили путем подсчета на 10 учетных площадках ( $0,5 \text{ м} \times 0,5 \text{ м}$ ) (Мониторинг..., 2002).

Урожайность гороха определяли сплошным поделяночным методом при помощи комбайна ACROS-595. Структуру урожая оценивали методом пробных снопов путем их отбора с пробных площадок в  $0,50 \text{ м}^2$  по три на деланке в трех повторениях. Определяли густоту всходов, высоту стеблей, количество бобов на одном растении, количество зерен в одном бобе, массу 1 000 зерен.

В растительных образцах (зерне), отобранных во время уборки урожая, определяли фосфор и калий – по ГОСТ 13496.4–93, клетчатку, жир, белок, сырую золу – по ГОСТ 13496.4–93, кормовую ценность зерна – расчетным методом.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа в изложении Б.А. Доспехова (2011). Для сравнения видового сходства сорных сообществ использовались коэффициенты Жаккара и Сьеренсена – Чекановского, для оценки сходства плотности популяций отдельных видов в агрофитоценозах – коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кендалла ( $\tau$  Кендалла). Методом главных компонент были выявлены основные виды сорных растений, обуславливающие различия в составе сорного компонента

агрофитоценозов при разных способах обработки почвы. Статистический анализ результатов был выполнен с использованием программы *Statistica 10*.

Целлюллолитическую способность почвы проводили методом целлюлозных стандартов. Дыхание почвы (интенсивность выделения  $\text{CO}_2$ ) определяли объемным методом по связыванию его щелочью (Методы почвенной микробиологии, 1991).

Экономическую эффективность изучаемых агроприемов рассчитывали по Г. В. Савицкой (2006), энергетическую – по Э. Ф. Вафиной, П. Ф. Сутыгину (Энергетическая оценка..., 2016).

## 2.2 Характеристика почвенных условий

Юг Нечерноземной зоны (северная лесостепь) в силу достаточного разнообразия почвообразующих пород, растительности и рельефа характеризуется значительной мозаичностью почв. Черноземы, на которых были заложены и проведены исследования, являются распространенными в северной части лесостепи. Так, в Республике Мордовия они занимают порядка 35 % площади пашни (Географический атлас Республики Мордовия, 2012).

В соответствии с принципом единственного различия для проведения исследований были выбраны участки с одной почвенной разновидностью и примерно одинаковым уровнем почвенного плодородия (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели плодородия почвы опытных участков (чернозем оподзоленный глинистый)

Год	Гумус, % (по Тюрину)	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	Степень насыщенности основаниями, %	$\text{H}_\text{г}$ , смоль/кг	$\text{pH}_{\text{KCl}}$
		мг/кг (по Кирсанову)				
2017, поле 1 - 10 169га	5,9	169	169	88,4	3,9	5,0
2018, поле 3 - 25 112 га	6,5	153	153	86,4	4,5	5,1
2019, поле 3 - 25 112 га	6,3	157	159	85,4	4,6	5,0

Анализ агрохимических показателей плодородия выявил, что почвы опытных участков относились к среднегумусным, слабокислым с высокой степенью насыщенности основаниями. Обеспеченность подвижными формами фосфора – высокое, калия повышенное для зерновых и бобовых культур.

Почвы опытных участков характеризуются стандартными для данного типа показателями плотности твердой фазы почвы и влажности устойчивого завядания (ВУЗ) (таблица 2).

Таблица 2 – Водно-физические свойства почвы опытных участков (чернозем оподзоленный глинистый)

Слой почвы, см	Плотность твердой фазы почвы, г/см <sup>3</sup>			Влажность устойчивого завядания (ВУЗ), % от массы абсолютно сухой почвы		
	2017, поле 1	2018, поле 3	2019, поле 3	2017, поле 1	2018, поле 3	2019, поле 3
0–10	2,31	2,33	2,33	15,3	14,7	14,8
10–20	2,34	2,35	2,36	15,0	14,5	14,7
20–30	2,34	2,36	2,36	15,0	14,4	14,4
0–30	2,32	2,35	2,35	15,1	14,5	14,6
30–50	2,44	2,49	2,49	14,5	14,1	14,2

Плотность твердой фазы пахотного горизонта изменялась в пределах 2,32–2,35 г/см<sup>3</sup>, влажность устойчивого завядания – от 14,5 до 15,2 %. В целом опытные участки, выбранные в различные года исследований характеризуются однородными водно-физическими свойствами.

### 2.3 Агрометеорологические условия

Большинство регионов юга Нечерноземной зоны (Республики Мордовия и Чувашия, Тульская и Орловская области, а также юг Брянской, Нижегородской, Калужской, Рязанской и Московской областей) относятся к территориям умеренного климата с достаточно выраженной сменой сезонов года.

Континентальность климата является одной из причин неустойчивого увлажнения региона. В острозасушливые годы выпадает порядка 350 мм осадков, во влажные до 700 мм, в среднем же по данным многолетних наблюдений сумма осадков составляет порядка 500–550 мм. В период вегетации гороха выпадет порядка 250 мм. Горох относится к слабозасухоустойчивым культурам. Коэффициент транспирации составляет порядка 700, что говорит о том, что при возделывании культуры в лесостепи Нечерноземья особое внимание необходимо отдавать влагосберегающим элементам технологии.

Вегетационный период обычно наступает в середине второй декады апреля и

продолжается до последней декады сентября (141–145 дней). Сумма активных температур за это период составляет 2 600–2 650 °С. Имеющиеся климатические ресурсы позволяют в условиях юга Нечерноземья возделывать все 5 групп сортов гороха по скорости созревания с продолжительностью периода вегетации от 80 до 140 дней.

Погодные условия в годы проведения полевых опытов были различными, но типичными для юга Нечерноземной зоны (таблица 3).

Таблица 3 – Метеорологические условия за 2017–2019 гг. по данным Саранской метеостанции (<https://rp5.ru/>)

Год, показатель	Месяц, декада											
	Май			Июнь			Июль			Август		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Среднесуточная температура, °С												
Климатическая норма	12,0	13,7	14,6	15,5	17,4	18,4	18,5	19,4	19,0	18,6	17,4	16,4
2017 г.	12,9	10,4	13,0	12,4	15,8	16,6	16,0	19,9	20,2	20,4	19,1	17,7
Отклонение, ±	0,9	-3,3	-1,6	-3,1	-1,6	-1,8	-2,5	+0,5	+1,2	+1,8	+1,7	+1,3
2018 г.	15,5	17,3	14	12,3	15,9	22,7	22,9	21,9	21,4	20,9	19,5	18,7
Отклонение, ±	+3,5	+3,6	-0,6	-3,2	-1,5	+4,3	+4,4	+2,5	+2,4	+2,3	+2,1	+2,3
2019 г.	15,2	16,8	17,1	19,8	18,8	19,0	16,6	18,0	18,0	14,5	18,9	15,5
Отклонение, ±	+3,2	+3,1	+2,5	+4,3	+1,4	+0,6	-1,9	-1,4	-1,0	-4,1	+1,5	-0,9
Осадки, мм												
Климатическая норма	13	16	15	14	24	17	30	22	18	18	19	16
2017 г.	7	21	20	23	19	12	73	16	15	5	0,0	9
Отклонение, ±	-6	+5	+5	+9	-5	-5	43	-6	-3	-13	-19	-7
2018 г.	9	4	6	17	3	0	13	6	18	5	0	2
Отклонение, ±	-4	-12	-9	+3	-21	-17	-17	-16	-0,0	-13	-19	-14
2019 г.	8	2	6	6	2	31	26	25	32	14	35	3
Отклонение, ±	-5	-14	-9	-8	-22	+14	-4	+3	+14	-4	+16	-13
ГТК												
Климатическая норма	1,05			1,07			1,19			0,98		
2017 г.	1,29			1,15			1,79			0,24		
Отклонение, ±	0,24			0,08			0,60			-0,74		
2018 г.	0,38			0,40			0,56			0,12		
Отклонение, ±	-0,67			-0,67			-0,63			-0,86		
2019 г.	0,32			0,68			1,57			1,05		
Отклонение, ±	-0,72			-0,39			0,38			0,07		

Анализ погодных условий периода вегетации гороха в 2017 г. показывает, что большая его часть отличалась избыточным увлажнением и низким температурным режимом, что характеризуется показателем ГТК, изменявшимся от 1,15 до 1,79.

Температурный режим в первой половине активной вегетации гороха был ниже среднеголетних данных. Начиная со второй декады июля, значения температур по декадам приблизились к среднеголетним значениям, а иногда и незначительно превышали их. В августе установилась жаркая и сухая погода, что благоприятствовало качественной уборке урожая.

Анализ погодных условий, сложившихся в период вегетации гороха в 2018 г. показал, что большая его часть отличалась недостаточным увлажнением, и высоким температурным режимом (см. таблица 3).

Значения гидротермического коэффициента по месяцам позволяют классифицировать условия периода вегетации как засушливые 0,38–0,56. Острозасушливым был май. Выпало порядка 19 мм осадков, что ниже нормы в 2 раза. Климатической норме соответствовала только 1 декада июня. В дальнейшем снова отмечались засушливые явления, что существенно сократило период вегетации гороха.

Погодные условия 2019 г. занимали промежуточное положение. ГТК за вегетацию гороха изменялся от 0,32 до 1,57. Большую часть периода вегетации растения испытывали острый дефицит увлажнения и только в 3 декаде июня, когда основные ростовые процессы были завершены, отмечалась стабилизация по осадкам.

Таким образом, сложившаяся комбинация увлажнения в годы проведения исследований позволила оценить влияние различных систем основной обработки почвы в типичных условиях юга Нечерноземной зоны, где годы с избыточным и недостаточным увлажнением проявляются достаточно часто.

### **3 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПОД ГОРОХ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ**

Изменение агрофизических свойств почвы в ходе антропогенного воздействия во многом определяет ее потенциальное плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур.

В условиях Республики Мордовия результаты проведенных исследований по влиянию приемов основной обработки почвы на показатели плодородия почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур частично представлены и нашли отражения в рекомендациях производству (Сорокин М. И. и др., 1983, 1987; Ивойлов А. В., 1986, 1992, 1993; Ивойлов А.В. и др., 1991, 1992; Моисеев А. А. и др., 2004; Недайборщ О. В. и др., 2007 и др.). В то же время вопросы сравнительной оценки прямого посева и других систем основной обработки почвы освещены недостаточно и требуют более подробного рассмотрения.

Оптимизация агрофизических показателей плодородия в соответствии с экологическими требованиями возделываемых культур – основная задача земледелия на протяжении всей истории его возникновения и развития.

Среди многочисленных агротехнических приемов обработка почвы всегда играла основную роль в создании урожая, так как этот процесс является универсальным средством воздействия на многие физические, химические и биологические свойства почвы и, в конечном итоге, на ее плодородие (Минимальная обработка..., 1981). Агрофизические свойства почвы определяют характер ее водно-воздушного режима. Они сказываются и на обменных процессах, которые характеризуют биологическую активность почвы, ее агрохимические свойства, гумусное состояние.

В сельскохозяйственной науке уже несколько десятилетий идут дискуссии о концепциях основной обработки почвы между сторонниками отвальной обработки плугами с предплужниками и безотвального рыхления плоскорезами. Одни утверждают, что лучше культурной вспашки ничего нет, другие говорят, что отвальный плуг – причина всех несчастий в земледелии и благосостояние общества будет



обеспечено только безусловной заменой плуга на плоскорез (Асыка Н.Р., 2003; Ис-айкин И. И. и др., 2007; Беляева О. Н., 2013; Кирюшин В.И., 2013; Ленточкин А.М. и др., 2016).

Отечественные ученые К.А. Тимирязев (1948), В.Р. Вильямс (1949), А.И. Стебут (1956) были сторонниками отвальной обработки почвы. Они указывали, что наиболее эффективным приемом обработки, увеличения потенциального плодородия почвы и продуктивности полей является глубокая вспашка.

По мнению А.П. Исаева (1997), наиболее предпочтительна как по энергетической эффективности, так и по влиянию на физические свойства почвы и засоренность посевов комбинированная отвально-плоскорезная обработка почвы в севообороте. При такой системе по сравнению с ежегодной вспашкой не ухудшаются агрофизические свойства почвы.

Результаты исследований Н.А. Максютова (1998) показали, что эффективность минимальной основной обработки почвы во многом зависит от окультуренности исходного слоя почвы, её гранулометрического состава, содержания гумуса, предшественника, уровня агротехники, погодных условий и т.д.

Таким образом, возникла необходимость изучения эффективности различных систем основной обработки почвы под горох в условиях лесостепи Юга нечерноземной зоны.

### **3.1 Накопление влаги в зависимости от системы основной обработки почвы под горох**

Одним из лимитирующих факторов роста продуктивности растений в лесостепи юга Нечерноземной зоны является доступная влага. В отсутствие орошения на значительных площадях, действенным агрономическим рычагом управления режимов влажности остается обработка почвы.

Проведенные исследования показали, что изучаемые систем основной обработки почвы не оказывали достоверного влияния на влажность почвы в период после осенней обработки почвы под посев 2017 г. (таблица 4).

Таблица 4 – Изменение влажности в зависимости от систем основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от массы абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Влажность почвы, %			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	32,2	30,6	29,1	31,9
	10–20	30,5	31,4	30,3	28,4
	20–30	30,2	29,7	26,4	30,5
	0–30	31,0	30,6	28,6	30,2
	30–50	24,2	26,4	25,3	23,8
Дискование	0–10	33,6	27,5	25,0	29,7
	10–20	31,4	29,9	25,6	24,3
	20–30	29,2	29,8	28,4	27,4
	0–30	31,4	29,1	26,3	27,1
	30–50	25,1	27,2	25,8	24,1
Дискование+вспашка	0–10	34,6	26,4	22,3	32,0
	10–20	30,3	29,3	26,0	27,6
	20–30	29,7	29,3	21,2	27,9
	0–30	31,5	28,3	23,2	29,2
	30–50	25,8	27,9	25,3	25,2
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		$F_{\phi} < F_T$	1,2	1,7	0,9
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Уровень предвегетационных осадков (август – апрель) к началу весенне-полевых работ в 2017 г. составлял порядка 294 мм и позволил накопить в почве достаточно большое количество влаги перед посевом гороха.

Наибольшее содержание влаги в верхнем слое (0–10 см пахотного горизонта) отмечалось на прямом посеве. При использовании дискования и вспашки в качестве основной обработки выявлялось снижение анализируемого показателя на 3,1–4,2 %.

В слое 10–20 см по всем фонам обработки почвы отмечалось повышение влажности почвы, наибольшим оно было на No-till, превышая варианты с дискованием и вспашкой на 5 и 7 % соответственно. В слое 20–30 см достоверных различий по изучаемым фонам обработки по влажности почвы не отмечалось. В среднем по фонам обработки в слое 0–30 см данный показатель колебался от 28,3 до 30,6 %, превышая интервал доступной для растений влаги.

Условия увлажнения, сложившиеся в период вегетации 2017 г. (ГТК за вегетацию гороха 1,47), способствовали оптимальной влагообеспеченности растений по всем фазам обработки почвы в середине вегетации. Но и в этих условиях отмечалась дифференциация слоев пахотного горизонта по влажности почвы в зависимости от способа основной обработки. Мульчирующий солоmistый слой на прямом посеве препятствовал испарению влаги. В среднем ее запасы были больше, чем на вспашке на 19%, на дисковании – на 8 %. Определение влажности почвы к уборке в условиях благоприятного уровня увлажнения выявило, что даже к концу вегетации она находилась на максимально доступном уровне для растений – 27,1–30,2 %. В этих условиях достоверные различия (10 %) отмечались между прямым посевом и дискованием.

Анализ влажности почвы в 2018 г. выявил несколько иную закономерность действия изучаемых факторов (таблица 5).

Определение влажности перед посевом гороха показало, что в условиях недостатка увлажнения в весенний период отмечалось значительное иссушение верхней толщи пахотного горизонта (0–10 см) на вспашке при сравнении с вариантом, где обработка почвы не проводилась – на 14,8 %. В слое 10–20 см была выявлена иная закономерность. Наибольшая влажность почвы определялась на вспашке, что превосходило варианты с дискованием и прямым посевом на 7 и 11% соответственно. Дальнейший анализ запасов влаги в слое 20–30 см не выявил достоверных различий между вариантами обработки почвы.

Определение влажности почвы в среднем по пахотному слою выявило еще большую дифференциацию в зависимости от систем основной обработки. В условиях недостатка увлажнения (ГТК за вегетацию 0,39) максимальное накопление влаги по всем слоям пахотного горизонта было на прямом посеве. Значительная толщина мульчи из растительных остатков, накопившихся на поверхности пахотного горизонта, препятствовала испарению и сохраняла влагу в почве практически по всему пахотному слою на уровне нижнего предела (15 %) установленного для черноземных почв.

Таблица 5 – Изменение влажности в зависимости от систем основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от массы абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Влажность почвы, %			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	37,4	34,2	13,4	15,2
	10–20	27,3	27,9	15,2	16,9
	20–30	26,1	29,1	18,0	18,0
	0–30	30,3	30,4	15,5	16,7
	30–50	25,2	21,1	18,4	18,0
Дискование	0–10	34,9	33,8	7,2	8,0
	10–20	30,2	29,3	7,0	7,2
	20–30	26,6	28,3	11,1	14,2
	0–30	30,6	30,5	8,4	9,8
	30–50	26,3	24,2	19,5	18,9
Дискование+вспашка	0–10	33,1	19,0	9,0	9,2
	10–20	29,4	31,4	11,8	12,0
	20–30	27,5	28,7	12,7	12,7
	0–30	30,0	26,4	11,2	11,3
	30–50	27,5	24,7	20,2	19,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		$F_{\phi} < F_{\Gamma}$	1,5	0,8	0,5
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		1,2	0,9	0,8	0,8

При сравнении с прямым посевом на вариантах, где в качестве основной обработки почвы проводили дискование, влажность почвы в пахотном слое в середине вегетации гороха была ниже на 7,1 % (в абсолютных процентах) и на 46 % (в относительных), где проводили вспашку – на 4,3 и 28 % соответственно.

К уборке отмечалось некоторое увеличение влажности почвы по всем изучаемым фонам, но закономерность распределения данного параметра в пахотном слое в зависимости от систем основной обработки почвы сохранялось по всем вариантам опыта. На прямом посеве влажность была больше, чем на дисковании на 7 и 41 %, на вспашке на 5,4 и 32% абсолютных и относительных процентов.

Осенняя обработка почвы под посев 2019 г. не способствовала накоплению влаги в почве. Так на варианте без обработки влажность почвы в пахотном горизонте 0–30 см была на 0,8–0,9 % больше, чем на участках с интенсивной обработкой (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение влажности в зависимости от систем основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от массы абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Влажность почвы, %			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	24,2	30,1	16,9	21,6
	10–20	20,5	29,9	17,5	18,5
	20–30	20,1	29,5	17,7	17,1
	0–30	21,6	29,8	17,4	19,1
	30–50	18,3	21,4	16,7	17,1
Дискование	0–10	23,6	24,0	14,4	20,1
	10–20	19,8	28,7	15,7	17,8
	20–30	19,1	29,3	15,8	17,4
	0–30	20,8	27,4	15,3	18,4
	30–50	19,1	20,5	16,3	16,8
Дискование+вспашка	0–10	22,6	22,4	14,2	19,8
	10–20	20,3	27,8	15,4	17,7
	20–30	19,2	28,3	17,3	17,1
	0–30	20,7	26,2	15,6	18,2
	30–50	19,4	21,2	16,5	17,0
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		$F_{\phi} < F_{T}$	1,4	0,8	$F_{\phi} < F_{T}$
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		0,7	$F_{\phi} < F_{T}$	$F_{\phi} < F_{T}$	$F_{\phi} < F_{T}$

Определение влажности перед посевом гороха показало, что, как и в весенний период 2018 г. в слое 0–10 см интенсивная почвообработка не способствовала увеличению данного показателя по сравнению с прямым посевом. Так, на вспашке влажность в этом слое было на 8 % меньше, на варианте с обработкой дисковой бороной – на 6 %. Подобная тенденция сохранялась и при анализе влажности горизонта 0–30 см.

Определение влажности почвы в период бутонизации гороха выявило существенное снижение ее по всем вариантам обработки. Так, в слое 0–10 см изучаемый показатель составлял 14–17 %, в слое 0–30 см – 15–16 %. Это связано как с активным потреблением почвенной влаги растениями гороха, так и засушливыми условиями первой половины вегетационного периода. Как и в предыдущие годы исследований, максимальная влажность почвы в слое 0–30 см отмечена на варианте с прямым посевом, но достоверных различий с другими вариантами не установлено.

К уборке отмечалось существенное увеличение общих запасов влаги по всем изучаемым фонам, как в слое 0–10 см, так и в нижележащих слоях. Динамика их накопления в пахотном слое также находилась в зависимости от систем основной обработки почвы. На варианте с нулевой обработкой влажность почвы при прямом посеве была на 1,4–1,8 % больше в слое 0–10 см и на 0,7–0,9 % больше в слое 0–30 см, по сравнению с другими изучаемыми вариантами.

Анализ средних данных трехлетнего исследования показал, что наиболее благоприятные условия формирования влажности почвы при всех определениях создавались на варианте с прямым посевом (таблица 7).

Значительное количество растительных остатков препятствовало испарению почвенной влаги и защищало ее от испарения на протяжении всего вегетационного периода. К проведению посева значительные различия отмечались в посевном слое, в относительных процентах при сравнении с прямым посевом. На вспашке запасов влаги было меньше на 8 %, дисковании – на 3 %. По другим слоям пахотного горизонта в среднем за годы исследований различия были менее существенными.

К середине вегетации гороха, когда дефицит влаги в почве особо ощущается, различия по фонам обработки становились еще более контрастными. При сравнении с вариантом без обработки почвы влажность почвы на дисковании и вспашке было меньше на 5 абсолютных и 26 относительных процентов. К уборке культуры в среднем за годы исследований данный показатель возрастал, но закономерности в зависимости от фонов обработки сохранялись.

Проведенные исследования показывают, что применение прямого посева при возделывании гороха способствует лучшему накоплению, сохранению и распределению влаги в период вегетации при сравнении с классической вспашкой и широко применяемой в настоящее время минимальной основной обработкой – дискованием.

Таблица 7 – Изменение влажности в зависимости от систем основной обработки почвы в среднем за 3 года, % от массы абсолютно сухой почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Влажность почвы, %			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	28,6	31,6	19,8	22,9
	10–20	22,8	29,7	21,0	21,3
	20–30	22,1	29,4	20,7	21,9
	0–30	24,5	30,3	20,5	22,0
	30–50	20,6	23,0	20,1	19,6
Дискование	0–10	27,4	28,4	15,5	19,3
	10–20	23,3	29,3	16,1	16,4
	20–30	21,6	29,1	18,4	19,7
	0–30	24,1	29,0	16,7	18,4
	30–50	21,5	24,0	20,5	19,9
Дискование+вспашка	0–10	26,1	22,6	15,2	20,3
	10–20	23,3	29,5	17,7	19,1
	20–30	22,0	28,8	17,1	19,2
	0–30	23,8	27,0	16,7	19,6
	30–50	22,1	24,6	20,7	20,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		$F_{\phi} < F_{\Gamma}$	1,4	1,1	0,7
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		0,9	$F_{\phi} < F_{\Gamma}$	$F_{\phi} < F_{\Gamma}$	$F_{\phi} < F_{\Gamma}$

Кроме влажности почвы водный режим характеризуется показателями содержания запасов общей и продуктивной влаги.

Уровень предвегетационных осадков (август – апрель) в 2017 г. составлял порядка 294 мм. Определение общих запасов влаги в почве в 2017 г. к посеву гороха выявило, что наибольшее ее накопление было на прямом посеве. На делянках, где проводили дискование в слое 0–30 см, содержание влаги было меньше на 7,1 мм (7 %), где проводилась вспашка – на 10,2 мм (9 %) при сравнении с вариантом, где обработка почвы не проводилась (таблица 8).

Послойный анализ накопления общей влаги выявил еще более существенные различия в слое 0–10 см, где размещаются семена гороха. При посеве на варианте без обработки почвы ее запасы были больше на 24 % отн. при сравнении со вспашкой и на 18 % отн. больше, чем на дисковании.

Таблица 8 – Содержание запасов общей и доступной влаги весной в зависимости от систем основной обработки почвы за годы исследований, мм

Вариант опыта	Слой почвы, см	Запасы влаги, мм			В среднем за 3 года
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	
<i>Общая влага</i>					
Прямой посев	0–10	35,2	36,5	34,6	36,4
	10–20	37,1	35,4	35,6	35,0
	20–30	35,9	35,0	35,1	35,0
	0–20	72,3	71,9	70,2	71,5
	0–30	108,2	106,9	105,3	106,6
	0–50	143,8	136,0	131,5	137,1
Дискование	0–10	28,9	25,3	27,4	27,2
	10–20	35,6	36,6	36,7	36,3
	20–30	36,7	35,7	39,0	37,1
	0–20	64,5	61,9	64,1	63,5
	0–30	101,2	97,6	103,1	104,5
	0–50	138,5	131,5	130,8	133,6
Дискование+вспашка	0–10	26,9	20,0	24,2	23,7
	10–20	34,9	35,0	34,5	35,5
	20–30	36,6	37,7	37,1	36,8
	0–20	61,8	55,0	58,7	59,2
	0–30	98,4	92,7	95,7	96,3
	0–50	136,9	127,8	123,8	129,5
<i>Доступная влага</i>					
Прямой посев	0–10	23,3	26,8	22,4	24,2
	10–20	24,9	19,8	23,0	22,6
	20–30	23,4	21,3	22,5	22,4
	0–20	48,3	46,6	45,4	46,8
	0–30	71,7	68,0	67,9	69,3
	0–50	94,1	85,9	86,7	88,9
Дискование	0–10	18,1	13,5	15,3	15,6
	10–20	23,3	23,0	23,1	23,2
	20–30	24,0	22,0	24,9	23,7
	0–20	41,4	36,5	38,5	38,8
	0–30	65,4	58,5	63,3	66,3
	0–50	93,0	89,6	81,1	87,9
Дискование+вспашка	0–10	16,4	8,6	12,8	12,6
	10–20	22,6	23,9	21,4	22,6
	20–30	23,7	22,8	23,2	23,2
	0–20	39,0	32,5	34,1	35,2
	0–30	62,7	56,3	57,3	58,8
	0–50	87,8	79,9	76,0	81,2



Изучение содержания общей влаги в слое 10–20 см выявил, что разница между вариантами с обработкой почвы была менее значимой. Достоверным различие было между вспашкой и прямым посевом. В слое 20–30 см существенных различий между изучаемыми вариантами не наблюдалось.

В 2018 г. уровень предвегетационных осадков был несколько ниже и составлял 265 мм. Определение общей влаги в пахотном слое подтвердило закономерности, полученные в предыдущий год исследований. Накопление влаги в пахотном слое на варианте без обработки почвы было больше, чем на дисковании и вспашке на 8,4 мм (8 %) и 11,3 мм (11 %) соответственно.

В условиях недостатка осадков и высоких температур в весенний период 2018 г. контраст между содержанием влаги в слое заделки семян 0–10 см был еще более существенным. Равномерное распределение соломенной мульчи по поверхности почвы на делянках, где основная обработка не производилась, способствовало предотвращению испарения влаги. При сравнении с вариантом, где проводили дискование, ее содержание было больше на 11,2 мм (30 %), со вспашкой – на 16,5 мм (45 %). В слоях 10–20 и 20–30 см достоверных различий по накоплению общей влаги не наблюдалось.

В предвегетационный период 2019 г. сумма осадков составила 194 мм. Анализ накопления общей влаги в почве перед посевом выявил несколько иные закономерности. Как и в предыдущие годы исследований, наибольший запас влаги был на прямом посеве. На дисковании запасы влаги в слое 0–30 см были ниже всего на 2,2 мм, на вспашке разница составила 9 мм (9 %) при сравнении с вариантом без обработки почвы. Погодные условия весны 2019 г. характеризовались повышенной температурой воздуха и недостатком осадков, что отразилось на скорости иссушения верхнего слоя (0–10 см) почвы. На вспашке запасов общей влаги было меньше на 10,4 мм, на дисковании – меньше на 7,2 мм сравнении с вариантом без обработки почвы. В нижележащих слоях достоверных различий по содержанию общей влаги не отмечалось.

Перед посевом яровых зерновых культур в особенности гороха, для набухания и прорастания которого необходимо 120–130 % воды от массы семян, помимо общих запасов необходима оценка запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см.

Руководствуясь данными А.Ф. Вадюниной и З.А. Карчагиной (1986) по качественной оценке запасов продуктивной влаги в почве в слое 0–20 см можно констатировать, что во все годы исследований хорошими ( $> 40$  мм) запасы были только на варианте без основной обработки почвы. На дисковании за годы исследования данный показатель был достигнут только в 2017 г., в остальные годы запасы доступной воды в почве были на удовлетворительном уровне (40–20 мм). На вспашке запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см были всегда только удовлетворительными и не превышали 39 мм.

На содержание запасов общей и доступной влаги в почве в фазу бутонизации гороха значительное влияние оказывали способы обработки почвы и количество осадков первой половины вегетации (таблица 9).

Запасы общей влаги в среднем за весь период исследований в корнеобитаемом слое (0–30 см) были больше на варианте с прямым посевом. Так, содержание влаги на этом варианте было больше, чем на вспашке на 31 % в слое 0–10 см, на 19 % больше – в слое 0–20 см и на 15 % больше – в слое 0–30 см. По сравнению с дискованием увеличение составило 24, 20 и 13 % соответственно. Менее значительным было различие по вариантам и в слое 30–50 см. Так, на вспашке запасов общей влаги было меньше на 9 %, на дисковании – на 8% меньше, чем на варианте с прямым посевом.

Запасы доступной влаги в фазу бутонизации гороха в большей степени определяют формирование высоких урожаев. Этот показатель также существенно изменялся как в зависимости от способа обработки почвы, так и от условий увлажнения. Минимальные запасы продуктивной влаги по всем вариантам отмечены в засушливом 2018 г., наибольшие – в 2017 г. В среднем за три года исследований прямой посев обеспечивал большие запасы доступной растениям влаги по сравнению с системами интенсивной обработки почвы. Так, в слое 0–10 см содержание продуктивной влаги на этом варианте было больше на 48 % по сравнению со вспашкой и на 37 % больше – по сравнению с дискованием. В слое 0–20 и 0–30 см содержание влаги на делянках с нулевой обработкой почвы было больше на 30–34 % по сравнению с вариантом, где проводили отвальную обработку. На делянках с дискованием снижение влаги так же было значительным – 27 % в слое 0–20 см и 23 % – в слое 0–30 см по сравнению с прямым посевом.

Таблица 9 – Содержание запасов общей и доступной влаги в фазу бутонизации гороха в зависимости от систем основной обработки почвы за годы исследований, мм

Вариант опыта	Слой почвы, см	Запасы влаги, мм			В среднем за 3 года
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	
<i>Общая влага</i>					
Прямой посев	0–10	34,6	16,5	21,8	24,3
	10–20	33,3	18,2	22,9	24,8
	20–30	28,8	22,1	23,5	24,8
	0–20	68,0	34,7	44,7	49,1
	0–30	96,7	56,9	68,3	74,0
	0–50	131,6	83,2	92,0	102,3
Дискование	0–10	31,3	8,4	19,0	19,5
	10–20	32,8	9,2	21,4	21,1
	20–30	36,6	15,1	22,0	24,6
	0–20	64,0	17,5	40,4	40,6
	0–30	100,7	32,6	62,3	65,2
	0–50	136,8	60,7	86,1	94,5
Дискование+вспашка	0–10	26,5	10,7	18,2	18,5
	10–20	32,8	15,5	20,0	22,7
	20–30	27,3	17,5	23,7	22,9
	0–20	59,3	26,2	38,2	41,2
	0–30	86,6	43,7	61,9	64,1
	0–50	122,8	73,0	86,0	93,9
<i>Доступная влага</i>					
Прямой посев	0–10	28,1	9,7	14,7	17,5
	10–20	25,1	9,2	13,1	15,8
	20–30	20,4	12,7	13,3	15,5
	0–20	53,2	19,0	27,8	33,3
	0–30	73,5	31,6	41,1	48,8
	0–50	97,3	46,4	53,3	65,7
Дискование	0–10	24,4	2,0	11,7	12,7
	10–20	23,2	0,0	11,2	11,4
	20–30	26,7	4,6	11,3	14,2
	0–20	47,5	2,0	22,9	24,1
	0–30	74,2	6,6	34,2	38,3
	0–50	95,3	20,2	44,7	53,4
Дискование+вспашка	0–10	20,0	4,2	11,1	11,8
	10–20	23,3	5,6	10,3	13,1
	20–30	17,4	6,9	13,2	12,5
	0–20	43,3	9,8	21,4	24,8
	0–30	60,7	16,7	34,6	37,3
	0–50	85,3	34,2	46,8	55,5

Различия в запасах доступной влаги в слое почвы 0–50 см также были существенными на различных вариантах опыта. Максимальное накопление отмечено на варианте без осенней обработки почвы. На вспашке данный показатель был ниже на 23 %, на дисковании – на 18 %.

Содержание влаги перед уборкой гороха в меньшей степени зависело от варианта опыта, и в большей степени – от уровня осадков (таблица 10). Следует отметить, что вследствие осадков второй половины вегетационного периода и снижения потребления влаги горохом ее содержание ежегодно увеличивалось по сравнению с предыдущим периодом.

На содержание общей влаги перед уборкой значительное влияние оказывал способ обработки почвы. Так, в слое 0–30 см ее содержание на делянках с прямыми посевам в среднем за 3 года было больше, чем на варианте со вспашкой на 4 %, на варианте с дискованием – на 11 %. Подобная тенденция отмечена и для слоя 0–50 см. Увеличение на варианте с прямым посевом составляло 2–7 % по сравнению с другими вариантами.

Содержание доступной влаги перед уборкой – важный показатель, определяющий потенциал последующей культуры севооборота, озимой пшеницы. Как и в случае с общей влагой, наибольшее ее накопление отмечено на варианте с прямым посевом. К моменту уборки гороха на делянках с этим вариантом доступной влаги в слое почвы 0–30 см было больше на 10 % по сравнению со вспашкой и на 22 % больше – по сравнению с дискованием.

Содержание доступной влаги в полуметровом слое почвы отличалось меньшим колебанием по вариантам опыта. В среднем за период исследований наименьшим этот показатель был на дисковании (на 19 % меньше по сравнению с прямым посевом, на 14 % меньше по сравнению со вспашкой).

Расчет множественной регрессии влияния количества доступной влаги перед посевом гороха ( $w_1$ ), в фазу бутонизации ( $w_2$ ) и перед уборкой ( $w_3$ ) на урожайность гороха показал существенные различия как между вариантами опыта, так и между слоями почвы (1–9):

Таблица 10 – Содержание запасов общей и доступной влаги перед уборкой гороха в зависимости от системы основной обработки почвы за годы исследований, мм

Вариант опыта	Слой почвы, см	Запасы влаги, мм			В среднем за 3 года
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	
<i>Общая влага</i>					
Прямой посев	0–10	39,9	19,2	27,0	28,7
	10–20	31,2	20,8	23,5	25,2
	20–30	33,2	24,1	23,1	26,8
	0–20	71,1	39,9	50,5	53,8
	0–30	104,4	64,1	73,6	80,7
	0–50	138,4	90,2	98,4	109,0
Дискование	0–10	35,9	10,8	25,9	24,2
	10–20	30,6	9,7	24,4	21,6
	20–30	35,1	19,7	24,4	26,4
	0–20	66,6	20,5	50,3	45,8
	0–30	101,6	40,3	74,7	72,2
	0–50	136,6	68,0	99,4	101,3
Дискование+вспашка	0–10	40,0	11,7	25,1	25,6
	10–20	36,2	15,1	24,4	25,2
	20–30	37,1	18,5	24,3	26,6
	0–20	76,2	26,8	49,6	50,8
	0–30	113,3	45,3	73,9	77,5
	0–50	149,8	74,2	98,7	107,5
<i>Доступная влага</i>					
Прямой посев	0–10	33,0	12,2	20,1	21,8
	10–20	23,0	11,6	14,0	16,2
	20–30	24,9	13,8	12,7	17,1
	0–20	56,0	23,8	34,1	38,0
	0–30	80,8	37,6	46,8	55,1
	0–50	103,3	51,9	59,8	71,7
Дискование	0–10	29,3	3,4	18,8	17,2
	10–20	21,2	0,0	14,1	11,8
	20–30	25,2	9,0	13,6	15,9
	0–20	50,5	3,4	32,9	28,9
	0–30	75,7	12,4	46,5	44,9
	0–50	95,7	26,1	57,6	59,8
Дискование+вспашка	0–10	33,1	4,7	18,2	18,7
	10–20	26,3	5,7	14,1	15,4
	20–30	26,9	7,3	13,3	15,8
	0–20	59,5	10,4	32,2	34,0
	0–30	86,3	17,7	45,6	49,9
	0–50	111,1	34,6	58,6	68,1

Для слоя 0–10 см

$$U_{\text{прямой посев}} = 0,02 - 0,015w_1 + 0,487w_2 - 0,168w_3 \quad (1)$$

$$U_{\text{дискование}} = 0,02 + 0,147w_1 + 0,578w_2 - 0,299w_3 \quad (2)$$

$$U_{\text{дискование+вспашка}} = 0,02 - 0,197w_1 + 1,621w_2 - 0,627w_3 \quad (3)$$

Для слоя 0–30 см

$$U_{\text{прямой посев}} = 0,02 + 0,032w_1 + 0,244w_2 - 0,120w_3 \quad (4)$$

$$U_{\text{дискование}} = 0,03 + 0,032w_1 + 0,200w_2 - 0,117w_3 \quad (5)$$

$$U_{\text{дискование+вспашка}} = 0,03 - 0,008w_1 + 0,144w_2 + 0,07w_3 \quad (6)$$

Для слоя 0–50 см

$$U_{\text{прямой посев}} = 0,02 - 0,169w_1 - 0,079w_2 + 0,227w_3 \quad (7)$$

$$U_{\text{дискование}} = 0,02 + 0,010w_1 - 0,135w_2 + 0,061w_3 \quad (8)$$

$$U_{\text{дискование+вспашка}} = 0,02 - 0,016w_1 + 0,052w_2 + 0,049w_3 \quad (9)$$

Содержание влаги в слое 0–10 см оказывает наибольшее влияние на урожайность гороха в фазу бутонизации гороха для вспашки и прямого посева, на дисковании – как перед посевом, так и в период формирования цветков.

Содержание влаги в слое 0–30 см. перед посевом существенно влияет на урожайность гороха по фону прямого посева и дискования, на вспашке наиболее значимо количество доступной влаги в данном слое перед уборкой культуры. Доступная влага в слое 0–50 см влияет на формирование урожайности перед уборкой вне зависимости от способа обработки почвы.

Проведенные исследования свидетельствуют, что различные систем основной обработки почвы оказывают существенное влияние на влажность почвы, содержание в ней общей и доступной влаги. Наибольшее значение эти показатели достигают на варианте с прямым посевом в независимости от фазы развития культуры. Вместе с тем следует отметить, что существенное значение имеют и условия увлажнения конкретного вегетационного периода. Критические значения водного режима на вариантах со вспашкой и дискованием отмечены лишь в засушливом 2018 г.

### 3.2 Оценка систем основной обработки под горох по влиянию на плотность почвы

Плотность почвы является одним из главных агрофизических показателей плодородия почвы, характеризующим ее потенциальное и эффективное плодородие. В глобальном аспекте механическая обработка почвы на протяжении всей истории ее развития и совершенствования была направлена на оптимизацию плотности. Каждому виду растений соответствует своя оптимальная плотность. Л.А. Нечаев и соавт. (2009) отмечают, что основная обработка почвы под горох должна обеспечивать оптимальную для культуры плотность  $1-1,2 \text{ г/см}^3$ , при повышении плотности на  $0,2 \text{ г/см}^3$  урожайность культуры снижается на 15 %, на  $0,4 \text{ г/см}^3$  – на 50 % при сравнении с оптимальными показателями.

Проведенные исследования показали, что изучаемые системы основной обработки почвы оказывали достоверное влияние на изменение плотности почвы к посеву гороха.

Осенняя обработка почвы в 2016 г. способствовала интенсивному ее разрыхлению. После основной отвальной обработки почва отличалась наименьшей плотностью по всем изучаемым вариантам. В нижних подпахотных горизонтах плотность почвы равнялась  $1,38-1,43 \text{ г/см}^3$ , то есть достигала равновесных значений.

Послойный анализ плотности почвы пахотного горизонта выявил, что в период до посева гороха в слое  $0-10 \text{ см}$  в 2017 г. наибольшей она была на прямом посеве. На вариантах, где проводили дискование, в слое  $0-10 \text{ см}$  она была ниже на 10 %, вспашку – на 11 %. При этом, на всех вариантах обработки в слое  $0-10 \text{ см}$  плотность почвы находилась в оптимальном интервале для растений гороха (таблица 11).

В слое  $10-20 \text{ см}$  отмечалось увеличение объемной массы по всем вариантам, но если на варианте без обработки увеличение данного показателя было незначительным ( $0,03 \text{ г/см}^3$ ), то на делянках, где проводили дискование, плотность повышалась на 17 % ( $0,2 \text{ г/см}^3$ ) при сравнении со слоем  $0-10 \text{ см}$ .

Аналогичные результаты были получены С.Н. Немцовым (2009), установившим, что применение минимальной обработки почвы увеличивало плотность чернозема выщелоченного в слое 10–20 см (прослойке) и затрудняло проникновение корней растений в нижележащие слои. На вспашке плотность в слое 10–20 см увеличивалась на 0,12 г/см<sup>3</sup> (10 %), при сравнении с верхним слоем.

Таблица 11 – Изменение плотности сложения в зависимости от систем основной обработки почвы в 2016–2017 гг., г/см<sup>3</sup>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	1,06	1,15	1,19	1,25
	10–20	1,12	1,18	1,10	1,10
	20–30	1,16	1,21	1,09	1,09
	0–30	1,11	1,18	1,13	1,15
	30–50	1,39	1,35	1,38	1,43
Дискование	0–10	1,02	1,05	1,25	1,21
	10–20	1,05	1,19	1,28	1,26
	20–30	1,17	1,23	1,29	1,28
	0–30	1,08	1,16	1,28	1,25
	30–50	1,43	1,37	1,40	1,45
Дискование+вспашка	0–10	0,85	1,02	1,19	1,25
	10–20	0,93	1,19	1,26	1,31
	20–30	1,14	1,25	1,29	1,33
	0–30	0,97	1,16	1,25	1,29
	30–50	1,42	1,38	1,43	1,45
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		0,07	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	0,03	0,09
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>

Анализ объемной массы в слое 20–30 см показал, что на вариантах без обработки равновесная плотность увеличивалась незначительно: разница между верхним и нижним слоями составляла всего 0,06 г/см<sup>3</sup> (5 %). На дисковании и вспашке при аналогичном сравнении увеличение составляло 0,2 г/см<sup>3</sup> (16 %) и 0,22 г/см<sup>3</sup> (18



%). Следует отметить, что при достаточной дифференциации плотности слоев пахотного горизонта средние ее показатели не превышали пределы оптимальных значений.

В середине вегетации гороха плотность почвы на всех вариантах опыта в слое 0–10 см увеличивалась. На дисковании рост составил 0,20 г/см<sup>3</sup> на вспашке – 0,17 г/см<sup>3</sup>. Дальнейший послойный анализ объемной массы выявил несколько иную закономерность. На варианте без обработки почвы, где плотность почвы изначально была равновесной, за счет увлажнения и набухаемости почвы, развития стержневой системы гороха отмечалось разуплотнение в слое 10–20 и 20–30 см. На вариантах с дискованием и вспашкой плотность в слое 10–20 и 20–30 см увеличивалась. Аналогичная закономерность сохранялась к моменту уборки гороха.

В 2018 г. подтвердились ранее полученные закономерности (таблица 12).

Таблица 12 – Изменение плотности сложения в зависимости от систем основной обработки почвы в 2017–2018 гг., г/см<sup>3</sup>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	1,09	1,17	1,23	1,26
	10–20	1,15	1,16	1,20	1,23
	20–30	1,17	1,17	1,23	1,34
	0–30	1,14	1,17	1,22	1,27
	30–50	1,42	1,38	1,43	1,45
Дискование	0–10	1,01	1,09	1,16	1,35
	10–20	1,08	1,25	1,31	1,35
	20–30	1,22	1,26	1,36	1,39
	0–30	1,10	1,22	1,28	1,36
	30–50	1,45	1,40	1,44	1,47
Дискование+вспашка	0–10	0,83	1,05	1,19	1,27
	10–20	0,96	1,21	1,31	1,26
	20–30	1,16	1,28	1,38	1,46
	0–30	0,98	1,18	1,29	1,33
	30–50	1,44	1,42	1,45	1,47
НСР <sub>05</sub> 0–30 см		0,06	0,04	0,08	0,09
НСР <sub>05</sub> 30–50 см		F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>τ</sub>

В связи с достаточно большим количеством осадков, выпавших в сентябре предыдущего года, плотность почвы по всем вариантам опыта после обработки почвы была несколько больше. В тоже время тенденция уменьшения плотности в пахотном слое на вариантах со вспашкой и дискованием сохранилась. В среднем по слою 0–30 см она была ниже на вспашке на 14 %, при дисковании – ниже на 4 % по сравнению с вариантом без обработки почвы

Наибольшая объемная масса почвы в слое 0–10 см перед посевом гороха была на прямом посеве, что было больше, чем на дисковании на  $0,08 \text{ г/см}^3$  (7 %), и вспашке на  $0,12$  (10 %). Анализ плотности почвы без обработки в нижележащих слоях не выявил ее достоверного увеличения. Достаточное увлажнение почвы с осени, действие низких отрицательных температур в осенний и зимний период в отсутствие достаточного снежного покрова способствовало разуплотнению пахотного горизонта.

На дисковании в слое 10–20 и 20–30 см, как и в предыдущем году, плотность почвы достоверно возрастала, переходя за пределы оптимальных значений для развития растений гороха. При сравнении с верхним слоем, увеличение составляло  $0,16$ – $0,17 \text{ г/см}^3$  (15 %). На вспашке объемная масса в слое 10–20 см была минимальной при сравнении с другими вариантами, однако в нижележащем слое на данном варианте плотность была наибольшей. При сравнении с аналогичным горизонтом на прямом посеве она была больше на  $0,11 \text{ г/см}^3$  (11 %), дискование на  $0,08 \text{ г/см}^3$  (6 %). Как и в предыдущем году, в среднем плотность пахотного горизонта на всех изучаемых вариантах не превышала оптимальных значений.

Определение плотности почвы в фазу бутонизации в условиях недостатка увлажнения выявила иную закономерность по сравнению с избыточно увлажненным 2017 г. На вариантах без обработки почвы по всем анализируемым слоям пахотного горизонта происходило увеличение плотности, которое составляло от  $0,4$  до  $0,6 \text{ г/см}^3$ . На вариантах со вспашкой и дискованием также отмечено увеличение плотности по всем анализируемым слоям. В целом, по всем изучаемым фонам обработки почвы к середине вегетации оптимальной плотность пахотного слоя была только на варианте с прямым посевом. Перед уборкой плотность была наибольшей

за все периоды определения и выходила за границы оптимальных значений. Несколько увеличилась плотность подпахотных горизонтов по сравнению с предыдущим годом исследований. В тоже время, достоверных различий по плотности между вариантами не отмечено.

Условия вегетации 2018–2019 года характеризовались большим количеством осадков. Но вследствие засухи лета 2018 г., после обработки почва значительно отличалась по плотности от варианта с прямым посевом (таблица 13).

Таблица 13 – Изменение плотности сложения в зависимости от систем основной обработки почвы в 2018–2019 гг., г/см<sup>3</sup>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	1,19	1,15	1,29	1,25
	10–20	1,26	1,19	1,31	1,27
	20–30	1,26	1,19	1,33	1,35
	0–30	1,24	1,18	1,31	1,29
	30–50	1,43	1,41	1,42	1,45
Дискование	0–10	1,00	1,14	1,32	1,29
	10–20	1,11	1,28	1,36	1,37
	20–30	1,18	1,33	1,39	1,40
	0–30	1,10	1,25	1,36	1,35
	30–50	1,45	1,43	1,46	1,47
Дискование+вспашка	0–10	0,86	1,08	1,28	1,27
	10–20	0,94	1,24	1,30	1,38
	20–30	1,15	1,31	1,37	1,42
	0–30	1,03	1,21	1,31	1,32
	30–50	1,45	1,43	1,46	1,46
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		0,07	0,06	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>

Так, в среднем по пахотному слою плотность почвы на вспашке была ниже на 17 %, на дисковании – на 11 % ниже по сравнению с вариантом без обработки.

Наибольшая плотность почвы в слое 0–10 см перед посевом гороха как и в предыдущие годы исследований была на варианте с прямым посевом. В тоже время в пахотном слое 0–30 см достоверных различий по плотности почвы между вариантами не отмечено.

Максимальное увеличение плотности отмечено в фазу бутонизации гороха - 1,31–1,36 г/см<sup>3</sup>, что связано с отсутствием промерзания ее в зимний период и процессами самоуплотнения в период вегетации. Осадки, выпавшие в третьей декаде

июля – первой декаде августа, способствовали разрушению почвенной корки и некоторому разуплотнению почвы. Наименьшая плотность почвы в пахотном слое отмечена на варианте с прямым посевом. На вспашке этот показатель был больше на 2 %, на варианте с обработкой почвы дисковой бороной – на 4 % больше. Достоверных различий по плотности почвы как в пахотном слое, так и в горизонте 30–50 см между вариантами в фазу бутонизации гороха и перед его уборкой не отмечено.

Проведенные исследования показали, что на плотность сложения почвы существенное влияние оказывает способ ее обработки и условия, складывающиеся в осенне-зимний период и период вегетации. Так, в среднем за три года исследований плотность почвы в слое 0–10 см в наиболее критическую фазу для развития растений гороха (начало вегетации) по всем изучаемым фонам обработки почвы находилось в пределах оптимальных значений от 1,05 до 1,16 г/см<sup>3</sup> (таблица 14).

Таблица 14 – Изменение плотности сложения в зависимости от систем основной обработки почвы в среднем за 3 года, г/см<sup>3</sup>

Вариант опыта	Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>			
		до промерзания почвы	перед посевом	в фазу бутонизации	перед уборкой
Прямой посев	0–10	1,11	1,16	1,24	1,25
	10–20	1,18	1,18	1,20	1,20
	20–30	1,20	1,19	1,22	1,26
	0–30	1,16	1,18	1,22	1,24
	30–50	1,41	1,38	1,41	1,44
Дискование	0–10	1,01	1,09	1,24	1,28
	10–20	1,08	1,24	1,32	1,33
	20–30	1,19	1,27	1,35	1,36
	0–30	1,09	1,20	1,31	1,32
	30–50	1,44	1,40	1,43	1,46
Вспашка	0–10	0,85	1,05	1,22	1,26
	10–20	0,94	1,21	1,29	1,32
	20–30	1,15	1,28	1,35	1,40
	0–30	1,06	1,18	1,28	1,31
	30–50	1,44	1,41	1,45	1,46
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		0,07	0,05	0,06	0,09
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Анализ плотности в нижележащих горизонтах показал, что на варианте, где проводили дискование, переходный слой 10–20 см за счет действия дисковых орудий переуплотнялся. На варианте со вспашкой увеличение плотности отмечалось в слое 20–30 см. Достоверных различий между вариантами обработки почвы в нижележащем слое (30–50 см) не отмечено.

В середине вегетации на дисковании и вспашке происходило значительное увеличение плотности почвы по всему пахотному горизонту. На варианте с No-till эта тенденция была выражена менее значительно.

Перед уборкой на всех системах основной обработки почвы плотность увеличивалась и выходила за пределы оптимальных значений для растений гороха. Достоверных различий между вариантами опыта в эти периоды не отмечено.

### **3.3 Влияние систем основной обработки на структурное состояние почвы и водопрочность почвенных агрегатов**

Структура почвы имеет огромное агрономическое значение и влияет на целый ряд свойств почвы: пористость, плотность, питательный режим и др.

Классик отечественного земледелия В.Р. Вильямс писал, что растения, могут процветать и давать обильные урожаи только при произрастании в комковатой почве, а сохранение комковатого строения является важным потому, что оно дает нам возможность влиять на отношение почвы к факторам жизни растений. И.Г. Мельцаев (2002) отмечает, что на хорошо оструктуренных почвах уменьшается энергетические затраты на обработку почвы, создаются благоприятные условия для минимализации, а не редко и полного отказа от основной обработки почвы. Академик В.И. Кирюшин (1996) выделил 5 аспектов значения агрономически ценной структуры, связанных с благоприятным водно-воздушным режимом, активизацией микробиологических процессов, уменьшение размыва, и как следствие эрозии, улучшение прорастания семян, распространение корней в почве и снижение энергетических затрат на ее обработку.

На структурообразование в почве большое влияние оказывают физико-механические, химические, физико-химические и биологические процессы. По мнению

И.П. Макарова, (1984), А.И. Пупонина и Н.Ф. Хохлова (1988), Н.В. Смолина (1996) обработка почвы оказывает огромное влияние на структуру пахотного слоя.

Проведенный анализ влияния систем основной обработки почвы на состав структурных агрегатов выявил, что наибольшее количество агрономически ценных агрегатов было на фоне прямого посева.

Послойный анализ пахотного горизонта в 2017 г. показал, что на варианте без обработки почвы по всему пахотному горизонту доля агрономически ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм колебалась в пределах 83–84 % (таблица 15). Коэффициент структуры образования составлял 3–3,8.

В слое 0–10 см на дисковании и вспашке содержание агрономически ценных агрегатов было меньше на 11 и 16 %, в слое 10–20 см на 6 и 9 % при сравнении с аналогичным вариантом без обработки почвы. В нижнем слое пахотного горизонта доля агрономически ценных агрегатов значительно не различалась между изучаемыми вариантами обработки почвы.

В 2018 и 2019 гг. подтвердилась ранее полученная закономерность по влиянию систем основной обработки почвы на содержание агрономически ценных агрегатов (таблицы 16, 17). На прямом посеве их доля в пахотном слое составляла 82–86 %. На дисковании этот показатель снижался на 6–8 %, на вспашке – на 15–19 %. Наибольшая разница была отмечена между 1 и 2 слоями пахотного горизонта.

Анализ средних данных выявил, что наибольшее количество агрономически ценных агрегатов с наименьшей дифференциацией по их количеству по слоям пахотного горизонта отмечалось на вариантах с прямым посевом – 85 %, что в соответствии со шкалой С.И. Долгова и П.У. Бахтина характеризуется как отличное состояние.

На дисковании и вспашке в среднем в пахотном слое доля агрономически ценных агрегатов была ниже на 7 и 9 % соответственно, что в соответствии со шкалой С.И. Долгова и П.У. Бахтина характеризуется как хорошее состояние (таблица 18).

Таблица 15 – Состав структурных агрегатов различного размера перед посевом гороха в зависимости от систем обработки почвы в 2017 г., %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Размер структурных агрегатов, мм										K <sub>ст</sub>
		< 10	7–10	5–7	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	> 0,25	0,25–10	
Прямой посев	0–10	13	36	12	12	8	7	7	2	3	84	3,0
	10–20	13	31	16	15	10	7	2	1	5	82	3,8
	20–30	12	35	12	12	8	8	4	4	5	83	3,0
	0–30	13	34	13	13	9	7	4	2	4	83	3,2
Дискование	0–10	25	28	12	11	8	7	4	3	2	73	1,9
	10–20	23	22	12	14	10	11	4	3	1	76	2,2
	20–30	17	21	13	15	11	11	4	5	3	80	2,4
	0–30	22	24	12	13	10	10	4	4	2	76	2,2
Дискование+вспашка	0–10	30	25	10	10	9	11	2	1	2	68	1,9
	10–20	25	23	11	13	9	11	3	3	2	73	2,0
	20–30	16	20	11	18	13	12	4	4	2	82	2,8
	0–30	24	23	11	14	10	11	3	3	2	74	2,2

Таблица 16 – Состав структурных агрегатов различного размера перед посевом гороха в зависимости от систем обработки почвы в 2018 г., %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Размер структурных агрегатов, мм										K <sub>ст</sub>
		< 10	7–10	5–7	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	> 0,25	0,25–10	
Прямой посев	0–10	15	41	12	12	8	7	2	2	1	84	4,0
	10–20	14	35	16	15	10	7	2	1	0	86	4,9
	20–30	10	45	12	12	8	8	2	2	1	89	5,7
	0–30	13	40	13	13	9	7	2	2	1	86	4,8
Дискование	0–10	25	21	11	13	10	11	4	3	2	73	1,9
	10–20	23	22	12	16	10	11	2	3	1	76	2,4
	20–30	13	21	13	16	12	13	4	5	3	84	3,0
	0–30	20	21	12	15	11	12	3	4	2	78	2,4
Дискование+вспашка	0–10	38	25	8	10	8	7	2	1	1	61	1,4
	10–20	37	13	12	12	9	10	3	3	1	62	1,3
	20–30	19	10	14	18	15	15	3	4	2	79	2,6
	0–30	31	16	11	13	11	11	3	3	1	67	1,6



Таблица 17 – Состав структурных агрегатов различного размера перед посевом гороха в зависимости от систем обработки почвы в 2019 г., %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Размер структурных агрегатов, мм										K <sub>ст</sub>
		< 10	7–10	5–7	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	> 0,25	0,25–10	
Прямой посев	0–10	16	32	14	12	8	7	5	4	2	82	4,6
	10–20	14	33	16	13	10	8	3	1	2	84	5,3
	20–30	12	42	13	12	10	8	2	2	1	89	6,8
	0–30	14	36	14	12	9	8	3	2	2	85	5,4
Дискование	0–10	20	21	11	15	14	10	4	3	2	78	3,5
	10–20	19	20	14	16	13	11	3	3	1	80	4,0
	20–30	14	20	11	13	14	13	6	5	4	82	4,6
	0–30	18	20	12	15	14	11	4	4	2	80	4,0
Дискование+вспашка	0–10	28	25	15	10	8	7	3	2	2	70	2,3
	10–20	21	18	15	12	13	10	5	4	2	77	3,3
	20–30	13	10	17	18	16	15	5	4	2	85	5,7
	0–30	21	18	16	13	12	11	4	3	2	77	3,4

Таблица 18 – – Состав структурных агрегатов различного размера перед посевом гороха в зависимости от систем обработки почвы в среднем за 2017–2019 гг., %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Размер структурных агрегатов, мм										K <sub>ст</sub>
		< 10	7–10	5–7	3–5	2–3	1–2	0,5–1	0,25–0,5	> 0,25	0,25–10	
Прямой посев	0–10	15	36	13	12	8	7	5	3	2	83	3,9
	10–20	14	33	16	14	10	7	2	1	2	84	4,7
	20–30	11	41	12	12	9	8	3	3	2	87	5,2
	0–30	13	37	13	13	9	7	3	2	2	85	4,5
Дискование	0–10	23	23	11	13	11	9	4	3	2	75	2,4
	10–20	22	21	13	15	11	11	3	3	1	77	2,9
	20–30	15	21	12	15	12	12	5	5	3	82	3,3
	0–30	20	22	12	14	12	11	4	4	2	78	2,9
Дискование+вспашка	0–10	32	25	11	10	8	8	2	1	2	66	1,9
	10–20	28	18	13	12	10	10	4	3	2	71	2,2
	20–30	16	13	14	18	15	14	4	4	2	82	3,7
	0–30	22	20	13	14	11	11	4	3	2	76	2,8

Не менее важной характеристикой почвенной структуры является оценка водопрочности агрегатов. Проведенный анализ выявил, что в 2017 г. наибольшее количество водопрочных агрегатов было на вариантах без обработки почвы, что превышало показатели на дисковании на 17 %, на вспашке – на 9 % (таблица 19). Сопоставление имеющихся данных со шкалой С.И. Долгова и П.У. Бахтина показало, что на фоне прямого посева и вспашки по количеству водопрочных агрегатов структурное состояние пахотного слоя можно оценить, как удовлетворительное (от 55–40 % водопрочных агрегатов), на дисковании структурное состояние пахотного слоя было неудовлетворительным.

Таблица 19 – Степень водопрочности структуры почвы перед началом вегетации гороха в среднем за 2017–2019 гг., %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Годы исследований			
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее за 3 года
Прямой посев	0–10	65	59	58	61
	10–20	55	55	53	54
	20–30	17	19	16	17
	0–30	45	44	42	44
Дискование	0–10	45	55	48	49
	10–20	44	42	40	42
	20–30	26	28	29	28
	0–30	37	42	39	39
Дискование+вспашка	0–10	50	52	44	49
	10–20	33	39	35	36
	20–30	40	39	38	39
	0–30	41	42	39	41

Анализ степени водопрочность структуры в 2018–2019 гг. выявил, что наибольшее количество водопрочных агрегатов было на вариантах без обработки почвы, что превышало показатели на дисковании и вспашке на 2–3 %. Структурное состояние почвы по шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина по всем фонам обработки было удовлетворительное (40–55 % водопрочных агрегатов).

Анализ средних трехлетних данных выявил, что наибольшее количество водопрочных отмечалось на вариантах с прямым посевом. По всем фонам обработки структурное состояние почвы было удовлетворительное.

### 3.4 Влияние систем основной обработки на пористость почвы

Пористость почвы является одной из важнейших характеристик агрофизических показателей плодородия. Для нормального роста и развития растений строение пахотного горизонта считается оптимальным при соотношении объемов твердой фазы и общей пористости приблизительно 1 : 1 (Бочкарев Д.В. и др. 2017). От пористости почвы зависит передвижение воды в почве, водоподъемная способность, водопроницаемость, влагоемкость и воздухоемкость.

Ю.Г. Мищенко и И.Н. Масик (2016) приводят данные о том, что оптимальный водный и воздушный режим почвы и благоприятные условия для развития культур создаются при общей пористости на уровне 50–60 % от объема почвы. Общая пористость определяется суммарным отношением капиллярных и некапиллярных пор. При этом доля некапиллярных пор должна составлять от 12,5 до 30 %, капиллярной пористость на уровне 30–40 %, таким образом пористость почвы, как и плотность, имеет свои оптимальные характеристики.

А.И. Пупонин (1984) отмечал, что оптимальное значение некапиллярной пористости для гороха находится в пределах 15–20 %. А.В. Королев (1970) приводит данные, что поры аэрации должны составлять 10–15 % объема почвы, а общая скважность 50–60 %.

В земледелии для качественной оценки общей пористости принята шкала Н.А. Качинского, по которой пористость  $> 50$  % является наилучшей, а  $< 30$  % – весьма плохой. При обработке почвы в общей пористости увеличивается часть некапиллярной пористости, при ее уплотнении возрастает доля капиллярной части. Проведенные исследования показали, что изучаемые системы основной обработки почвы оказывали достоверное влияние на пористость почвы перед посевом гороха в 2017 г. (таблица 20).

Сопоставляя имеющиеся данные общей пористости со шкалой Н.А. Качинского можно отметить, что к посеву гороха по всем фонам обработки почвы она имела «наилучшее» значение  $> 50$  %. Наибольшая общая скважность была определена на прямом посеве. При сравнении со вспашкой в слое 0–30 см она была больше

в относительных значениях на 6 %, с дискованием – на 10 %. Послойный анализ общей пористости пахотного горизонта выявил, что наибольшей она была в слое 0–10 см, на всех вариантах в ниже лежащих слоях отмечалось ее постепенное снижение.

Таблица 20 – Пористость почвы перед посевом гороха в 2017 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	68,4	45,6	22,9	2,0
	10–20	68,3	45,8	22,5	2,0
	20–30	61,3	41,7	19,6	2,1
	0–30	66,0	44,4	21,7	2,1
	30–50	47,4	24,2	23,2	1,0
Дискование	0–10	71,2	48,0	23,3	2,1
	10–20	64,0	50,1	14,0	3,6
	20–30	57,2	47,6	9,6	4,9
	0–30	64,2	48,5	15,6	3,5
	30–50	46,7	21,6	25,1	0,9
Дискование + вспашка	0–10	72,5	29,1	43,5	0,7
	10–20	65,9	41,8	24,1	1,7
	20–30	58,5	43,1	15,4	2,8
	0–30	65,7	38,0	27,7	1,7
	30–50	47,3	21,6	25,7	0,8
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30		$F_{\phi} < F_T$	1,1	3,6	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50		$F_{\phi} < F_T$	0,7	1,8	

Анализ капиллярной скважности показал, что она варьировала в зависимости от слоя пахотного горизонта. На всех вариантах наибольшей она была в слое 0–10 от 47 до 50 %. Минимальная капиллярная пористость была в слое 20–30 см (39–43 %). В целом капиллярная пористость на всех вариантах обработки почвы превышало оптимальные пределы в 30–40 %

Наибольший объем некапиллярных пор отмечался на прямом посеве. В слое 0–30 см на варианте с дискованием их было меньше на 39 %, со вспашкой – на 41 %. Послойный анализ показателей некапиллярной пористости выявлял, что наибольшей она была в слое 20–30 см.

Анализ пористости почвы в середине вегетации гороха в 2017 г. выявил ее существенные уменьшения по всем вариантам (таблица 21). Значение скважности находилось в пределах 47–51 %, что близко к оптимальному значению.

Таблица 21 – Пористость почвы в фазу бутонизации гороха в 2017 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	46,6	34,5	12,1	2,9
	10–20	55,4	36,5	18,8	1,9
	20–30	51,4	32,4	19,0	1,7
	0–30	51,1	34,5	16,6	2,2
	30–50	44,1	19,5	24,6	0,8
Дискование	0–10	51,6	35,6	16,0	2,2
	10–20	50,5	33,8	16,7	2,0
	20–30	50,1	33,6	16,5	2,0
	0–30	50,7	34,3	16,4	2,1
	30–50	43,6	17,9	25,7	0,7
Дискование + вспашка	0–10	47,5	33,7	13,8	2,5
	10–20	48,9	31,3	17,6	1,8
	20–30	43,7	27,1	16,6	1,6
	0–30	46,7	30,7	16,0	2,0
	30–50	43,7	18,8	24,9	0,8
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,0	1,2	$F_{\phi} < F_T$	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,5	1,3	

Следует отметить, что объем капиллярных пор на прямом посеве, дисковании и вспашке находился на одинаковом уровне по всем слоям пахотного горизонта – 31–36 %. На вспашке он был ниже. Некапиллярная пористость в пахотном слое по всем вариантам была примерно одинаковой.

Восстановление равновесной плотности к уборке гороха в 2017 г. способствовала увеличению скважности на всех вариантах опыта (таблица 21). Наибольшей она была на варианте с прямым посевом, на дисковании показатель общей пористости был ниже на 12 %, на вспашке – на 5 %. Аналогичная закономерность отмечалась и в отношении капиллярной пористости.

Наибольший объем капиллярных пор был в слое 0–10 см на варианте с прямым посевом 50,8 %. На дисковании этот показатель был ниже на 26 %, на вспашке

– на 12 %. Большая некапиллярная пористость была на вспашке, по этому показателю вариант с дискованием уступал на 44 %, вариант с прямым посевом – на 16 %.

Таблица 22 – Пористость почвы перед уборкой гороха в 2017 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	61,4	50,8	10,6	4,8
	10–20	59,3	42,4	16,9	2,5
	20–30	58,4	43,3	15,1	2,9
	0–30	59,7	45,5	14,2	3,2
	30–50	42,2	18,0	24,2	0,7
Дискование	0–10	54,4	37,5	16,9	2,2
	10–20	51,2	34,5	16,7	2,1
	20–30	52,6	31,1	21,5	1,5
	0–30	52,8	34,4	18,4	1,9
	30–50	41,9	19,5	22,4	0,9
Дискование + вспашка	0–10	59,7	44,7	15,0	3,0
	10–20	54,9	32,6	22,4	1,5
	20–30	56,1	34,2	21,9	1,6
	0–30	56,9	33,8	23,1	1,5
	30–50	41,8	19,9	21,9	0,9
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,5	1,9	3,2	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	1,0	2,2	

В 2018 г. к посеву гороха закономерность по влиянию систем основной обработки почвы на общую пористость почвы несколько изменилась. В среднем пористость почвы пахотного горизонта по фонам обработки почвы находилась в пределах 54,9–61,2 % (таблица 23).

Послойный анализ общей пористости пахотного горизонта выявил, что на всех вариантах наибольшая она была в слое 0–10 см. Анализ капиллярной пористости выявил, что наибольшей она была на варианте со вспашкой. По этому показателю прямой посев уступал на 1,4 %, прямой посев на 2,5 %.

Таблица 23 – Пористость почвы перед посевом гороха в 2018 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	64,2	47,3	16,8	2,8
	10–20	59,9	43,4	16,5	2,6
	20–30	59,5	38,9	20,6	1,9
	0–30	61,2	45,3	15,9	2,8
	30–50	45,8	22,4	23,4	1,0
Дискование	0–10	56,9	48,8	8,0	6,1
	10–20	54,7	44,4	10,2	4,3
	20–30	53,3	41,1	12,2	3,4
	0–30	54,9	45,2	9,7	4,6
	30–50	45,1	21,9	23,2	0,9
Дискование + вспашка	0–10	60,7	50,2	10,5	4,8
	10–20	57,1	50,1	7,0	7,2
	20–30	56,9	43,4	13,5	3,2
	0–30	58,2	48,9	9,4	5,2
	30–50	46,2	22,8	23,4	1,0
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		2,2	1,0	3,0	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	

Наибольший объем некапиллярных пор был на прямом посеве, на дисковании он был ниже на 8,8 % абс., на вспашке – на 6,3 % абс. Следует отметить, что некапиллярная пористость на прямом посеве была примерно одинакова по всем слоям пахотного горизонта.

Как и в предыдущем году в середине вегетации гороха было снижение общей пористости пахотного горизонта на всех фонах обработки почвы (таблица 24).

Анализ капиллярной пористости в слое 0–30 см выявил, что наибольшей она была на прямом посеве. Варианты с дискованием и вспашкой уступали на 58 и 39 % отн. соответственно.

Распределение капиллярных пор по слоям пахотного горизонта в зависимости от систем основной обработки почвы также было различно. На прямом посеве капиллярная пористость между слоями 10–20 и 20–30 см существенно изменялась. На дисковании и вспашке резких колебаний показателя не отмечалось.



Таблица 24 – Пористость почвы в фазу бутонизации гороха в 2018 г, % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	53,9	17,1	36,8	0,5
	10–20	54,8	25,2	29,6	0,9
	20–30	58,4	23,5	34,9	0,7
	0–30	55,7	21,9	33,8	0,7
	30–50	43,4	21,1	22,3	0,9
Дискование	0–10	50,1	10,0	40,1	0,3
	10–20	50,9	9,1	41,9	0,2
	20–30	50,9	8,5	42,4	0,2
	0–30	50,6	9,2	41,5	0,2
	30–50	42,7	15,3	27,4	0,6
Дискование + вспашка	0–10	50,4	13,1	37,4	0,4
	10–20	54,8	15,4	39,4	0,4
	20–30	55,8	11,6	44,2	0,3
	0–30	53,7	13,4	40,3	0,3
	30–50	42,6	14,9	27,7	0,5
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,5	0,6	1,9	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,8	1,8	

Анализ некапиллярной пористости показал, что наименьший ее уровень был на прямом посеве, вариант с дискованием и вспашкой достоверно не различались по этому показателю.

Перед уборкой гороха в 2018 г. происходило некоторое увеличение общей пористости, максимальной она была на прямом посеве, на дисковании – ниже на 9 %, на вспашке – на 5 %. По всем вариантам отмечалось постепенное снижение пористости от верхних слоев к нижним (таблица 25).

Объем капиллярных пор в пахотном слое был больше на делянках без основной обработки почвы. На дисковании он снижался на 29 % отн., на вспашке – на 24 % отн.

Некапиллярная пористость в пахотном горизонте на дисковании и вспашке были примерно одинаковы и превосходили вариант с прямым посевом на 23 % отн.

Таблица 25 – Пористость почвы перед уборкой гороха в 2018 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	57,0	33,6	23,4	2,6
	10–20	56,7	33,3	23,4	1,7
	20–30	55,9	31,6	24,3	1,7
	0–30	56,5	32,8	23,7	1,9
	30–50	42,6	16,9	25,7	0,7
Дискование	0–10	53,5	24,2	29,3	1,2
	10–20	50,4	20,3	30,1	1,1
	20–30	50,4	18,5	31,8	0,8
	0–30	51,4	21,0	30,4	1,0
	30–50	41,4	15,1	26,3	0,6
Дискование + вспашка	0–10	56,3	30,1	26,2	1,7
	10–20	51,8	20,7	31,2	0,8
	20–30	53,4	21,1	32,3	0,9
	0–30	53,8	22,3	31,6	0,9
	30–50	42,8	18,6	24,2	0,8
<i>HCP<sub>05</sub> 0–30 см</i>		2,2	1,0	2,6	
<i>HCP<sub>05</sub> 30–50 см</i>		1,2	0,8	1,5	

Перед посевом в 2019 г. наибольшая общая скважность была определена на No-till. При сравнении со вспашкой в слое 0–30 см она была больше в относительных значениях на 6 %, с дискованием – на 10 %. Послойный анализ общей пористости пахотного горизонта выявил, что наибольшей она была в слое 0–10 см, на всех вариантах в нижележащих слоях отмечалось ее постепенное снижение (таблица 26).

Анализ капиллярной скважности показал, что она варьировала в зависимости от слоя пахотного горизонта. На всех вариантах наибольшей она была в слое 0–10 см – от 41 до 45 %. Минимальная капиллярная пористость была в слое 20–30 см (14–24 %). В целом капиллярная пористость на всех вариантах обработки почвы существенно не достигала оптимальных пределов в 30–40 %.

Наибольший объем некапиллярных пор отмечался на дисковании. В слое 0–30 см на варианте с прямым посевом их было меньше на 4 %, со вспашкой – на 5 %. Послойный анализ показателей некапиллярной пористости выявлял, что наибольшей она была в слое 0–10 см

Таблица 26 – Пористость почвы перед посевом гороха в 2019 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	64,4	23,9	40,5	0,6
	10–20	60,5	21,8	38,7	0,6
	20–30	60,3	20,8	39,5	0,5
	0–30	61,7	22,2	39,6	0,6
	30–50	43,2	19,0	24,2	0,8
Дискование	0–10	69,4	23,9	45,5	0,5
	10–20	60,0	15,8	44,2	0,4
	20–30	54,2	14,6	39,6	0,4
	0–30	64,2	21,1	43,1	0,5
	30–50	44,6	19,8	24,8	0,8
Дискование + вспашка	0–10	67,4	22,2	45,2	0,5
	10–20	60,3	23,6	36,7	0,6
	20–30	56,5	24,1	32,4	0,7
	0–30	65,7	27,6	38,1	0,7
	30–50	44,1	20,0	24,1	0,8
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,7	0,9	1,7	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,7	$F_{\phi} < F_T$	

Анализ пористости почвы в середине вегетации 2019 г. выявил ее существенные уменьшения по всем вариантам (таблица 26). Значение общей скважности в пахотном слое находилось в пределах 47–49 %.

Таблица 27 – Пористость почвы в фазу бутонизации гороха в 2019 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	45,6	20,9	24,7	0,9
	10–20	50,2	21,4	28,8	0,7
	20–30	50,7	21,2	29,5	0,7
	0–30	48,8	21,2	27,7	0,8
	30–50	41,2	13,7	27,5	0,5
Дискование	0–10	48,3	20,8	27,5	0,8
	10–20	47,2	18,3	28,9	0,6
	20–30	45,9	17,3	28,6	0,6
	0–30	47,1	18,8	28,3	0,7
	30–50	42,7	15,9	26,8	0,6

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Дискование + вспашка	0–10	52,6	18,8	33,8	0,6
	10–20	46,2	20,0	26,2	0,8
	20–30	42,9	21,0	21,9	1,0
	0–30	47,2	19,9	27,3	0,8
	30–50	42,4	16,2	26,2	0,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		$F_{\phi} < F_T$	0,4	$F_{\phi} < F_T$	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	1,1	$F_{\phi} < F_T$	

Следует отметить, что объем капиллярных пор на дисковании и вспашке находился на одинаковом уровне по всем слоям пахотного горизонта. На прямом посеве этот показатель был несколько больше (на 2–3 %). Некапиллярная пористость в пахотном слое по всем вариантам была примерно одинаковой.

Восстановление равновесной плотности к уборке гороха способствовала увеличению скважности на всех вариантах опыта (таблица 28). Наибольшей она была на варианте с прямым посевом.

Таблица 28 – Пористость почвы перед уборкой гороха в 2019 г., % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	44,2	30,9	13,3	2,3
	10–20	40,6	21,2	19,4	1,1
	20–30	38,7	21,2	17,5	1,2
	0–30	41,2	24,4	16,7	1,5
	30–50	41,0	13,7	27,3	0,5
Дискование	0–10	43,9	25,7	18,2	1,4
	10–20	37,9	20,9	17,0	1,2
	20–30	35,2	18,7	16,5	1,1
	0–30	39,0	21,8	17,2	1,3
	30–50	41,9	15,0	26,9	0,6
Дискование + вспашка	0–10	45,3	30,1	15,2	2,0
	10–20	36,5	19,4	17,1	1,1
	20–30	32,5	16,1	16,4	1,0
	0–30	38,1	21,9	16,2	1,4
	30–50	41,6	14,8	26,8	0,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,8	0,9	$F_{\phi} < F_T$	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,6	$F_{\phi} < F_T$	

На дисковании показатель общей пористости был ниже на 1,6 %, на вспашке – на 2,1 %.

Аналогичная закономерность отмечалась и в отношении капиллярной пористости. Анализ средних данных за 3 года исследований показал, что к посеву гороха общая пористость в слое 0–30 см по всем фонам обработки почвы в соответствии со шкалой Н.А. Качинского имела «наилучшее» значение > 50 % (таблица 29). Наибольшей она была на варианте без обработки почвы. Капиллярная пористость на всех вариантах превышала оптимальное значение. Пористость аэрации на всех вариантах была в пределах допустимой нормы – от 23 до 26 %. Наибольшей в опыте она была на прямом посеве и вспашке, на варианте с дискованием снижение данного показателя составляло 3 % абс. и 14 % отн.

Таблица 29 – Пористость почвы перед посевом гороха в среднем за 3 года, % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	65,7	38,9	26,7	1,8
	10–20	62,9	37,0	25,9	1,7
	20–30	60,4	33,8	26,6	1,5
	0–30	63,0	37,3	25,7	1,8
	30–50	45,5	21,9	23,6	0,9
Дискование	0–10	65,8	40,2	25,6	2,9
	10–20	59,6	36,8	22,8	2,8
	20–30	54,9	34,4	20,5	2,9
	0–30	61,1	38,3	22,8	2,9
	30–50	45,5	21,1	24,4	0,9
Дискование + вспашка	0–10	66,9	33,8	33,1	2,0
	10–20	61,1	38,5	22,6	3,2
	20–30	57,3	36,9	20,4	2,2
	0–30	63,2	38,2	25,1	2,5
	30–50	45,9	21,5	24,4	0,9
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,9	1,0	2,6	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,7	1,8	

Анализ пористости почвы к середине вегетации гороха выявил ее существенные уменьшения по всем вариантам (таблица 30).

Значение общей скважности находилось в пределах 49–52 %, что по шкале Н.А. Качинского является удовлетворительным. Наибольшая капиллярная пористость отмечалась на варианте с прямым посевом, некапиллярная на вспашке.

Таблица 30 – Пористость почвы в фазу бутонизации гороха в среднем за 3 года, % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	48,7	24,2	24,5	1,4
	10–20	53,5	27,7	25,7	1,2
	20–30	53,5	25,7	27,8	1,0
	0–30	51,9	25,9	26,0	1,2
	30–50	42,9	18,1	24,8	0,7
Дискование	0–10	50,0	22,1	27,9	1,1
	10–20	49,5	20,4	29,2	1,0
	20–30	49,0	19,8	29,2	0,9
	0–30	49,5	20,8	28,7	1,0
	30–50	43,0	16,4	26,6	0,6
Дискование + вспашка	0–10	50,2	21,9	28,3	1,1
	10–20	50,0	22,2	27,7	1,0
	20–30	47,5	19,9	27,6	1,0
	0–30	49,2	21,3	27,9	1,0
	30–50	42,9	16,6	26,3	0,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,2	0,7	1,9	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		$F_{\phi} < F_T$	0,8	1,4	

Перед уборкой гороха происходило увеличение общей пористости, максимальной она была на прямом посеве, на дисковании она была ниже в абсолютных значениях на 6,3 %, на вспашке на 3 %; в относительных – на 10 и 5 % соответственно. По всем вариантам отмечалось постепенное снижение пористости от верхних слоев к нижележащим.

Объем капиллярных пор в пахотном слое был больше на варианте со вспашкой, на дисковании и без обработки снижение составляло 9%. Наибольшая некапиллярная пористость была на варианте с нулевой обработкой.

Таблица 31 – Пористость почвы перед уборкой гороха в среднем за 3 года, % от объема почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Пористость, %			кп/нкп
		общая	капиллярная	некапиллярная	
Прямой посев	0–10	54,2	38,4	15,8	3,2
	10–20	52,2	32,3	19,9	1,8
	20–30	51,0	32,0	19,0	1,9
	0–30	52,5	34,2	18,2	2,2
	30–50	41,9	16,2	25,7	0,6
Дискование	0–10	50,6	29,1	21,5	1,6
	10–20	46,5	25,2	21,3	1,5
	20–30	46,1	22,8	23,3	1,1
	0–30	47,7	25,7	22,0	1,4
	30–50	41,7	16,5	25,2	0,7
Дискование + вспашка	0–10	53,8	35,0	18,8	2,2
	10–20	47,7	24,2	23,6	1,1
	20–30	47,3	23,8	23,5	1,1
	0–30	49,6	26,0	23,6	1,2
	30–50	42,1	17,8	24,3	0,7
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 0–30 см		1,8	1,2	2,9	
<i>HCP</i> <sub>05</sub> 30–50 см		1,2	0,8	1,8	

Анализ множественной регрессионной связи урожайности ( $Y$ ) и общей пористости в начале вегетации, в фазу бутонизации и перед уборкой показал схожие результаты в независимости от системы основной обработки почвы (уравнения 10–12):

$$Y_{\text{прямой посев}} = 0,02 + 0,407v_1 - 0,628v_2 + 0,219 v_3 \quad (10);$$

$$Y_{\text{дискование}} = 0,01 + 0,549v_1 - 1,22v_2 + 0,652 v_3 \quad (11);$$

$$Y_{\text{дискование+вспашка}} = 0,03 + 0,286 v_1 - 0,490v_2 + 0,221v_3 \quad (12).$$

Так наибольший вклад в урожайность культуры вносит показатель общей пористости перед посевом гороха. При использовании дискования урожайность существенно возрастает при увеличении общей пористости перед уборкой культуры.

Схожая тенденция отмечена и при анализе влияния пористости аэрации в различные фазы развития культуры на урожайность гороха (уравнения 13–15):

$$Y_{\text{прямой посев}} = 0,02 + 0,211v_1 - 1,06v_2 + 1,47 v_3 \quad (13);$$

$$Y_{\text{дискование}} = 0,02 + 0,137v_1 - 0,619v_2 + 0,871 v_3 \quad (14);$$

$$Y_{\text{дискование+вспашка}} = 0,02 + 0,145 v_1 - 0,283v_2 + 0,387v_3 \quad (15).$$

Следует отметить, что перед посевом культуры некапиллярная пористость в большей степени влияет на урожайность гороха на фоне прямого посева по сравнению со вспашкой и дискованием.

Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности культуры (Y) от общей пористости перед посевом гороха (16), в фазу бутонизации (17) и перед уборкой (18) представлено в виде уравнений второго порядка:

$$Y = 216 - 7,54v + 0,066v^2 \quad R^2 = 0,60 \quad (16);$$

$$Y = 6,17v - 0,064v^2 - 144 \quad R^2 = 0,172 \quad (17);$$

$$Y = 52,0 - 2,17v + 0,024v^2 \quad R^2 = 0,274 \quad (18).$$

Достоверное влияние на продуктивность культуры оказывает только общая пористость перед посевом, экстеремум функции на уровне 45–47 %, что согласуется с теоретическим оптимумом модели плодородия черноземных почв.

Пористость аэрации значимо влияет на урожайность как перед посевом (19), так и в фазу бутонизации гороха (20):

$$Y = -5,94331 + 1,03v - 0,020v^2 \quad R^2 = 0,626 \quad (19);$$

$$Y = 19,7 - 0,899v + 0,011v^2 \quad R^2 = 0,963 \quad (20);$$

$$Y = 1,29 + 0,515v - 0,016v^2 \quad R^2 = 0,456 \quad (21).$$

Проведенные исследования показывают, что в условиях лесостепи юга Нечерноземной зоны на черноземах плотность почвы, как важнейший агрофизический показатель, не является ограничивающим фактором применения нулевой обработки под горох.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что системы основной обработки почвы существенно влияют на содержание влаги в пе-



риод вегетации гороха. Прямой посев способствует лучшему накоплению, сохранению и распределению влаги в период вегетации при сравнении с вспашкой и дискованием. Плотность почвы также существенно изменяется в зависимости от системы основной обработки. В середине вегетации на дисковании и вспашке происходит значительное увеличение плотности по всему пахотному горизонту. На варианте с прямым посевом эта тенденция выражена менее значительно. Перед уборкой на всех системах основной обработки почвы плотность увеличивалась. Наибольшее количество агрономически ценных агрегатов, и наиболее высокая пористость с наименьшей дифференциацией по слоям пахотного горизонта также отмечалась на варианте с прямым посевом.

#### **4 ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

По мнению С.М. Вьюгина и Г.В. Вьюгиной (2012) оптимальное фитосанитарное состояние агроценозов может быть сформировано при комплексном внедрении научно обоснованных звеньев системы земледелия.

Е.Ю. Торопова и соавт. (2010, 2013) констатируют, что принцип фитосанитарии в системах земледелия, начиная с примитивных и экстенсивных форм и до настоящего времени, не был определяющим при их разработке и внедрении.

Звено обработки почвы в системах земледелия во многом определяет интенсивность появления, развития, распространения, вредоносность болезней растений, насекомых вредителей и сорняков (Чулкина В.А. 2000; Яковлев В.Х., 2003).

Регулирование фитосанитарного состояния агроценозов при кардинальном изменении системы обработки почвы в сторону минимализации на современном этапе развития земледелия заключается в разработке новых подходов, которые бы нивелировали возникающие отрицательные явления с минимальными экологическими рисками, высокой агрономической и экономической эффективностью (Марьин Г. С., 1998; Манишкин С.Г. и др., 2010).

Академики А.А. Жученко (2004), С.С. Санин (2013, 2016) отмечают, что «беспахотное» ресурсосберегающее земледелие сопровождается осложнением фитосанитарной обстановки. По мнению ученых в России применительно к аграрным районам страны нет значительных исследований, «в которых научно обосновывалось то, в каких регионах, на каких почвах, каких полях, с использованием каких методов и средств защиты их следует применять».

Академик В.И. Кирюшин (1996) отмечал, что на плодородных и высококультуренных почвах, равновесная плотность которых находится в оптимальных пределах для роста и развития сельскохозяйственных культур, механическая обработка в первую очередь выполняет регулирующую роль в поддержании фитосанитарного состояния фитоценозов.

Следуя принципу «оптимизации действия звеньев системы земледелия на фитосанитарное состояние посевов и насаждений» А. Ф. Сафонов при обосновании, разработке и рекомендации элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур необходима их фитосанитарная оценка чему и посвящена данная глава диссертационной работы.

Фитосанитарное состояние современных агроценозов ухудшается во многом из-за сокращения разнообразия возделываемых культурных растений и перехода к ограниченному их набору (Ratnadass A. et al., 2012; Wenda-Piesik A., Piesik D, 2021).

#### **4.1 Влияние систем основной обработки почвы на видовой спектр и обилие сорных растений в посевах гороха**

Осложнение фитосанитарной обстановки в агрофитоценозах, в особенности по сорным растениям при введении ресурсосберегающей обработки почвы, являлось одной из главных причин неприятия ее со стороны оппонентов, а нередко и полному сворачиванию программ по ее внедрению.

Первые научные исследования по минимизации обработки почвы, проведенные И.Е. Овсинским (1911), огульно были названы прожекторскими и подвергнуты резкой критике из-за высокой засоренности посевов (Соколов Н.С., 1935). Ресурсосберегающая система обработки почвы для юго-востока России обоснованная и разработанная академиком Н.М. Тулайковым, по причине усиления засоренности посевов была объявлена вредительской и запрещена (Авальбаев М.С., 1998). Из-за осложнения фитосанитарной обстановки не получила широкого распространения почвозащитная система земледелия, предложенная Т.С. Мальцевым (1971), а после его ухода даже в колхозе «Заветы Ильича», где многие годы работал народный академик перешли на классическую вспашку (Тегесов Д.С., 2017).

В современных условиях, когда арсенал земледельца ежегодно пополняется новыми высокоэффективными пестицидами, проблема фитосанитарной напряженности при проведении ресурсосберегающих обработок почвы во многом снимается.

В научном и практическом земледелии сложилось устойчивое мнение о том, что при отвальной обработке почвы формируется более благоприятное фитосанитарное состояние посевов по сравнению с приемами мелкой, поверхностной обработки почвы и прямым посевом. (Нарушев В.Б. и др., 2015; Чекмарева Л.И. и др., 2015; Акимов Т.А., 2016). Так, Г.И. Баздырев с соавт. (2004), Н.Г. Власенко с соавт. (2012) приводят данные, что отвальная вспашка снижает засоренность посевов на 50–60 %.

Это положение подтверждается многолетними сравнительными анализами сорной растительности по видовому спектру и обилию, проведенными Т.Ф. Зайчиковой (2005), Д.В. Бочкаревым и соавт. (2006, 2011, 2013, 2016), Д.В. Бочкаревым (2013, 2015), Н.В. Смолиным и соавт. (2013) за 90 летний период при разном уровне и степени антропогенного воздействия на почву. Авторами убедительно доказано, что внедрение культурной вспашки плугом с предплужником на механической тяге в середине 30-х гг. XX века способствовало снижению численности сорных растений в среднем по культурам и парам со 166 до 61 шт./м<sup>2</sup>. Дальнейшая интенсификация земледелия и применение наряду со вспашкой гербицидов из группы 2,4-Д и их производных способствовали уменьшению засоренности посевов до 43 шт./м<sup>2</sup> к середине 80-х гг. XX века. Однако даже при значительном снижении общей засоренности посевов за счет проведения системной многолетней культурной вспашки число сорных растений из основных вредоносных биогрупп корнеотпрысковой, корневищной, зимующей, яровой поздней и ранней всегда превышала экономический порог вредоносности (Никольский А.Н. и др., 2020). Таким образом, достичь оптимального фитосанитарного состояния только за счет агротехнических мероприятий не удалось.

По мнению Ю.Я. Спиридонова (2000, 2007), Д.В. Бочкарева (2015), Н.Н. Луновой (2020) мониторинг видового состава и плотности произрастания сорных растений очень важен для прогнозирования их распространения в агрофитоценозах, разработке мероприятий по снижению обилия и оценке ущерба. Академик Ю.Я. Спиридонов (2007) отмечал, что каждая сельскохозяйственные культуры в опреде-

ленных климатических условиях имеет специфический спектр сорной растительности. При этом видовой состав и обилие во многом определяется технологией ее возделывания.

Исследователи О.А. Савоськина с соавт (2011), Н.Г. Власенко с соавт. (2013), М.Н. Кудрявцева (2014) отмечают, что обработка почвы во многом определяет видовой состав сорных растений и их пути распространения.

В опытах В.Д. Полина и И.Ф. Биналиева (2021) (Московская область) приводятся данные, что по вспашке в посевах яровых зерновых культур возростала численность мари белой, сушеницы топяной, торицы обыкновенной. На прямом посеве увеличивалось обилие мятлика обыкновенного, мелколепестника канадского, костра полевого, подорожника большого.

В экспериментах Г.Ф. Мантровой и Л.А. Зайковой (2009) в лесостепи южного Урала при минимальной обработке почвы в посевах гороха возростала плотность популяции дымянки лекарственной, лебеды раскидистой, ежовника обыкновенного, подмаренника цепкого, рыжика мелкоплодного, осота полевого. По фону отвальной обработки увеличивалось количество горца шероховатого, щирицы запрокинутой, горца вьюнкового, вьюнка полевого.

В исследованиях иностранных авторов R. G. Wilson (1993), S. A. Reuss и соавт. (2001), D. R. Shaw (2009) приводятся данные, что система обработки почвы влияет на видовой состав сорняков. Так, по данным исследователей вспашка увеличивала обилие подсолнечника однолетнего, поверхностная обработка (дискование) – щирицы запрокинутой, прямой посев – скерды кровельной, одуванчика лекарственного, мелколепестника канадского и др.

По мнению ведущих ученых в области защиты растений – М.С. Соколова, С.С. Санина, В.И. Долженко, Ю.Я. Спиридонова, А.П. Глинушкина, С.Д. Каракотова, В.Д. Надыкты – фитосанитарная стабилизация агроценозов, основанная на адаптивно-интегрированной защите растений является важнейшим направлением стабилизации растениеводческой отрасли. В особенности это относится к снижению плотности популяций экономически значимых видов сорных растений, фитофагов, фитопатогенов.

Проведенные исследования показали, что в агрофитоценозах гороха за годы исследования было выявлено 42 вида сорных растений (таблица 32).

Таблица 32 – Доминирующие виды сорных растений в зависимости от системы основной обработки почвы, в 2017–2019 гг., % от общего числа на м<sup>2</sup>

Вариант опыта					
Дискование+вспашка	%	Дискование	%	Прямой посев.	%
Вьюнок полевой	4	Трехреберник непахучий	10	Трехреберник непахучий	13
Звездчатка средняя	3	Хвощ полевой	5	Хвощ полевой	5
Пикульник обыкновенный	3	Подмаренник цепкий	3	Подмаренник цепкий	5
Бодяк щетинистый	2	Осот полевой	3	Осот полевой	5
Горец вьюнковый	2	Бодяк щетинистый	3	Звездчатка средняя	4
Марь белая	2	Звездчатка средняя	2	Щетинник сизый	3
Горох полевой	2	Щетинник сизый	2	Ярутка полевая	3
Дымянка лекарственная	2	Пастушья сумка	2	Пастушья сумка	3
Хвощ полевой	1	Пикульник двунадрезный	2	Фиалка полевая	3
Подмаренник цепкий	1	Чистец однолетний	2	Пикульник двунадрезный	3
Пикульник двунадрезный	1	Вьюнок полевой	2	Чистец однолетний	3
Чистец однолетний	1	Мелкопестник канадский	2	Вьюнок полевой	3
Овсюг обыкновенный	1	Овсюг обыкновенный	2	Мелкопестник канадский	3
Фиалка полевая	1	Чистец болотный	2	Овсюг обыкновенный	2
Редька дикая	1	Горец вьюнковый	2	Пырей ползучий	2
Щетинник зеленый	1	Марь белая	2	Пикульник обыкновенный	2
Мальва приземистая	1	Ярутка полевая	1	Чистец болотный	2
Пикульник красивый	1	Фиалка полевая	1	Бодяк щетинистый	2
Трехреберник непахучий	0	Редька дикая	1	Горец вьюнковый	1
Осот полевой	0	Щетинник зеленый	1	Редька дикая	1

В растительных сообществах отмечалась существенная динамика численности и видового состава, связанная с погодичной разницей погодных условий. Наибольшим видовой спектр был в оптимально увлажненном 2017 г. (33–38 видов),

наименьшим – в острозасушливом 2018 г. (20–26 видов) в зависимости от фона обработки почвы.

Аналогичные экотопические флуктуации сорного сообщества выявлены А.Н. Никольским с соавт. (2012): при оптимальном уровне увлажнения отмечался более широкий видовой состав и высокая плотность популяций сорняков. При этом ядро вредоносных видов, свойственных определенному уровню агротехники, всегда сохранялось.

Анализ видового состава экономически значимых видов сорных растений на индикаторных полосах, где не применялась система гербицидов, показал, что в условиях прямого посева и дискования значительную плотность популяции, в разы превышающие экономические пороги вредоносности, имели трехреберник непахучий, хвощ полевой (ЭПВ 2–3 шт./м<sup>2</sup>), подмаренник цепкий, вьюнок полевой (ЭПВ 2–3 шт./м<sup>2</sup>), бодяк щетинистый (ЭПВ 1–2 шт./м<sup>2</sup>), осот полевой (ЭПВ 1–2 шт./м<sup>2</sup>) (см. таблица 31).

По фону отвальной обработки почвы целый ряд видов сорных растений превышал экономические пороги вредоносности, в частности вьюнок полевой, бодяк щетинистый, пикульник обыкновенный (ЭПВ 4–5 шт./м<sup>2</sup>), марь белая (ЭПВ 1–3 шт./м<sup>2</sup>), горца вьюнкового (ЭПВ 5–7 шт./м<sup>2</sup>).

При этом такие виды как осот полевой, трехреберник непахучий, хотя и фиксировались достаточно часто, но имели плотность популяций ниже ЭПВ.

Таксономический анализ сорной растительности на вариантах со вспашкой показал, что за годы исследований были выявлены представители 17 семейств. Семейства астровые, яснотковые и мятликовые включали от 5 до 7 видов, а 10 семейств: мареновые, хвощовые, мальвовые, дымяноквые, гвоздичные и др. имели по одному видовому представителю (рисунок 1).

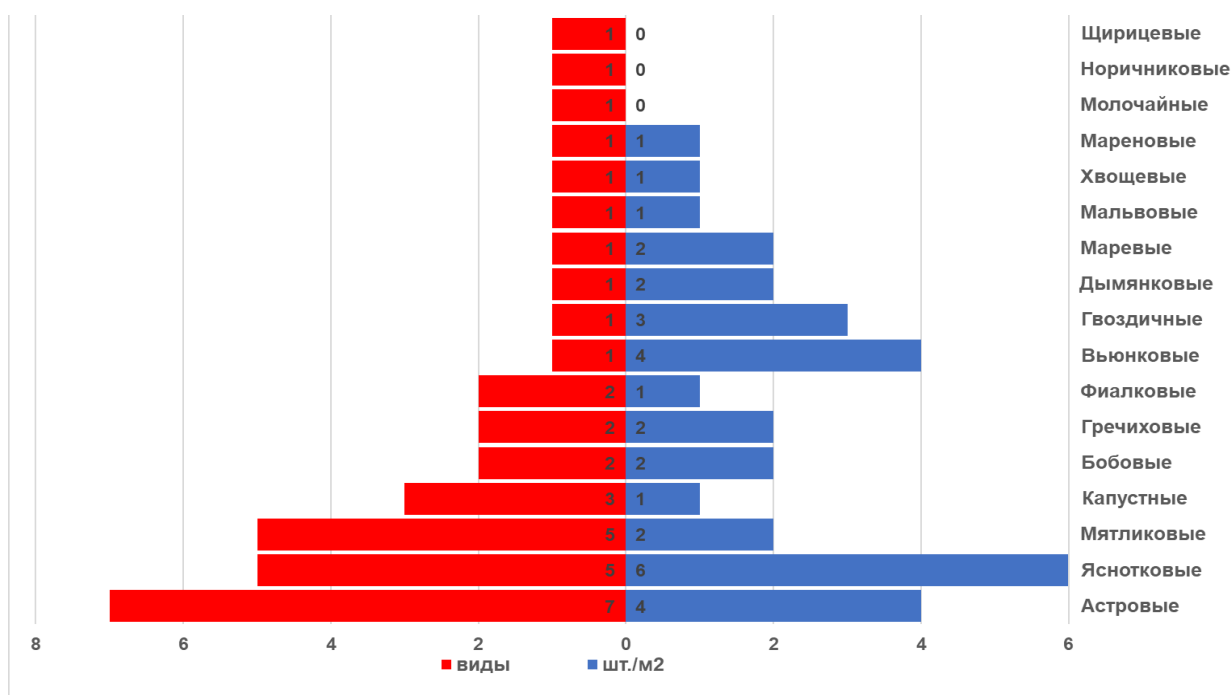


Рисунок 1 – Плотность популяции сорняков и количество видов отдельных семейств по фону дискование+вспашка (2017–2019 гг.)

Иная закономерность складывалась при анализе плотности популяций видов сорных растений. Наибольшее обилие в сложившихся экологических условиях имели яснотковые, в среднем до 6 шт./м<sup>2</sup>. Равное положение занимали представители семейства астровых, вьюнковых и гвоздичных.

Иная закономерность таксономической структуры складывалась при минимальной обработке почвы. Наиболее значительными по количеству видов были астровые, мятликовые и яснотковые (5–9 видов). К монотипным также относилось 10 семейств (рисунок 2).

Наибольшее обилие при количественных учетах имели представители семейства астровые (до 18 шт./м<sup>2</sup>), мятликовые, яснотковые и хвощовые. Представители норичниковых, молочайных, кипрейных фиксировались только при визуальных учетах.

По фону прямого посева, как по числу видов, так и по количеству особей на единице площади доминировало семейство астровых. Капустные, мятликовые, яснотковые включали 4–5 видов. Вьюнковые, гвоздичные, хвощовые, мареновые и гречиховые хотя и были монотипными, но имели значительную плотность популяции при количественных учетах (рисунок 3).



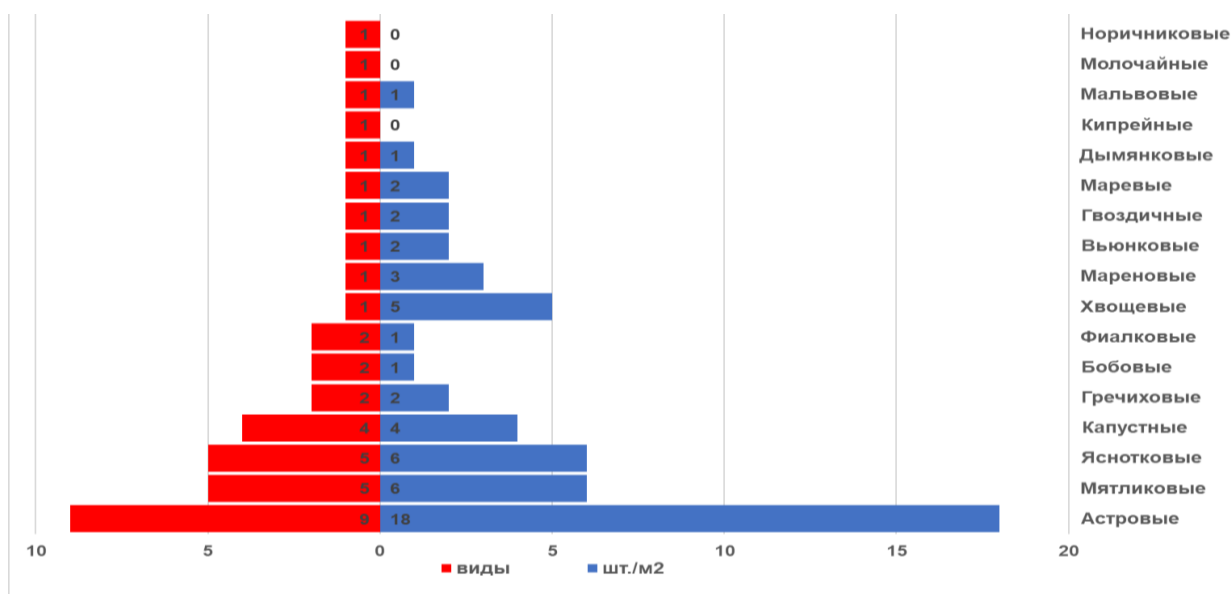


Рисунок 2 – Плотность популяции сорняков и количество видов отдельных семейств по фону дискования

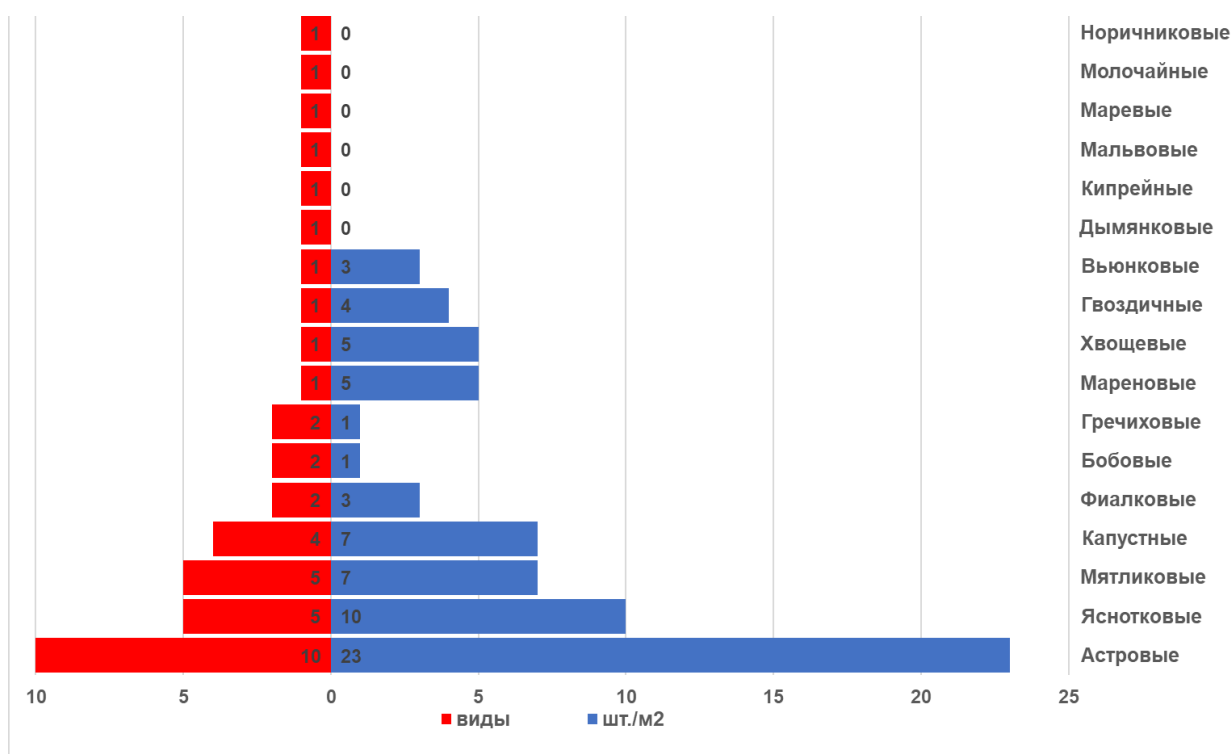


Рисунок 3 – Плотность популяции сорняков и количество видов отдельных семейств по фону прямого посева

Следует отметить, что фоны обработки почвы значительно не влияли на изменение видового состава сорных растений в годы с достаточной степенью осадков выпавших за вегетацию. Это подтверждается коэффициентами сходства Жаккара и

Сьеренсена – Чекановского в 2017 и 2019 гг., которые находились на уровне 0,69–0,89 и 0,85–0,93 соответственно (таблица 33).

Таблица 33 – Коэффициенты общности сорного компонента агрофитоценоза гороха при различных системах основной обработки почвы

Вариант опыта	Коэффициент					
	Жаккара			Сьеренсена–Чекановского		
	Дискование+вспашка	Дискование	Прямой посев	Дискование+вспашка	Дискование	Прямой посев
2017 г						
Дискование +вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,79*	1,00		0,89*	1,00	
Прямой посев	0,80*	0,89*	1,00	0,89*	0,91*	1,00
2018 г.						
Дискование +вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,64	1,00		0,67	1,00	
Прямой посев	0,45	0,69*	1,00	0,63	0,81*	1,00
2019 г.						
Дискование +вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,81*	1,00		0,88*	1,00	
Прямой посев	0,69*	0,81*	1,00	0,85*	0,93*	1,00

\*– коэффициенты значимы на уровне  $p \leq 0,05$

В более засушливых условиях 2018 г. видовое сходство сорного компонента агрофитоценозов гороха было статистически недостоверным.

В современных условиях завершающим этапом таксономического анализа сорного компонента агрофитоценоза является определение его принадлежности к классам покрытосеменных растений (систематическому положению), так как основным наиболее эффективным методом снижения обилия сорных растений выступает химический метод, и по спектру действия гербициды разделяются на две группы: противодвудольные и противозлаковые (однодольные) (таблица 34).

Анализ показал, что наибольшее распространение по всем изучаемым фонам обработки почвы имели двудольные малолетние и двудольные многолетние растения. По численности на единице площади они составляли по фону вспашки – 74 %, дискования – 80 %, прямого посева – 83 %.

Таблица 34 – Влияние систем обработки почвы на таксономическую структуру сорных растений в посевах гороха, 2017–2019 гг.

Биологическая группа сорных растений	Дискование +вспашка		Дискование		Прямой посев	
	ВИДОВ, шт.	шт./м <sup>2</sup>	ВИДОВ, шт.	шт./м <sup>2</sup>	ВИДОВ, шт.	шт./м <sup>2</sup>
Однодольные малолетние	4	2	4	6	4	5
Однодольные многолетние	1	0	1	0	1	2
Двудольные малолетние	21	21	22	33	22	45
Двудольные многолетние	9	8	11	10	12	12
Хвощевые	1	1	1	5	1	5
Всего	36	32	39	54	40	69

Малолетние однолетние однодольные (злаковые) по фону вспашки занимали всего 6 %, на дисковании и прямом посева – 11 и 10 % соответственно. Значительную долю по фону минимальной обработки и прямом посева занимали хвощевые (7–9 % от общего числа сорных растений на единице площади).

При сравнительном анализе общей засоренности по фонам обработки почвы выявлено, что наибольшей она была на прямом посева. На дисковании число сорных растений было меньше на 22 %, по вспашке – на 54 %. Количество малолетних однодольных по фону отвальной обработке было меньше на 60 и 50 % при сравнении с минимальной обработкой и прямым посевом, малолетних двудольных – на 36 и 56 %, многолетних двудольных – на 28 и 33 % соответственно.

Агробиологический анализ сорной растительности в посевах гороха выявил, что в агроценозах отмечены представители одного биотипа – автотрофы и двух биоподтипов. Малолетние были представлены четырьмя био группами, многолетние – тремя (таблица 35).

По вспашке из малолетних доминировала группа яровых ранних 68 % от общего числа растений на единице площади. На дисковании и прямом посеве значительную плотность популяции, благодаря более благоприятным условиям их развития в послеуборочный период, имели зимующие виды – 49 и 40 % соответственно.

Таблица 35 – Группировка сорных растений по биоподтипам и биогруппам при разных системах основной обработки почвы 2017–2019 гг., шт./м<sup>2</sup>

Группа сорняков	Вариант опыта		
	Дискование +вспашка	Дискование	Прямой посев
<b>Малолетние</b>	<u>23</u>	<u>39</u>	<u>50</u>
в том числе:	<u>25</u>	<u>25</u>	<u>25</u>
Эфемеры	<u>3</u> 1	<u>2</u> 1	<u>4</u> 1
Яровые ранние	<u>17</u> 13	<u>14</u> 13	<u>13</u> 13
Яровые поздние	<u>1</u> 4	<u>4</u> 3	<u>3</u> 3
Зимующие	<u>2</u> 7	<u>19</u> 8	<u>30</u> 8
<b>Многолетние</b>	<u>9</u>	<u>15</u>	<u>19</u>
в том числе:	11	14	15
Корневищные	<u>1</u> 4	<u>7</u> 4	<u>9</u> 4
Корнеотпрысковые	<u>8</u> 6	<u>8</u> 8	<u>10</u> 8
Стержнекорневые	<u>0</u> 1	<u>0</u> 2	<u>0</u> 3
Всего	<u>32</u> 36	<u>54</u> 39	<u>69</u> 40

При равном спектре видов, варианты с нулевой и минимальной обработкой почвы значительно превосходили вспашку по численности корневищных видов на единице площади в 7–9 раз.

По обилию корнеотпрысковых растений уровень засоренности был примерно равный. Стержнекорневые виды в учетные рамки попадали очень редко и фиксировались в основном при визуальных учетах.

Анализ ранговой корреляции показателей обилия сорняков на разных вариантах обработки показал, что статистически значимая тесная связь во все годы исследований была между вариантами с прямым посевом и дискованием (0,48–0,68

по Спирмену и 0,39–0,56 по Кендаллу) (таблица 36). Значительно меньшие значения эти параметры составляли при сравнении популяций сорняков на вспашке с другими вариантами.

Таблица 36 – Коэффициенты ранговой корреляции обилия видов сорных растений в агрофитоценозе гороха при различных системах основной обработки почвы

Вариант опыта	Ранговые корреляции Спирмена			Тау корреляции Кендалла		
	Дискование+вспашка	Дискование	Прямой посев	Дискование+вспашка	Дискование	Прямой посев
2017 г.						
Дискование+вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,16	1,00		0,17	1,00	
Прямой посев	0,06	0,68*	1,00	0,07	0,56*	1,00
2018 г.						
Дискование+вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,07	1,00		0,11	1,00	
Прямой посев	0,03	0,66*	1,00	0,03	0,58*	1,00
2019 г.						
Дискование+вспашка	1,00			1,00		
Дискование	0,24	1,00		0,12	1,00	
Прямой посев	0,09	0,48*	1,00	0,04	0,39*	1,00

\*– коэффициенты значимы на уровне  $p \leq 0,05$

Анализ диаграммы сорного компонента методом главных компонент иллюстрирует их связь с различными погодными условиями вегетации и влиянию систем основной обработки почвы на плотность популяции отдельных видов.

Наиболее значимыми для фактора 1 (PC1) оказались плотности популяции следующих сорных видов (ранжированы по убыванию параметра «importance» – важность) – трехреберник непахучий, подмаренник цепкий, хвощ полевой, как виды сохраняющие обилие при дисковании и прямом посеве. Для фактора 2 (PC2) наибольший вклад в изменчивость компонента внесли вьюнок полевой, бодяк щетинистый, марь белая, сохраняющие обилие при вспашке.

Проведенный учет и анализ сорных растений, присутствовавших в посевах гороха, показал, что по вспашке засоренность была достоверно ниже, чем на дисковании на 41 %, на прямом посеве – на 54 %. При этом численность сорных растений на вспашке по

целому ряду злостных видов превышала экономические пороги вредности, что говорит о необходимости проведения комплекса защитных мероприятий. Таксономический анализ сорной растительности показал, что основу ценоза по всем фонам обработки составляли малолетние и многолетние двудольные сорные растения из семейства астровых, яснотковых, капустных, мятликовых и др. По фону дискования и прямого посева из малолетних доминировали зимующие виды, на вспашке яровые ранние. Варианты без обработки почвы и с ее минимализацией превосходили отвальную обработку по количеству корнеотпрысковых растений. Уровень корневищных видов был примерно одинаковым.

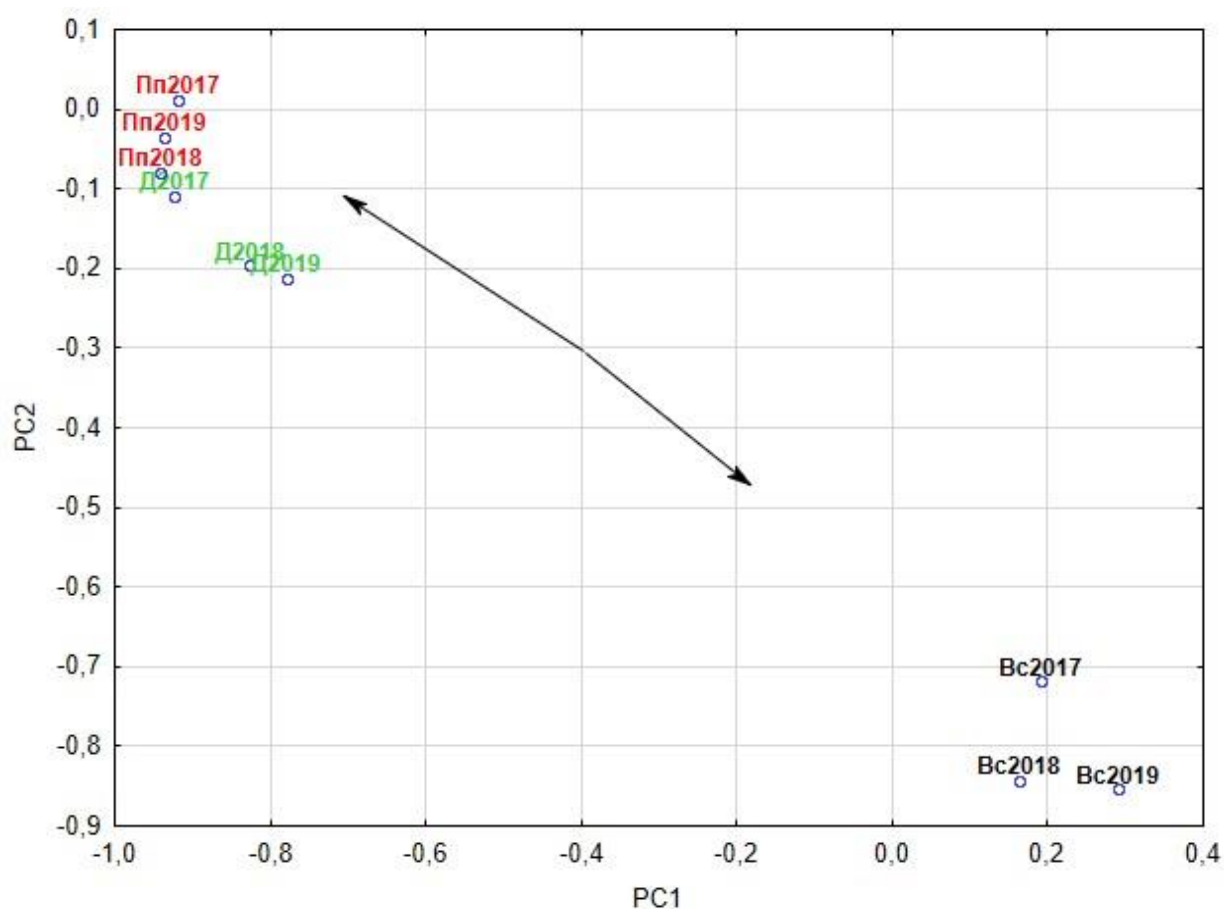


Рисунок 4 – Диаграмма расположение сорного компонента агрофитоценоза гороха методом главных компонент (PC1 и PC2)

#### 4.2 Влияние систем основной обработки почвы на распространение и развитие грибных заболеваний в посевах гороха

Исследователи А.М. Шпанев, А.Б. Латиева (2010) отмечают, что с позиции фитосанитарии горох является одной из самых уязвимых сельскохозяйственных

культур. Авторы сообщают, что в посевах создается ежегодная угроза повреждения не менее чем двумя вредоносными объектами одновременно. Это делает применение фунгицидов неотъемлемым элементом в технологии возделывания гороха. Зарубежные исследователи отмечают, что зернобобовые культуры, включая горох (*Pisum sativum* L.), существенно снижают урожайность при воздействии на них комплекса грибных патогенов (Allard et al., 1993; Kraft, 1994; Stegmark, 1994; Porta-Puglia A., Aragona M., 1997).

По мнению А.Б. Лаптиева, О.В. Кунгурцевой (2016), до недавнего времени основу патогенного комплекса гороха составляли возбудители, обитающие в почве, такие как фузариоз и аскохитоз. В условиях фитосанитарной дестабилизации обострились грибные заболевания, передающиеся аэрогенным путем, в частности ржавчина.

По мнению Г.А. Борзенковой (2012) в условиях Нечерноземной зоны ржавчина гороха изучена недостаточно, при этом развитие и распространение этого заболевания на культуре очень высоко. Так, в 2010 г. в условиях Орловской области (юг Нечерноземья) развитие болезней имело эпифитотийный характер.

Академик В.И. Кирюшин (1996) писал: «В экологическом аспекте система обработки почвы должна носить ярко выраженный характер минимализации». На почвах, где равновесная плотность имеет оптимальные значения для возделываемых в зоне сельскохозяйственных культур, во многом значение обработки почвы – регулирование фитосанитарного состояния в агроценозах.

М.В. Боровой с соавт. (2011) отмечают, что для стабилизации фитосанитарной обстановки в агроценозах необходимо изучение комплекса патогенов, возникающих при возделывании культуры.

Н.Г. Власенко и соавт. (2014) в многолетних стационарных опытах при сравнении традиционной зяблевой плоскорезной обработки и No-till убедительно доказали, что развитие аэрогенных инфекций, таких как ржавчина, напрямую зависит от уровня увлажнения и температурного режима, при этом приемы обработки почвы не оказывали достоверного влияния на данный показатель и при отсутствии

системы защитных мероприятий интенсивность развития таких заболеваний доходила до 100 %.

Ржавчина обычно возникает фазу образования семян в Европе и Австралии, вызывая снижение урожайности до 20 % (Sillero et al., 2011), существенное распространение ржавчины на ранних этапах развития гороха может привести к потере до 70 % урожая культуры (Rashid and Bernier, 1991).

В годы исследований доминирующим видом ржавчины в посевах гороха был *Uromyces pisi* (Pers.) de Bary. Общеизвестно, что это биотрофный двудомный базидиальный гриб. Эцидиальная стадия гриба проходит на видах рода *Euphorbia*, в пределах закладки опыта повсеместно произрастает *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit, часть побегов которого в пределах многолетнего корневища имеют системное заражение мицелием ржавчины. Эциоспоры распространяются анемохорно, запуская растения гороха. Образование первичных инфекционных структур и заражение гомологично уредоспорам. Начальное проявление уредоспороношения происходит в нижнем ярусе, как правило к фазе бутонизации – начале цветения.

Погодные условия 2017 г. были наиболее благоприятными для оценки влияния систем основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха. Определение распространения заболевания показало, что в фазе цветения на всех фонах обработки почвы были выявлены пораженные растения, чему способствовали как благоприятные погодные условия, так и развитие растений молочной лозного как на посевах, так и сопредельных экотонах и лесных полосах (таблица 37).

Минимальным распространение ржавчины было на прямом посеве, что связано с меньшей густотой стояния растений гороха. Образование первичных инфекционных структур – ростковых гиф, апрессориев происходит при наличии капельножидкой воды, при затяжных дождях или выпадении росы, для эффективного заражения требуется от 5 ч непрерывного увлажнения. При разреженном стеблестое и лучшей аэрации посева, вода высыхает быстрее, и первичные инфекционные структуры гибнут до инвазии в подустыичное пространство.



На дисковании и вспашке пораженных растений было больше на 5–12 % абс. или 7–16 % отн. Степень развития в этот период была ниже экономических порогов вредоносности, установленных на уровне 10 %.

Таблица 37 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие ржавчины гороха, в 2017 г., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	76	84	90	100
Дискование	81	93	96	100
Дискование+вспашка	88	96	100	100
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	5	3	3	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Развитие в нижнем ярусе листьев, %				
Прямой посев	3	33	55	64
Дискование	3	27	49	60
Дискование+вспашка	6	32	62	72
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	1	1	3	3

К фазе зеленой спелости семян гороха распространение заболевания усиливалось. Наименьшим оно было на фоне прямого посева. Между фонами минимальной и отвальной обработки достоверных различий по распространённости заболевания выявлено не было. Степени проявления заболеваний на растениях показало, что в условиях оптимума увлажнения по всем фонам обработки почвы оно в 3 раза превышало экономический порог вредоносности. Минимальным данный показатель был на дисковании, на варианте без обработки почвы и вспашке развитие патогена было больше на 5–6 % абс.

К фазе белковой и полной спелости семян достоверных различий по распространению ржавчины на растениях гороха по фонам обработки почвы выявлено не было – оно достигло максимальных значений. В этот период отмечается максимальная уредоспоруляция, что обеспечивает высокую плотность пропагул в воздухе и равномерность заsporения. Эффективность повторного заражения среднего яруса посева зависит от экологического аспекта, продолжительности увлажнения.

В нижнем и частично в среднем ярусе происходит формирование покоящихся темных телиоспор, телиопустулах или в пределах стареющей уредопустулы. Телиоспоры инертны к гороху.

Интенсивность развития болезни также увеличивалась, переходя с нижних на верхние и средние ярусы и генеративные органы растений. Из-за большей густоты стояния и облиственности, наибольшим она была на вспашке 62–72 %. По фону минимальной обработки почвы и прямого посева к фазе белковой спелости семян развитие болезни было ниже на 7–13 % абс., или 11–21 % отн. К полной спелости зерна достоверных различий между прямым посевом и дискованием не отмечалось, по фону вспашки данный показатель был больше на 8–12 % абс., или 11–17 % отн.

Погодные условия 2018 г. имели резкий контраст по сравнению с предыдущим годом. В виду острого недостатка влаги в течение вегетационного периода проявление ржавчины на горохе и ее распространение было значительно ниже (таблица 38).

Таблица 38 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие ржавчины гороха, в 2018 г., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	38	52	60	67
Дискование	25	42	54	64
Дискование+вспашка	24	39	47	52
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	2	2	2	4
Развитие в нижнем ярусе листьев, %				
Прямой посев	5	9	15	18
Дискование	5	10	17	18
Дискование+вспашка	4	9	15	17
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

К фазе конца цветения достоверно выше количество больных растений было по фону, где обработка почвы не проводилась – на 13–14 % абс. выше, чем на дисковании и вспашке. Худшие условия обеспечения растений влагой способствовали преждевременному отмиранию нижнего яруса листьев гороха на фоне дискования и вспашки и

как следствие меньшему проявлению заболевания. Развитие ржавчины по всем фонам обработки достоверно не различалось и было ниже экономических порогов вредоносности. К фазе зеленой спелости семян закономерность распространения патогена в зависимости от обработки почвы сохранялась. Уровень экономического порога вредоносности ржавчины гороха был достигнут на всех изучаемых вариантах, при этом достоверных различий по этому показателю выявлено не было.

К фазе белковой спелости и полной спелости семян минимальное количество больных растений было по фону вспашки. По фону дискования и прямого посева таких было больше на 7–12 % абс. и 13–15 % отн. соответственно. По степени развития ржавчины, все изучаемые фоны обработки почвы не имели статистически подтвержденных различий.

Погодные условия 2019 г. занимали промежуточное положение. Начальный период вегетации характеризовался недостатком увлажнения. К фазе цветения на варианте без обработки почвы число больных растений было больше при сравнении с минимальной обработкой на 4 % абс., или 11 % отн., вспашкой – на 3 % абс., или 8 % отн. интенсивности развития заболеваний на прямом посеве и дисковании была выше, чем на вспашке, но не достигало экономического порога вредоносности по всем вариантам (таблица 39).

Таблица 39 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие ржавчины гороха, в 2019 г., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	семян спелость		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	40	51	74	85
Дискование	36	46	62	66
Дискование+вспашка	37	48	70	81
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	2	2	4	3
Развитие в нижнем ярусе листьев, %				
Прямой посев	3	4	12	25
Дискование	3	4	8	10
Дискование+вспашка	1	3	11	24
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	2	2

К фазе зеленой спелости семян закономерность по действию изучаемого фактора на распространенность ржавчины сохранялась, а интенсивность развития не дошла до экономического порога вредоносности.

К белковой и полной спелости семян минимальное число больных растений было на фоне дискования. Варианты со вспашкой и прямым посевом достоверно превосходили на 8–12 % абс. и 15–19 % отн. Развитие заболевания по фону дискования не достигло экономического порога вредоносности. На прямом посеve и вспашке оно было в 2,5 раза больше и достоверно не различалось между данными вариантами.

Средние данные трех лет исследований выявили, что изучаемые агроприемы достоверного влияния на распространения и интенсивность развития гороха, кроме того данные показатели в значительной степени варьировали в зависимости от погодных условий периода вегетации (таблица 40).

Таблица 40 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие ржавчины гороха, в среднем за 2017–2019 гг., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	51	62	75	84
Дискование	47	60	71	77
Дискование+вспашка	50	61	72	78
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	3	3	3	3
Развитие на нижнем ярусе листьев, %				
Прямой посев	4	15	27	36
Дискование	4	14	25	29
Дискование+вспашка	4	15	29	38
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	3	3

Минимальным число растений, на которых выявлялись признаки ржавчины гороха, было на вспашке и дисковании. Большая плотность стеблестоя способствовала экранированию соседних растений, снижала заспоренность нижних ярусов,

что снижало первичное инфицирование эциоспорами. На вариантах, где горох возделывался без основной обработки почвы, распространенность заболевания была выше – от 2 до 7 % абс., или от 5 до 8 % отн.

Нижние ярусы стареющих и зрелых листьев были открыты к заспорению. В среднем за годы исследований установлено, что увеличения развития заболевания ржавчиной растений гороха выше экономического вредоносности наступало по всем вариантам, начиная с фазы зеленой спелости семян. Минимальным данный показатель был по фону дискования, наибольшим – по фону вспашки. Исследования подтверждают положение о том, что в отношении патогенов, распространяющихся воздушным путем как ржавчина, применение отвальной обработки не может являться действенным фактором их снижения.

В опыте также было изучено влияние системы основной обработки на серую гниль (*Botrytis cinerea* Pers.) – одно из вредоносных и распространенных заболеваний гороха. Она выявлена в агрофитоценозах всего мира, отмечается на животных и растительных остатках, а также в почве. Серая гниль является одной из главных болезней гороха в Западной Европе, Южной и Северной Америке, Австралии. Возбудитель заболевания поражает широкий спектр культурных растений и сорняков, наносит значительный ущерб урожаю гороха и приводит к большим потерям при хранении сельскохозяйственной продукции. Некоторые важные полевые культуры получают серьезный урон из-за серой гнили. Наиболее заметны большие потери нута и других богатых белком бобовых культур, в Индии, Бангладеш и Непале (Pande et al ., 2002). Наибольшие потери урожая бобов полевых (*Vicia faba*) отмечены при комплексном поражении *B. cinerea*, и *B. fabae* Sardiña (Williamson B., 2007).

По данным Т. Б. Пермяковой (1999), ежегодные потери урожая гороха от данного заболевания в РФ составляют от 0,2–0,5 т/га, а при неблагоприятных погодных условиях развитие этого заболевания может носить эпифитотийный характер. Наибольший вред возбудитель наносит в годы с достаточным и обильным увлажнением.

Первичным источником спор серой гнили являются растительные остатки двудольных культур и сорняков с микросклероциями, на которых формируется конидиальное спороношение. Как правило заражение проявляется в нижнем ярусе посева, на листьях, черешках с переходом некрозов на стебель. В опытах отмечали некротические пятна на стеблях гороха в нижнем и среднем ярусах, с закладкой пораженных частей во влажную камеру для стимуляции спороношения и идентификации патогена.

Проведенный учет распространенности серой гнили на растениях гороха в условиях обильного увлажнения 2017 г. показал, что к концу цветения минимальное число пораженных растений было на дисковании. На прямом посеве их количество было достоверно выше на 6 % абс., или на 23 % отн., на вспашке – на 4 % абс., или на 15 % отн. (таблица 41).

Таблица 41 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие серой гнили гороха, в 2017 г., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	32	44	65	74
Дискование	26	32	54	62
Дискование+вспашка	30	55	70	85
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	2	2	4	3
Развитие, %				
Прямой посев	5	7	15	35
Дискование	3	5	10	20
Дискование+вспашка	5	10	25	45
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	2	2

Интенсивность проявления болезней на растениях на отвальной обработке и без обработки почвы достоверно не отличалось. На дисковании она была ниже на 40 % отн. В дальнейшем из-за благоприятных условий распространенность патогена возрастала. Больше всего растений с симптомами было выявлено на вспашке. На варианте без обработки почвы их было меньше на 11 % абс., или на 20 % отн.,

на дисковании – меньше на 21 % абс., или на 40 % отн. Интенсивность развития серой гнили подошла к уровню экономического порога вредоносности только по фону вспашки.

К фазе белковой спелости семян количество пораженных растений увеличилось по всем вариантам, но закономерность, в зависимости от обработки почвы, сохранялась. Интенсивность развития патогена по всем фонам достигла ЭПВ. Минимальной она была на дисковании. Без основной обработки и вспашки развитие патогена достоверно возрастала на 5–15 % абс.

К фазе полной спелости семян гороха по всем вариантам распространенность заболевания была высокой. Максимальное число пораженных растений было на вспашке, чему способствовала высокая облиственность, значительная вегетативная масса и плохая аэрация. Интенсивность проявления заболевания также была максимальной. Минимум пораженных растений был на дисковании, что на 23 и 12 % абс. меньше, чем прямом посеве и вспашке.

В 2018 г. картина развития патогена из-за недостатка увлажнения носила иную закономерность (таблица 42). По фонам обработки, как и в предыдущем году, наибольшее число больных растений выявлялось на вспашке при всех учетах.

Таблица 42 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие серой гнили гороха, в 2018 г %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	5	13	15	17
Дискование	5	10	15	21
Дискование+вспашка	10	15	18	21
<i>HCP<sub>05</sub></i>	2	2	2	4
Развитие, %				
Прямой посев	2	3	10	10
Дискование	2	4	10	10
Дискование+вспашка	3	4	15	15
<i>HCP<sub>05</sub></i>	1	1	3	3

До зеленой спелости семян степень развития заболевания не превышала экономический порог вредоносности. К фазе белковой спелости интенсивность развития заболеваний на варианте без обработки почвы и дискования была на уровне экономического порога вредоносности, на вспашке – на 5 % абс., или на 50 % отн. выше.

В 2019 г., как и в 2018 г., первая половина вегетации гороха характеризовалась недостаточным увлажнением. В этот период наибольшим развитие заболеваний было на вспашке и прямом посеве. На фоне минимальной обработки почвы больных растений было меньше на 5 % абс., или на 50 % отн. (таблица 43).

Таблица 43 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие серой гнили гороха, в 2019 г., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	15	20	27	34
Дискование	10	17	22	30
Дискование+вспашка	14	22	30	39
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	5	3	3	$F_{\phi} < F_T$
Развитие, %				
Прямой посев	4	8	15	26
Дискование	3	6	14	21
Дискование+вспашка	4	9	18	30
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	2	$F_{\phi} < F_T$

Интенсивность развития заболевания в период окончания цветения также достоверно не отличалось между вариантами со вспашкой и прямым посевом. На дисковании интенсивность проявления болезни на 25 % отн. ниже, чем на ранее упомянутых вариантах.

К фазе зеленой спелости закономерность распространения и развития серой гнили по фонам обработки почвы сохранялась. При дальнейшем определении развития болезни на растениях в силу более благоприятного режима увлажнения от-



мечено кратное ее увеличение. Наибольшее число больных растений и степень проявления заболеваний были на вариантах со вспашкой, минимальным – по дискованию. Подобная закономерность сохранялась к фазе полной спелости зерна.

Проведённые трехлетние исследования показали, что системы основной обработки почвы оказывали достоверное влияние на число пораженных растений и интенсивность развития серой гнили гороха. Во все периоды исследования минимальное количество пораженных растений при наименьшем уровне развития болезни было на вариантах, где в качестве основной обработки почвы использовали дискование (таблица 44).

Таблица 44 – Влияние систем основной обработки почвы на распространенность и развитие серой гнили гороха, в среднем за 2017–2019 гг., %

Вариант опыта	Фаза развития			
	Конец цветения (код ВВСН – 69)	Спелость семян		
		зеленая (код ВВСН – 79)	белковая (код ВВСН – 85)	полная (код ВВСН – 97)
Распространенность, %				
Прямой посев	17	26	36	42
Дискование	14	20	30	38
Дискование+вспашка	18	31	39	48
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	3	3	3	3
Развитие, %				
Прямой посев	4	6	13	24
Дискование	3	5	11	17
Дискование+вспашка	4	8	19	30
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	2	3

На эффективность заражения и дальнейшего развития серой гнили оказывали влияние наличие и запас покоящихся структур склероциев в верхнем слое почвы. На участке с прямым посевом происходит накопление инфекционного начала на растительных остатках двудольных культурных и сорных видов, а также экологический фактор, связанный с большей увлажненностью плотных посевов, формирующихся на вспашке.

На вариантах со вспашкой количество больных растений гороха в зависимости от фазы развития было больше от 4 до 10 % абс., или от 26 до 28 % отн., с

прямым посевом – от 3 до 6 % абс., или от 11 до 21 % отн. Интенсивность развития заболевания на вспашке была выше – от 1 до 13 % абс., на прямом посеве – от 1 до 7 % абс.

#### **4.3 Влияние систем основной обработки почвы на распространение фитофагов в посевах гороха**

Общеизвестно, что почва является средой развития многих насекомых. В процессе ее обработки, происходит уничтожение целого комплекса вредных и полезных насекомых, изменяются экологические условия среды их развития за счет динамики температуры, влажности и аэрации почвы. Уничтожение сорных растений и засорителей также снижает плотность популяции насекомых, так как данные объекты служат источниками питания и местами зимней резервации (Власенко Н. Г. и др., 2013).

Из всех видов основной обработки, отвальная наибольшим образом изменяет экологические условия среды развития вредных насекомых. Часть видов, которые зимуют в верхних слоях, попадают в нижележащие слои пахотного горизонта, перемещение из которых на поверхность для многих становится очень затруднительным, а подчас и вовсе невозможным.

В некоторых случаях при проведении глубокой обработки почвы насекомые ушедшие в нижележащие горизонты пахотного слоя при проведении вспашки перемещаются к поверхности, где гибнут в результате неблагоприятных условий осени и зимы либо поедаются хищными организмами. (Арешников Б.А., Старостин С.П., 1981; Гродзинский А.М., 1990; Баздырев Г. И., 2004)

По мнению целого ряда ученых, вспашка на глубину до 25 см способствует полному уничтожению злаковых мух, стеблевой моли, пшеничного трипса, хлебных пилильщиков, зерновой совки, до 80 % снижается плотность популяции хлебного жука и проволочника (Арешников Б.А., Старостин С.П., 1981; Самерсов В.Ф., 1981; Танский В.И. и соавт., 1981; Павлов И.Ф., 1990; Шуровенков Ю.Б., Алехин В.Т., 1992).

Н.Г. Власенко с соавт. (2013) констатируют, что минимализация и отсутствие основной обработки почвы теоретически могут способствовать увеличению плотности популяций насекомых вредителей. Это положение подтверждается рядом исследований. В.И. Танский и соавт. (1981) приводят данные, что при безотвальной обработке количество гусениц зерновой совки снижется только наполовину. Н.Н. Гурова и соавт. (1978) приводят данные по увеличению плотности популяции трипса до 2 раз на фоне плоскореза, по сравнению со вспашкой.

Г.А. Покручин и соавт. (1988) приводят данные, что при безотвальной обработке плоскорезами количество хлебной блошки увеличивается до 20 % по сравнению с отвальной обработкой.

Однако ряд исследователей приводят несколько иные данные. Ф.П. Шевченко и соавт. (1969) выявили, что в снижении плотности популяции гусениц зерновой совки, безотвальная обработка эффективнее в 2 раза.

Н. Г. Власенко и др. (2013) сообщают, что в условиях недостатка увлажнения по фонам интенсивного рыхления численность злаковых тлей на яровой пшенице была в 2 раза выше по сравнению с No-till. Ряд авторов объясняют это значительным увеличением количества насекомых хищников, повреждающих фитофагов (R. J. Varney, В. П. Лахманов, Старостин С. П., А. Е. Чумаков (1984)

Влияние прямого посева на плотность популяции фитофагов варьирует в зависимости от вида насекомого. Первоначальное значительное увеличение количества насекомых-вредителей связано с улучшением их выживаемости в отсутствие отвальной обработки почвы. Вместе с тем в длительных опытах по изучению способов обработки почвы выживание фитофагов в агроэкосистемах с прямым посевом часто снижается. В.Р. Stinner и G.J. House, (1990), проанализировав 45 исследований, представляющих данные о 51 виде фитофагов, отмечают уменьшение плотности популяции при внедрении прямого посева для 43 % видов, увеличение – для 28 % видов и отсутствие эффекта для остальных 29 %.

Противоречивы данные исследований о влиянии приемов обработки почвы на фитофагов бобовых культур. R. В. Hammond (1987) отмечает, что в США длительное применение прямого сева сои не привело к общему увеличению видового

разнообразия фитофагов в посевах В тоже время плотность популяции наиболее вредоносных насекомых несколько увеличилась и как следствие увеличилось их влияние на снижение урожая соевых бобов. Также в условиях США установлено, что количество гусениц совок в первые несколько лет введения прямого посева сои увеличилось. Однако в последующих популяциях отмечена более высокая смертность вредителей при этой системе обработки почвы (Smith A. W. et al., 1988).

Исследуемые системы основной обработки почвы оказывали достоверное влияние на численность насекомых вредителей в посевах гороха. Проведенные учеты показали, что в 2017 г. наибольшее количество гороховой тли (*Acyrtosiphon pisum* Harris, 1776) было выявлено по фону дискования (таблица 45).

Таблица 45 – Влияние систем основной обработки почвы на численность вредителей в посевах гороха в 2017–2019 гг., шт.

Вариант опыта	2017 г.		2018 г.		2019 г.		В среднем за годы исследований	
	Гороховая тля (на 10 взмахов сачком)	Совка-гамма на 1 м <sup>2</sup>	Гороховая тля (на 10 взмахов сачком)	Совка-гамма на 1 м <sup>2</sup>	Гороховая тля (на 10 взмахов сачком)	Совка-гамма на 1 м <sup>2</sup>	Гороховая тля (на 10 взмахов сачком)	Совка-гамма на 1 м <sup>2</sup>
Прямой посев	54	13	87	23	72	17	71	18
Дискование	77	13	147	18	120	12	115	14
Дискование +вспашка	46	6	84	14	62	5	64	8
<i>НСР</i> <sub>05</sub>	4	4	6	3	4	3	4	3

На вариантах с прямым посевом и вспашкой численность вредоносных насекомых была достоверно меньше от 30 до 40 %, но между собой статистически подтвержденных различий не имела. Иная закономерность складывалась в отношении гусениц совки-гамма (*Autographa gamma*, Linnaeus, 1758) на делянки с минимальной обработкой почвы и без обработки почвы их количество в 2 раза превосходили вспашку.

В 2018 г. жаркая и сухая погода способствовала массовому развитию вредителей. Закономерность действия вариантов с обработкой почвы в отношении горо-

ховой тли сохранялась. По фону вспашки и варианту без основной обработки плотность популяции энтомофага была меньше на 39–41 %. Численность гусениц совки-гамма была больше по фону прямого посева на 65% при сравнении со вспашкой, и на 19 % больше, чем на дисковании.

В 2019 г. интенсивное увлажнение во второй период вегетации несколько снижало развитие фитофагов в целом по опыту. Закономерность действия изучаемых систем основной обработки почвы сохранялась.

Анализ средних трехлетних данных показал, что изучаемые системы основной обработки оказывали достоверное влияние на плотность популяций вредителей, которые были обнаружены в опыте. В отношении численности гороховой тли прослеживалась четкая закономерность роста по фону дискования. На вспашке и без обработки почвы ее было меньше на 38 и 44 % соответственно, при этом достоверных различий варианты не имели. В отношении количества гусениц совки-гамма было выявлено, что на фоне прямого посева их количество было наибольшим в опыте. По фону вспашки численность данного вредителя была меньше на 56 %, по фону дискования – на 22 %.

Проведенные исследования показали, что количество гусениц совки-гамма во все годы исследований по всем изучаемым фонам обработки доходила до пороговых значений ЭПВ установленных на уровне 5–10 шт./м<sup>2</sup>. Численность гороховой тли также превышала экономический порог вредоносности, который равен 30–50 особей на 10 взмахов сачком, что говорит о необходимости применения дополнительных приемов защиты посевов от вредителей по всем изучаемым фонам обработки почвы.

## **5 ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВО ЗЕРНА ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Продуктивность культуры является одним из основных показателей оценки эффективности совершенствования того или иного агроприема. Обработка почвы относится к важным основополагающим элементам технологии возделывания любой сельскохозяйственной культуры.

Сложные экономические условия, наличие значительных площадей пашни, нехватка квалифицированных специалистов, достаточно сжатые сроки проведения основной обработки почвы в большинстве регионов России заставляют сельских товаропроизводителей искать ресурсо- и энергоемкие, высокопроизводительные экономически эффективные системы основной обработки почвы, а нередко и полный отказ от нее и переход на No-till. В исследованиях М.К. Сулейменова (2010) отмечается, что внедрение минимальной и нулевой обработок может иметь неодинаковый эффект в различных почвенных и климатических условиях.

Анализ экспериментальных данных выявил, что изучаемые системы основной обработки не оказывали достоверного влияния изменение числа растений на  $1 \text{ м}^2$  (таблица 46). Во многом этот показатель зависел от условий прорастания семян и складывающихся погодных условий. При определении числа бобов на одном растении установлена та же тенденция.

Определение числа зерен в бобе выявило, что больше их было на вариантах с прямым посевом и вспашкой – на 3–7 % по сравнению с дискованием. Это объясняется большими запасами влаги на данном варианте к моменту закладки семян в растения. Вместе с тем масса 1 000 семян на варианте с прямым посевом была наименьшей во все годы исследований: в среднем на 4 % меньше по сравнению со вспашкой и на 2 % меньше – по сравнению с дискованием.

Урожайность гороха в условиях достаточного увлажнения (2017 г.) по вариантам достоверно различалась. На варианте со вспашкой урожайность увеличивалась на 7 % по сравнению с прямым посевом, и на 5 % по сравнению с дискованием.

Таблица 46 – Влияние систем основной обработки почвы на показатели структуры и биологическую урожайность гороха посевного, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Число			Масса 1 000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
	бобов, шт./раст.	зерен в 1 бобе, шт.	растений, шт./м <sup>2</sup>		
2017 г.					
Прямой посев	6,93	5,20	106	206	7,82
Дискование	6,84	5,25	111	202	8,00
Дискование+вспашка	7,08	5,46	108	203	8,41
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	0,14	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	0,41
2018 г.					
Прямой посев	3,32	4,17	95	173	2,26
Дискование	3,17	4,10	88	186	2,13
Дискование+вспашка	3,08	4,00	93	188	2,16
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	6	10	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>
2019 г.					
Прямой посев	3,41	4,21	135	180	3,49
Дискование	3,43	4,12	135	179	3,41
Дискование+вспашка	3,81	4,23	136	184	4,03
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,36	0,07	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	0,45
2017–2019 гг.					
Прямой посев	4,55	4,53	112	186	4,52
Дискование	4,48	4,46	112	189	4,51
Дискование+вспашка	4,66	4,56	112	192	4,87
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	0,10	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	0,43

В острозасушливых условиях вегетации 2018 г. запасы почвенной влаги на варианте с прямым посевом способствовали незначительному увеличению урожайности (4–5 %) по сравнению с другими приемами обработки почвы. В слабозасушливом 2019 г. отмечен рост урожайности гороха на варианте со вспашкой. На вариантах с дискованием и прямым посевом продуктивность была ниже на 17 и 15 % соответственно. Это во многом объясняется переуплотнением слоя 20–30 см на данных вариантах в связи с отсутствием промерзания почвы в зимний период.

В среднем за годы исследований урожайность по вариантам опыта наибольшей была по фону вспашки. Анализ рассеивания экспериментальных данных показал, что варьирование урожайности гороха в большей мере зависело от погодных условий периода вегетации растений ( $\eta^2 = 68 \%$ ), в меньшей степени – от систем

основной обработки почвы ( $\eta^2 = 13 \%$ ), на долю случайного варьирования приходилось 11 %.

Хозяйственная урожайность гороха в условиях достаточного увлажнения (2017 г.) по вариантам достоверно не различалась. На варианте со вспашкой она увеличивалась на 4 % по сравнению с прямым посевом, и на 3% – по сравнению с дискованием (рисунок 4).

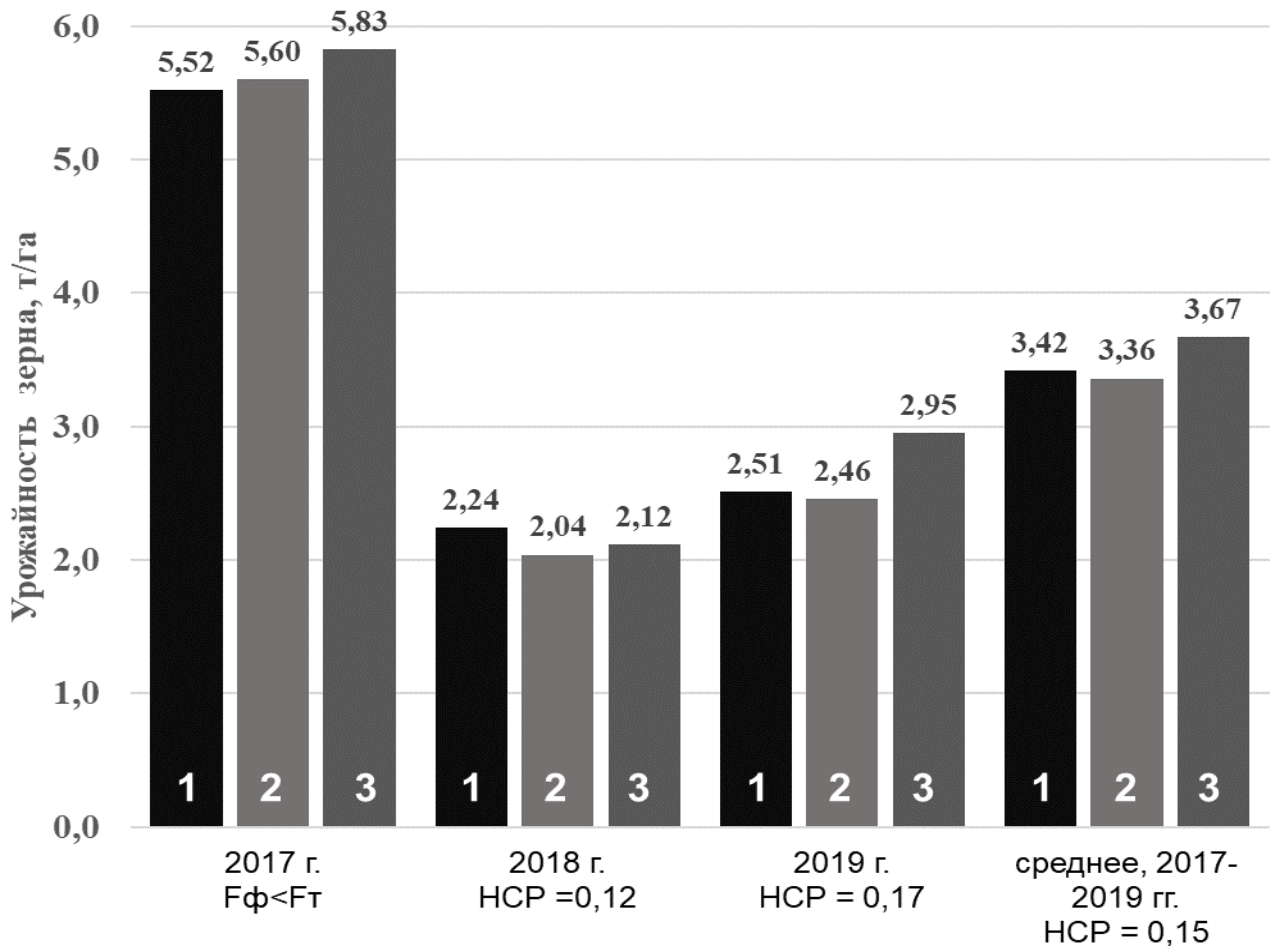


Рисунок 4 – Влияние систем основной обработки почвы на хозяйственную урожайность гороха посевного в 2017–2019 гг., т/га (1 – прямой посев, 2 – дискование, 3 – дискование+вспашка)

В острозасушливых условиях вегетации 2018 г. запасы почвенной влаги на варианте с прямым посевом способствовали достоверному увеличению урожайности (4–5 %) по сравнению с другими приемами обработки почвы. В слабозасушливом 2019 г. отмечен достоверный рост урожайности гороха на варианте со вспашкой. На вариантах с дискованием и прямым посевом продуктивность была ниже на 7 и 8 % соответственно. В среднем за годы исследований наибольшая урожайность установлена по фону вспашки.



На основании сопряженных данных за годы исследований (2017–2019 гг.) нами была установлена высокая прямая корреляция между урожайностью зерна гороха и количеством выпавших атмосферных осадков и ГТК в период вегетации растений культуры (таблица 47).

Таблица 47 – Корреляционные показатели урожайности зерна гороха при разных системах основной обработки почвы от метеорологических показателей.

Вариант опыта	Прямой посев		Дискование		Дискование+вспашка	
	$r^2$	b	$r^2$	b	$r^2$	b
Осадки v	0,905	0,156	0,896	0,162	0,851	0,166
Осадки v <sub>I</sub>	0,757	0,143	0,729	0,147	0,741	0,155
Осадки v <sub>II</sub>	0,911	0,065	0,892	0,067	0,909	0,071
ГТК <sub>v</sub>	0,914	5,38	0,911	5,61	0,863	5,73
ГТК <sub>v<sub>I</sub></sub>	0,849	6,62	0,826	6,82	0,810	7,08
ГТК <sub>v<sub>II</sub></sub>	0,904	3,49	0,888	3,61	0,917	3,85

Наиболее высокий коэффициент детерминации ( $r^2$ ) между урожайностью и климатическими показателями установлен для осадков, выпавших в июле и ГТК за этот месяц. Коэффициент регрессии (b) показывает, на сколько увеличивается зависимый параметр (урожайность) при увеличении независимого на 1 единицу. Наибольшее увеличение продуктивности рассчитано для варианта с прямым посевом. Так, на 10 мм осадков в мае рост урожайности на данном варианте выше на 0,13 т/га по сравнению с дискованием и на 0,99 т/га – по сравнению со вспашкой, на 10 мм осадков в августе – 0,11 и 0,95 т/га соответственно.

Индексы коэффициента корреляции (R) и детерминации ( $R^2$ ), характеризующие близость фактических и теоретических значений зависимой переменной в уравнении второго порядка, свидетельствуют о достоверной зависимости урожайности зерна гороха от количества осадков в различные периоды вегетации и ГТК (таблица 48).

На основе уравнений нелинейной регрессии для данной зависимости установлены экстремумы функций. Они свидетельствуют, что для увеличения урожайности при прямом посеве необходимо меньшее количество осадков, чем на других вариантах. Таким образом, прямой посев обеспечивает большую урожайность при недостатке влаги в течение вегетации.

Таблица 48– Зависимость урожайности зерна гороха (Y) от метеорологических показателей (x)

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Экстремум функции	R	R <sup>2</sup>
<i>Осадки майские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,13 + 0,16x - 0,08 \cdot x^{1/2}$	3	0,947	0,894
Дискование	$Y = 0,14 + 0,18x - 0,19 \cdot x^{1/2}$	5	0,947	0,894
Дискование+вспашка	$Y = 0,18 + 0,17x - 0,07 \cdot x^{1/2}$	5	0,922	0,851
<i>Осадки июньские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,03 + 0,51x - 2,71 \cdot x^{1/2}$	10	0,995	0,992
Дискование	$Y = 0,02 + 0,56x - 2,93 \cdot x^{1/2}$	9	0,995	0,991
Дискование+вспашка	$Y = 0,03 + 0,55x - 2,97 \cdot x^{1/2}$	7	0,989	0,979
<i>Осадки июльские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,03 + 0,128x - 0,746x^{1/2}$	5	0,999	0,997
Дискование	$Y = 0,02 + 0,140x - 0,855x^{1/2}$	7	0,995	0,992
Дискование+вспашка	$Y = 0,04 + 0,141x - 0,844x^{1/2}$	7	0,996	0,991
<i>ГТК за май (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,52 + 5,80x - 0,27x^2$	0,12	0,958	0,919
Дискование	$Y = 0,54 + 5,26x + 0,22x^2$	0,15	0,951	0,911
Дискование+вспашка	$Y = 0,71 + 5,69x + 0,05x^2$	0,16	0,950	0,903
<i>ГТК за июнь (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,14 + 14,6x - 8,58 \cdot x^{1/2}$	0,14	0,943	0,887
Дискование	$Y = 0,06 + 14,9x - 8,54 \cdot x^{1/2}$	0,16	0,963	0,911
Дискование+вспашка	$Y = 0,07 + 14,5x - 8,32 \cdot x^{1/2}$	0,21	0,942	0,885
<i>ГТК за июль (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,17 + 6,22x - 4,42 \cdot x^{1/2}$	0,13	0,977	0,966
Дискование	$Y = 0,14 + 6,81x - 5,19 \cdot x^{1/2}$	0,17	0,976	0,962
Дискование+вспашка	$Y = 0,07 + 7,04x - 5,17 \cdot x^{1/2}$	0,18	0,987	0,975

Анализ содержания протеина, крахмала, клетчатки в зерне гороха за годы исследований выявил их большую зависимость от погодных условий, чем от изучаемых в опыте факторов (таблица 49).

Достоверные различия по содержанию сырого протеина в зерне отмечены во все годы исследований, на варианте с прямым посевом его было существенно меньше, чем на вариантах с дискованием и вспашкой (7–8 % отн.). В среднем за 3 года более богатое протеинами зерно гороха формировалось при использовании вспашки в качестве приема основной обработки.

По содержанию жира зерно, полученное при прямом посеве, в среднем за годы исследований отличалась в сторону увеличения данного показателя. Содержание липидов было здесь выше на 3 % по сравнению с дискованием, и на 5 % – по сравнению со вспашкой.

Достаточно высокой во все годы исследований была крахмалистость зерна гороха. Она варьировала от 46,3 % (2017 г.) до 48,5 % (2018 г.) Достоверного влияния систем основной обработки почвы на данный показатель не отмечено. Аналогичная тенденция отмечена и при анализе содержания клетчатки в зерне гороха.

Таблица 49 – Влияние систем основной обработки почвы на показатели качества зерна гороха посевного, 2017-2019 гг

Вариант опыта	Содержание в зерне гороха, % от с.в.			
	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки	крахмала
<i>2017 г.</i>				
Прямой посев	19,8	0,93	4,80	46,3
Дискование	19,4	0,97	4,63	46,6
Дискование+вспашка	20,3	0,97	4,53	46,0
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,7	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$
<i>2018 г.</i>				
Прямой посев	17,3	1,36	4,48	49,3
Дискование	18,6	1,20	4,70	47,8
Дискование+вспашка	18,7	1,16	4,75	47,2
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	1,2	0,14	$F_{\phi} < F_T$	1,4
<i>2019 г.</i>				
Прямой посев	19,5	1,14	4,75	46,8
Дискование	19,3	1,17	4,83	47,1
Дискование+вспашка	20,2	1,10	4,62	46,2
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$
<i>2017-2019 гг.</i>				
Прямой посев	18,9	1,14	4,68	47,5
Дискование	19,1	1,11	4,72	47,2
Дискование+вспашка	19,7	1,08	4,63	46,5
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,9	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

На основании сопряженных данных содержания в зерне гороха сырого протеина, жира и крахмала с климатическими показателями периода вегетации были рассчитаны коэффициенты корреляционной связи между ними (таблица 49).

Достоверная прямая корреляция установлена между осадками июня и июля и накоплением сырого протеина в зерне гороха в независимости от системы основной обработки почвы. Коэффициент регрессии ( $b$ ) показывает, что наиболее отзыв-

чивым на изменение влаги данный показатель был на прямом посеве. По содержанию жира по всем систем основной обработки почвы установлена обратная достоверная корреляция с осадками июня-июля, наибольшее значение коэффициента регрессии рассчитано для прямого посева.

Таблица 50 – Корреляция показателей качества зерна гороха при разных системах основной обработки почвы от метеорологических условий

Вариант опыта	Прямой посев		Дискование		Дискование+вспашка	
	$r^2$	b	$r^2$	b	$r^2$	b
Сырой протеин						
Осадки v	0,445	0,036	0,399	0,010	0,415	0,022
Осадки v <sub>I</sub>	0,721*	0,108	0,675*	0,031	0,695*	0,070
Осадки v <sub>II</sub>	0,825*	0,035	0,782*	0,010	0,802*	0,023
ГТК <sub>v</sub>	0,486	1,230	0,439	0,337	0,456	0,775
ГТК <sub>v<sub>I</sub></sub>	0,500	2,380	0,453	0,653	0,470	1,503
ГТК <sub>v<sub>II</sub></sub>	0,894*	1,934	0,853*	0,559	0,875*	1,271
Сырой жир						
Осадки v	-0,600*	-0,009	-0,615*	-0,007	-0,613*	-0,007
Осадки v <sub>I</sub>	-0,753*	-0,022	-0,646*	-0,014	-0,671*	-0,015
Осадки v <sub>II</sub>	-0,796*	-0,006	-0,633*	-0,004	-0,669*	-0,004
ГТК <sub>v</sub>	-0,625*	-0,302	-0,624*	-0,222	-0,626*	-0,235
ГТК <sub>v<sub>I</sub></sub>	-0,633*	-0,576	-0,626*	-0,420	-0,629*	-0,446
ГТК <sub>v<sub>II</sub></sub>	-0,814*	-0,336	-0,608*	-0,185	-0,654*	-0,210
Сырая клетчатка						
Осадки v	0,301	0,005	-0,664	-0,005	-0,414	-0,004
Осадки v <sub>I</sub>	0,478	0,014	-0,500	-0,008	-0,525	-0,010
Осадки v <sub>II</sub>	0,544	0,005	-0,398	-0,002	-0,557	-0,003
ГТК <sub>v</sub>	0,327	0,166	-0,646	-0,166	-0,432	-0,144
ГТК <sub>v<sub>I</sub></sub>	0,336	0,320	-0,640	-0,309	-0,438	-0,275
ГТК <sub>v<sub>II</sub></sub>	0,588	0,255	-0,303	-0,066	-0,571	-0,163
Крахмал						
Осадки v	-0,490	-0,033	-0,479	-0,025	-0,275	-0,017
Осадки v <sub>I</sub>	-0,700*	-0,089	-0,622*	-0,061	-0,446	-0,052
Осадки v <sub>II</sub>	-0,773*	-0,028	-0,665*	-0,018	-0,510	-0,017
ГТК <sub>v</sub>	-0,522	-1,115	-0,502	-0,823	-0,300	-0,591
ГТК <sub>v<sub>I</sub></sub>	-0,533	-2,141	-0,510	-1,572	-0,309	-1,143
ГТК <sub>v<sub>II</sub></sub>	-0,817*	-1,490	-0,686*	-0,960	-0,553	-0,929

\*– коэффициенты значимы на уровне  $p \leq 0,05$

Обратная корреляция между количеством осадков и ГТК по крахмалу рассчитана для вариантов с прямым посевом и дискованием, на вспашке данный показатель не зависел от погодных условий.

Статистически значимые индексы коэффициента корреляции (R) и детерминации (R<sup>2</sup>) были получены для всех зависимых переменных в уравнении второго порядка (таблица 51).

Таблица 51 – Зависимость содержания сырого протеина в зерне гороха (Y) от метеорологических условий (x)

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Экстремум функции	R	R <sup>2</sup>
<i>Осадки майские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,87 + 1,27x - 1,8 \cdot 10^{-3}x^2$	34	0,954	0,911
Дискование	$Y = 0,65 + 1,34x - 2,0 \cdot 10^{-3}x^2$	37	0,974	0,950
Дискование+вспашка	$Y = 0,79 + 1,36x - 2,0 \cdot 10^{-3}x^2$	37	0,965	0,931
<i>Осадки июньские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,27 + 0,76x - 7,3 \cdot 10^{-4}x^2$	52	0,996	0,993
Дискование	$Y = 0,27 + 0,84x - 9,0 \cdot 10^{-4}x^2$	49	0,965	0,931
Дискование+вспашка	$Y = 0,16 + 0,83x - 8,5 \cdot 10^{-4}x^2$	48	0,999	0,997
<i>Осадки июльские (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,04 + 0,39x - 1,9 \cdot 10^{-4}x^2$	103	0,999	0,997
Дискование	$Y = 0,16 + 0,42x - 2,1 \cdot 10^{-4}x^2$	99	0,996	0,991
Дискование+вспашка	$Y = 0,11 + 0,42x - 2,1 \cdot 10^{-4}x^2$	98	0,998	0,996
<i>ГТК за май (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 1,30 + 54,9x - 3,0 \cdot 10^{-2}x^2$	0,85	0,938	0,811
Дискование	$Y = 1,04 + 58,3x - 3,3 \cdot 10^{-2}x^2$	0,93	0,961	0,924
Дискование+вспашка	$Y = 1,22 + 58,8x - 3,3 \cdot 10^{-2}x^2$	0,91	0,950	0,903
<i>ГТК за июнь (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,80 + 39,3x - 1,9 \cdot 10^{-2}x^2$	1,02	0,988	0,974
Дискование	$Y = 0,42 + 41,6x - 2,1 \cdot 10^{-2}x^2$	1,07	0,997	0,994
Дискование+вспашка	$Y = 0,68 + 42,7x - 2,1 \cdot 10^{-2}x^2$	1,08	0,993	0,987
<i>ГТК за июль (x)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,26 + 22,6x - 6,3x^2$	0,97	0,995	0,991
Дискование	$Y = 0,44 + 24,1x - 7,1x^2$	0,94	0,998	0,997
Дискование+вспашка	$Y = 0,36 + 24,3x - 6,9x^2$	0,94	0,992	0,984

Полученные уравнения кривой соответствуют закону минимума, оптимума и максимума, а экстремумы функций позволяют рассчитать оптимальное количество осадков и значение ГТК для накопления сырого протеина в зерне гороха. Наименьший экстремум осадков в мае рассчитан для варианта с прямым посевом, для осадков июня-июля – для варианта со вспашкой. Оптимальные значения ГТК для накопления сырого протеина находятся в интервале 0,85–1,08.

Схожие результаты получены и при расчете уравнений зависимости сырого жира от метеорологических показателей (таблица 52).

Экстремумы функций зависимости содержания жира от количества выпавших осадков несколько ниже анте на варианте с прямым посевом по сравнению со вспашкой и дискованием, что объясняется более высоким содержанием доступной влаги в почве на данном варианте.

Таблица 52 – Зависимость содержания сырого жира в зерне гороха (У) от метеорологических условий (х)

Вариант опыта	Уравнение регрессии	Экстремум функции	R	R <sup>2</sup>
<i>Осадки майские (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,05 + 9,7 \cdot 10^{-2} x - 1,8 \cdot 10^{-4} x^2$	30	0,957	0,917
Дискование	$Y = 0,03 + 8,8 \cdot 10^{-2} x - 1,4 \cdot 10^{-4} x^2$	34	0,958	0,918
Дискование+вспашка	$Y = 0,03 + 9,1 \cdot 10^{-2} x - 1,5 \cdot 10^{-4} x^2$	32	0,961	0,924
<i>Осадки июньские (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,03 + 7,2 \cdot 10^{-2} x - 1,0 \cdot 10^{-4} x^2$	38	0,957	0,917
Дискование	$Y = 0,02 + 6,3 \cdot 10^{-2} x - 7,5 \cdot 10^{-5} x^2$	42	0,969	0,940
Дискование+вспашка	$Y = 0,02 + 6,5 \cdot 10^{-2} x - 8,9 \cdot 10^{-5} x^2$	42	0,967	0,936
<i>Осадки июльские (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,03 + 3,1 \cdot 10^{-2} x - 1,9 \cdot 10^{-5} x^2$	84	0,942	0,886
Дискование	$Y = 0,02 + 2,8 \cdot 10^{-2} x - 1,7 \cdot 10^{-5} x^2$	88	0,964	0,929
Дискование+вспашка	$Y = 0,02 + 2,9 \cdot 10^{-2} x - 1,8 \cdot 10^{-5} x^2$	87	0,960	0,922
<i>ГТК за май (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,02 + 4,2x - 2,6x^2$	0,77	0,970	0,941
Дискование	$Y = 0,05 + 3,7x - 2,3x^2$	0,81	0,946	0,896
Дискование+вспашка	$Y = 0,04 + 3,8x - 2,4x^2$	0,82	0,951	0,905
<i>ГТК за июнь (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,006 + 3,1x - 2,0x^2$	0,82	0,951	0,919
Дискование	$Y = 0,003 + 2,9x - 1,7x^2$	0,84	0,969	0,940
Дискование+вспашка	$Y = 0,003 + 3,0x - 1,8x^2$	0,84	0,969	0,938
<i>ГТК за июль (х)</i>				
Прямой посев	$Y = 0,005 + 1,8x - 0,64x^2$	1,33	0,933	0,871
Дискование	$Y = 0,003 + 1,7x - 0,56x^2$	1,26	0,958	0,917
Дискование+вспашка	$Y = 0,003 + 1,7x - 0,57x^2$	1,24	0,953	0,909

В соответствии с «законом возврата» Ю. Либиха в современном научном земледелии при внедрении элементов технологии возделывании культур обязательным условием является изучение содержания и потребления основных элементов питания растений.

Проведенные агрохимические исследования выявили, что изучаемые системы основной обработки оказывали существенное влияние на содержание азота, на варианте со вспашкой его содержание было достоверно выше чем на варианте с прямым посевом (таблица 53).

Содержание фосфора в зерне гороха практически не изменялось в зависимости от системы обработки почвы. При сравнении с другими вариантами меньшее содержание калия было в зерне на варианте с прямым посевом (см. таблица 52).

Таблица 53 – Влияние систем основной обработки почвы на содержание и вынос основных элементов питания, 2017–2019 гг.

Вариант опыта	Содержание, % от с.в.			Вынос, кг/га		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2017 г.						
Прямой посев	3,17	0,44	1,22	213	29,6	82,0
Дискование	3,10	0,46	1,30	214	31,8	89,8
Дискование+вспашка	3,25	0,46	1,28	235	33,3	92,6
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,11	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	–	–	–
2018 г.						
Прямой посев	2,77	0,38	1,15	54	7,4	22,4
Дискование	2,98	0,33	1,11	55	6,0	20,3
Дискование+вспашка	2,99	0,34	1,08	56	6,3	20,1
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,19	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	–	–	–
2019 г.						
Прямой посев	3,12	0,37	1,17	94	11,1	35,1
Дискование	3,09	0,38	1,19	91	11,1	34,9
Дискование+вспашка	3,23	0,42	1,28	112	14,6	44,4
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	–	–	–
2017–2019 гг.						
Прямой посев	3,02	0,40	1,18	117	15,5	45,9
Дискование	3,06	0,39	1,20	119	15,1	46,5
Дискование+вспашка	3,16	0,41	1,21	132	17,2	50,7
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,15	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>	–	–	–

Вынос основных элементов питания напрямую зависел от биологической урожайности культуры. Обобщенные трехлетние данные свидетельствуют о несколько большем общем выносе N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O при проведении осенней вспашки.

Проведенные исследования свидетельствуют, что фактор системы основной обработки почвы при интенсивной защите растений от комплекса вредных биофакторов в многолетней перспективе не оказывает существенного влияния на продуктивность гороха в условиях лесостепи европейской территории России. При этом в годы с минимальным количеством осадков прямой посев способствует получению более высоких урожаев по сравнению с энергозатратными системами основной обработки почвы.

## **6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРОХА ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур является лишь одним из аспектов достижения целей в области продовольственной безопасности. Для достижения устойчивости сельскохозяйственного производства и рекомендации того или иного агротехнического приема необходима их всесторонняя оценка, где наряду с хозяйственной эффективностью необходимо учитывать экологическую, энергетическую и экономическую составляющую технологии возделывания культуры (Godfray H. C. J., Garnett T., 2014; Pittelkow C. M. et al., 2015).

### **6.1 Изменение параметров активности почвенной биоты в зависимости от системы основной обработки под горох**

Изучение показателей биологической активности почвы, является необходимым элементом любого научного эксперимента в области агрономии, так как почвенная биота – наиболее чувствительна к антропогенному воздействию, объект может являться индикатором «экологичности агроприема» (Kaurin A. et al., 2015).

К показателям суммарной биохимической активности можно отнести целлюлозолитическую активность почвы и интенсивность выделившегося ею углекислого газа (Леонов Н.Р., 1980).

Способность почвы разлагать клетчатку характеризует уровень метаболизма, протекающих в субстрате.

Чем интенсивнее разлагается клетчатка, тем больше питательных веществ будет доступно растениям для обеспечения в будущем урожай сельскохозяйственных культур (Методы почвенной микробиологии..., 1991).

Анализ полученных результатов показал, что в среднем за годы исследований с уменьшением степени воздействия на почву произошло снижение количества разложившегося волокна.



Таблица 54 – Влияние систем основной обработки на параметры биологической активности почвы

Вариант опыта	Параметры биологической активности почвы		
	количество разложившейся клетчатки, %	интенсивность выделения диоксида углерода, /сут	масса клубеньков, г/м <sup>2</sup>
Прямой посев	7,3	6,86	0,19
Дискование	9,5	7,72	0,22
Дискование+вспашка	10,2	8,22	0,28
<i>HCP</i> <sub>05</sub>	0,5	0,37	0,04

Больше всего клетчатки разложилось на вариантах со вспашкой и дискованием (10,2 и 9,5 % соответственно), меньше всего на варианте с прямым посевом. Это позволяет сделать вывод об ингибирующем воздействии, создаваемом на делянках с нулевой обработкой, а разложение целлюлозы наиболее активно происходит при аэробных условиях.

Количество выделившегося CO<sub>2</sub> также служит одним из показателей общей биологической активности. Диоксид углерода является конечным продуктом метаболизма всех питательных веществ и по количеству его также можно судить об интенсивности разложения органического вещества (Марковская Г.К., Юдина Ю.В., 2009). Анализ полученных данных показал, что в начале вегетации культуры была отмечена четкая зависимость между системами основной обработки почвы и количеством выделившегося CO<sub>2</sub>. Максимальная интенсивность почвенного дыхания зафиксирована на варианте со вспашкой (8,22 мг CO<sub>2</sub>/сут) минимальная – на варианте с нулевой обработкой (6,86 мг CO<sub>2</sub>/сут).

В фазу бутонизации и полной спелости различия по вариантам опыта стали практически незаметны. Скорее всего, это связано с недостатком влаги на фоне повышенной температуры воздуха, которые нивелировали влияние различных способов обработки почвы на микробиоценоз чернозема выщелоченного.

Как и другие почвенные микроорганизмы, на ризобии влияют условия

окружающей среды, такие как структура почвы, температура, кислотность и содержание органических веществ обработка почвы, посев покровных культур, внесение удобрений и другие методы управления сельским хозяйством (Schmidt J. E. Et al., 2017).

Максимальное значение массы клубеньков в воздушно-сухом состоянии было зафиксировано на варианте со вспашкой (0,28 г/м<sup>2</sup>). Чуть меньшее количество отмечено на варианте с дискованием (0,22 г/м<sup>2</sup>). Вариант с нулевой обработкой оказался наименее благоприятным для развития клубеньковых бактерий. Подобная зависимость отмечена при изучении массы корней

Анализируя данные эксперимента, можно сделать вывод что, существенное влияние на интенсивность протекающих в почве микробиологических процессов оказывают сложившиеся климатические условия. Обработка почвы по нулевой технологии приводит к кратковременному депрессивному состоянию микробного населения, которое к концу вегетационного периода выравнивается.

## **5.2 Биоэнергетическая оценка эффективности возделывания гороха при разных системах основной обработки почвы**

Сущность агрофитоценозов заключается в способности растений преобразовывать энергию человека и ископаемого топлива посредством фотосинтеза в биохимическую энергию урожая (Rusu T., 2014). Энергетическая оценка эффективности систем основной обработки почвы заключается в изменении соотношения количества накопленной с урожаем энергии с затратами совокупной энергии на получение этого урожая. Энергетическая оценка позволяет объективно рассчитывать энергетические эквиваленты производимой растениеводческой продукции, в независимости от ценовой конъюнктуры рынка (Ткачук О. А., Павликова Е. В., 2015; Ильвес А. Л. и соавт., 2017).

В последние десятилетие увеличение количества энергии при производстве продукции растениеводства не привело к увеличению продуктивности

культур (Ray D. K. et al., 2012). Следовательно, рекомендации современные технологии должны быть направлены на снижение потребления энергии, особенно в области обработки почвы, и ориентированы не только на получение высоких урожаев, но и на сохранение плодородия почвы и защиту окружающей среды (Glendining M. J. et al., 2009; Jackson T. M. et al., 2011).

Расчеты показали, что интенсивная обработка почвы способствовала увеличению затрат совокупной энергии на производство зерна гороха по сравнению с прямым посевом (таблица 55).

Таблица 55 – Биоэнергетическая эффективность производства зерна гороха при различных системах основной обработки почвы

Вариант опыта	Содержание энергии в основной продукции	Расход совокупной энергии	Накоплено полезной энергии процесса	Коэффициент энергетической эффективности
	МДж/га			
Прямой посев	79 959	28 377	51 582	1,82
Дискование	79 782	33 340	46 442	1,39
Дискование+вспашка	86 150	35 494	50 656	1,43

Увеличение накопления полезной энергии максимальным было на фоне вспашки, в связи с ростом урожайности культуры. В тоже время снижение затрат на производство семян на прямом посеве способствовало росту коэффициента энергетической эффективности на данном варианте по сравнению с вариантами интенсивной обработки почвы.

### **5.3 Экономическая оценка эффективности возделывания гороха при разных системах основной обработки почвы**

Возделывание гороха на зерно в современных условиях по мнению ряда исследователей помимо ряда агротехнических преимуществ экономически оправдано и увеличивает рентабельность растениеводства в целом (Ситало Г.М., Бельтюков Л.П., 2018; Абрамкина Л.П. и соавт., 2020, 2021). В тоже время требуется

оценка экономической целесообразности различных технологий возделывания этой культуры.

Сравнительная оценка изучаемых элементов технологий выращивания гороха на зерно приведена в сумме за три года по стоимости реализованной продукции, производственным затратам, прибыли и уровню рентабельности на основе технологических карт в средних ценах 2017–2019 гг. По результатам проведенных расчетов установлено, что экономическая эффективность возделывания гороха на зерно имела различия по изучаемым в опыте факторам (таблица 55).

Таблица 56 – Экономическая эффективность возделывания гороха на зерно

Вариант опыта	Урожайность т/га	Стоимость* урожая, руб./га	Затраты на 1 га, руб.	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Прямой посев	3,42	54 720	31 356	23 364	75
Дискование	3,36	53 760	33 157	20 603	62
Дискование +вспашка	3,67	58 720	35 507	23 213	65

\*Цена реализации гороха 16 000 руб./т

Анализ таблицы 55 показал, что при сопоставимых показателях урожайности рентабельность производства гороха выше при прямом посеве, в связи с уменьшением производственных затрат на этом варианте.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований предложена экономически и хозяйственно эффективная система основной обработки чернозема оподзоленного под горох в условиях юга Нечерноземной зоны РФ.

Содержание доступной влаги в особенности в верхнем (0–10 см) пахотного горизонта на варианте без основной обработки к посеву гороха составляла 24,2 мм, по вспашке – 12,6 мм, дискованию – 15,6 мм. В нижележащих слоях дифференциация по запасам влаги в данный период была незначительной. К фазе бутонизации приоритетная роль прямого посева в накоплении влаги усиливалась: ее содержание в слое 0–30 см составляло 48,8 мм (по вспашке 37,3 мм, дискованию 38,3 мм). К уборке сложившаяся закономерность сохранялась, что говорит о приоритетной роли прямого посева по влагонакоплению при возделывании гороха. 1 000

Плотность чернозема оподзоленного при всех изучаемых системах основной обработки почвы находилась в оптимальных пределах для растений гороха. Перед посевом в слое 0–30 см на вспашке она составляла 1,18 г/см<sup>3</sup>, по дискованию – 1,20 г/см<sup>3</sup>, при прямом посеве – 1,19 г/см<sup>3</sup>. К фазе бутонизации плотность в слое 0–30 см возрастала по всем изучаемым системам основной обработки почвы. На варианте с прямым посевом рост был минимальным, показатель составлял 1,22 г/см<sup>3</sup>. По вспашке и дискованию плотность возрастала до 1,28 и 1,31 г/см<sup>3</sup> соответственно. К уборке сложившаяся закономерность сохранялась, что говорит о том, что при прямом посеве плотность почвы не является ограничивающим фактором.

К посеву гороха общая пористость в слое 0–30 см по всем фонам обработки почвы в соответствии со шкалой Н.А. Качинского имела «наилучшие» значения (> 50 %). Капиллярная пористость на всех вариантах превышала оптимальное значение. Пористость аэрации на всех вариантах была в пределах допустимой нормы – от 23 до 26 %. К фазе бутонизации показатель общей пористости по всем фонам снижался до 49–52 %, что является удовлетворительным. Наибольшей капиллярная пористость была на прямом посеве (26 %), некапиллярная – на вспашке (28 %). К уборке гороха сложившаяся закономерность сохранялась.

Наибольшее количество агрономически ценных агрегатов с наименьшей дифференциацией по слоям пахотного горизонта отмечалось на вариантах с прямым посевом (85 %). На дисковании и вспашке в среднем в пахотном слое доля агрономически ценных агрегатов была ниже на 7 и 9 % соответственно.

В современных условиях фитосанитарной дестабилизации агроэкосистем сформировать оптимальное фитосанитарное состояние посевов гороха только за счет систем основной агротехники невозможно при любом фоне обработки почвы: обилие сорных растений в посевах гороха по вспашке составляло 32 шт./м<sup>2</sup> (9 многолетних и 23 малолетних), по дискованию – 54 шт./м<sup>2</sup> (5 и 39 соответственно), при прямом посеве – 69 шт./м<sup>2</sup> (48 и 21 соответственно), что говорит о том, что при всех системах обработки необходимы дополнительные защитные мероприятия. Распространенность ржавчины на прямом посеве с конца цветения до полной спелости составляла от 51 до 84 %, по вспашке – от 50 до 77 %, по дискованию – от 47 до 77 %; развитие – от 4 до 36 %, от 4 до 38 и от 4 до 29 % соответственно, что превышало ЭПВ. Это говорит о том, что в отношении заболеваний, передающихся аэрогенным путем, ни одна из представленных систем обработки почвы не может обеспечить оптимального фитосанитарного состояния. Численность гусениц совки-гамма по всем изучаемым фонам обработки доходила до ЭПВ, установленного на уровне 5–10 шт./м<sup>2</sup>. Численность гороховой тли также превышала экономический порог вредоносности (30–50 особей на 10 взмахов сачком), что говорит о необходимости применения дополнительных приемов защиты в независимости от системы основной обработки почвы.

В условиях юга Нечерноземной зоны РФ в среднем за три года исследований урожайность гороха по фону прямого посева составляла 3,42 т/га, по дискованию – 3,36 т/га, по вспашке – 3,67 т/га, при большее влияние на урожайность оказывали погодные условия периода вегетации культуры.

Наибольшее накопление сырого протеина отмечено на варианте со вспашкой. На прямом посеве данный показатель достоверно снижался. Содержание сырого жира в зерне гороха изменялось от 1,08 до 1,14 %, крахмала – от 46,5 до 47,5 %, клетчатки – от 4,63 до 4,72 % и достоверно не различалось в зависимости от системы

основной обработки почвы. Аналогичная закономерность отмечена и в отношении содержания макроэлементов в зерне гороха: средние трехлетние данные свидетельствуют о несколько большем общем выносе N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O при проведении осенней вспашки.

Экологическая оценка систем основной обработки почвы на основе биологической активности почвы выявила, что интенсивность разложения целлюлозы большей была на вспашке (10,2 %) и дисковании (9,5 %), минимальной – на прямом посеве (7,3 %). Наибольшей масса клубеньков была на вспашке (0,28 г/м<sup>2</sup>), на дисковании – 0,22 г/м<sup>2</sup>, на прямом посеве – 0,20 г/м<sup>2</sup>.

При сопоставимых показателях урожайности рентабельность производства гороха на прямом посеве была выше и составляла 75 %, что связано с уменьшением производственных затрат. Коэффициент биоэнергетической эффективности при данной системе обработки также был наибольшим 1,82.

Перспективными направлениями дальнейших научных исследований по тематике диссертации являются изучение комбинации рассматриваемых систем обработки почвы с другими элементами системы земледелия как-то система удобрений, система защиты растений с использованием биологических препаратов, сортовая отзывчивость гороха на системы основной обработки почвы.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

В условиях юга Нечерноземной зоны на черноземах оподзоленных в звене севооборот горох, озимая пшеница, соя, ячмень с целью энерго- и ресурсосбережения, сохранения агрофизических и биологических показателей плодородия почвы, получения урожайности 3,4 т/га, рентабельности производства 75 % целесообразно под горох использовать технологию прямого посева, при комплексном применении химических средств защиты растений.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамкина, Л. П. Анализ трудовых затрат при возделывании гороха на семенные цели / Л. П. Абрамкина, Е. В. Калабашкина, С. В. Ульдина // Аграрная Россия. – 2020. – № 2. – С. 40–44. – DOI 10.30906/1999-5636-2020-2-40-44.
2. Авальбаев, М. С. Влияние способов основной обработки на свойство обыкновенных черноземов и урожай яровой пшеницы в Зауралье Башкортостана : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мэлс Ситдикович Авальбаев. – Уфа, 1998. – 23 с.
3. Агеев, А. А. Почвозащитные и ресурсосберегающие системы обработки почвы в земледелии Челябинской области / А. А. Агеев, Ю. Б. Анисимов, А. В. Вражнов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2019. – № 6 (80). – С. 41–44.
4. Адаптивно-интегрированная защита растений / Ю. Я. Спиридонов, М. С. Соколов, А. П. Глинушкин и др. – М.: ПЕЧАТНЫЙ ГОРОД, 2019. – 628 с
5. Акимов, Т. А. Развитие грибных болезней и защита зерновых культур при разных технологиях возделывания в ЦР НЧЗ : дис. ... канд. с.-х. наук / Тим Артемович Акимов. – М., 2016. – 156 с.
6. Акчурин, Р. Л. Продуктивность зерновых и зернобобовых культур при различных способах обработки почвы / Р. Л. Акчурин, И. О. Чанышев, Р. К. Нафиков, А. А. Низаева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 8. – С. 14–17. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10803.
7. Алехин, В. Т. Тактика борьбы с вредителями гороха / В. Т. Алехин, И. Н. Иванова // Защита и карантин растений. – 2010. – № 4. – С. 52–54.
8. Алметов, Н.С. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых и картофеля / Н.С. Алметов // Земледелие. – 1997. – № 2. – С. 35–36.
9. Антонов, И. В. Эффективность основной обработки почвы в регулировании азотфиксирующей активности и продуктивности гороха в лесостепи Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. н. / И. В. Антонов – Ульяновск, 2004. – 223 с.



10. Апаева, Н. Н. Фитосанитарное состояние почвы в зависимости от агротехнических приемов возделывания зерновых культур / Н. Н. Апаева, С. Г. Манишкин, Г. С. Марьин, О. Г. Марьина-Чермных [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2 (76). – С. 26–31.
11. Арешников Б.А. Научные основы разработки систем защиты зерновых культур от вредителей на Украине и Северном Кавказе / Б. А. Арешников, С. П. Старостин // Интегрированная защита зерновых культур. – 1981. – №3. – 28–46 с.
12. Асыка, Н. Р. Избранные статьи и рекомендации по земледелию за 2001–2002 годы / Н. Р. Асыка. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2003. – 160 с.
13. Афанасьев, Н.М. Основные проблемы физики дерново-подзолистых почв БССР и пути их решения / Н.М. Афанасьев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С.128–138.
14. Ашмарина, Л. Ф. Болезни люпина в Западной Сибири / Л. Ф. Ашмарина, Д. Ю. Бакшаев, А. И. Ермохина, Т. А. Садохина // Защита и карантин растений. – 2019. – № 2. – С. 19–21.
15. Баздырев Г. И. Система обработки почвы и засоренность посевов / Г. И. Баздырев, С. Л. Дорджиев // Земледелие. – 1991. – №2. – 61-63 с.
16. Баздырев, Г. И. Агроэкологическая и агрономическая эффективность почвозащитных приемов обработки почвы и средств химизации на склоновых землях / Г. И. Баздырев, М. А. Павликов // Изв. ТСХА. – 2004. – Вып. 2. – С. 3–15.
17. Баздырев, Г. И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии / Г. И. Баздырев. – М. : Изд-во МСХА, 2004. – 228 с.
18. Баздырев, Г. И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии : Учеб. пособие для студентов вузов по агр. спец. / Г. И. Баздырев, Л. И. Зотов, В. Д. Полин ; Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. – Москва : Изд-во МСХА, 2004.
19. Бакиров Ф. Г. Прямой посев и No-till в Оренбуржье / Ф. Г. Бакиров, Д. Г. Поляков, А. В. Халин, А. А. Баландина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5(73). – С. 50–54.

20. Бакиров, Ф. Г. Влагосбережение в ресурсосберегающих технологиях выращивания полевых культур на Южном Урале / Ф. Г. Бакиров, А. П. Долматов, В. А. Любчик [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(53). – С. 168-171.
21. Бакиров, Ф. Г. Влияние ресурсосберегающих систем обработки на агрофизические и почвозащитные свойства чернозема южного и урожайность зерновых / Ф. Г. Бакиров // Зерновое хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 19–21.
22. Белошапкина, О. О. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы / О. О. Белошапкина, Т. А. Акимов // Известия ТСХА – 2016. – № 3. – С. 47–60.
23. Беляева, О. Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта / О. Н. Беляева // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 16–18.
24. Билай, В. И. Микромицеты почв / В. И. Билай, И. А. Элланская, Т. С. Кириленко [и др.]; под общ. ред. В. И. Билай. – Киев : Наукова думка, 1984. – 264 с.
25. Бондарев, А. Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв. / А. Г. Бондарев, В. В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. М.: Наука., 1980 – с. 85–98.
26. Борзенкова, Г. А. Система рационального применения протравителей и оптимизация их совместного использования с биопрепаратами и ФАВ в защите гороха от болезней в условиях юга Нечерноземной зоны России / Г. А. Борзенкова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1 (1). – С. 90–98.
27. Боризенкова, Г. А. Видовой состав и патогенные свойства возбудителей фузариозной корневой гнили гороха в условиях Средней полосы России / Г. А. Боризенкова // Вопросы физиологии, селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. – Орел : Орелиздат, 2001. – С. 242–247.

28. Боровой, М. В. Видовой состав и биоэкологические особенности патогенных комплексов в агроценозах озимой пшеницы при разных способах обработки почвы. / М. В. Боровой, Н. Д. Добрынин, В. И. Абеленцев // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 4. – С. 19–21.

29. Бочкарев, Д. В. Влияние способов освоения залежных земель на агрофизические показатели плодородия чернозема оподзоленного / Д. В. Бочкарев, Т. Ф. Девяткина, Ю. Н. Недайборщ, С. В. Емельянов, В. Д. Бочкарев // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 11. – С. 6–10.

30. Бочкарев, Д. В. Изменение состава и численности сорного компонента агрофитоценозов Республики Мордовия за длительный период времени под влиянием антропогенного воздействия / Д. В. Бочкарев, Н. В. Смолин, Т. Ф. Зайчикова, А. П. Овчинников // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 4. – С. 95–97.

31. Бочкарев, Д. В. Хронологическая трансформация сорной флоры агрофитоценозов при различном уровне антропогенного воздействия / Д. В. Бочкарев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 6. – С. 22–28.

32. Бочкарев, Д. В. Эволюция сорного компонента агрофитоценозов юга Нечерноземной зоны в XX – XXI столетиях / Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский, Н. В. Смолин // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Сер. "Лапшинские чтения". – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2016. – С. 4–11.

33. Бочкарев, Д. В. Динамика сорного компонента агрофитоценозов Мордовии / Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский, Н. В. Смолин // Вестн. защиты растений. – 2013. – № 3. – С. 51–60.

34. Бочкарев, Д. В. Эволюция сорного компонента агрофитоценоза при длительном антропогенном воздействии / Д. В. Бочкарев, Н. В. Смолин // Сорные растения в изменяющемся мире : актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции : материалы I Междунар. науч. конф. – СПб. : Изд-во ВИР, 2011. – С. 44–46.

35. Бызов И.С. Ресурсосберегающие обработки почвы в зернотравяном севообороте / И.С. Бызов, П.А. Постников, А.Б. Пономарев, Р.Р. Гарифьянова // Земледелие. – 2015. – № 1. – С.15-17
36. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
37. Вандышев, И. А. Системы обработки почвы в технологиях зернобобовых и зернофуражных культур лесостепи Поволжья : автореф. дис. ... канд. с.–х. н. / И. А. Вандышев– Кинель, 1997. – 22 с.
38. Вильямс, В. Р. Собрание сочинений: в 12 т. / В.Р. Вильямс. – М. : Сельхозиздат, 1949. – Т. 3 : Земледелие. – 568 с.
39. Власенко, А. Н. Перспективы технологии No-till в Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 16–19.
40. Власенко, А. Н. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин, О. В. Кулагин // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 6. – С. 5–9.
41. Власенко, Н. Г. К вопросу о формировании фитосанитарной ситуации в посевах в системе No-till / Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких, И. Г. Бокина. – Новосибирск : Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, 2013. – 124 с.
42. Власенко, Н. Г. Плюсы и минусы агротехнического метода защиты растений / Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких // Защита и карантин растений. – 2012. – № 2. – С. 16–19.
43. Власенко, Н. Г. No-till-технология в земледелии Сибири / Н. Г. Власенко, Н. А. Коротких, О. В. Кулагин [и др.] // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Саранск, 17–18 апреля 2014 года). – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 44–51.
44. Воронцов, В. А. Борьба с засоренностью в зернопаровом севообороте / В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин // Защита и карантин растений. – 2019. – № 7. – С. 26–29.

45. Воронцов, В. А. Влияние основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на урожайность сои и экономическую эффективность её выращивания / В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин, О. М. Иванова, Е. В. Дудова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 16. – № 4. – С. 36–42.
46. Вьюгин, С. М. Регулирование фитосанитарного состояния агроценозов / С. М. Вьюгин, Г. В. Вьюгина // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 39–41.
47. Гармашов, В.М. Влияние основной обработки на агрофизические показатели чернозема обыкновенного / В.М. Гармашов // Земледелие. – 2004. – № 6. – С.12.
48. Гармашов, В.М. Минимализация обработки почвы в ЦентральноЧерноземной зоне / В.М. Гармашов, А. Л. Качанин // Земледелие. –2007. – №. 6. – С. 8–10.
49. Географический атлас Республики Мордовия / А. А. Ямашкин, С. М. Вдовин, В. А. Юрченков и др. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2012. – 204 с.
50. Гилев С. Д. Эффективность прямого посева в Зауралье / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. А. Замятин, А. П. Курлов // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 19–22.
51. Гилев, С. Д. Изменение микологического состава выщелоченного чернозема Зауралья при применении технологий без обработки почвы / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. Н. Копылов [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2020. – № 3 (35). – С. 25–29.
52. Гилев, С. Д. Технология без обработки почвы в исследованиях Курганского НИИСХ / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. Н. Копылов [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № S5 (12). – С. 40–46. – DOI: 10.25930/0372-3054/006.5.12.2019.
53. Горбунов, М. Ю. Листостеблевые заболевания яровой пшеницы при различных технологиях обработки почвы / М. Ю. Горбунов, Ю. А. Усольцев // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 4 (20). – С. 33–36

54. Горянин О. И., Чуданов И. А. Влияние систем обработки почвы на плотность чернозёма обыкновенного в Заволжье // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 7. – С. 44–47.

55. Горянин, О. И. Агротехнологические основы повышения эффективности возделывания полевых культур на черноземе обыкновенном среднего Заволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук / Горянин Олег Иванович. – Саратов, 2016. – 477 с.

56. Горянин, О. И. Интенсификация прямого посева в Заволжье / О. И. Горянин // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № S5(12). – С. 46–51.

57. Гребенников, А. М. Влияние применения различных способов основной обработки на запасы продуктивной влаги в агрочерноземах / А. М. Гребенников, А. С. Фрид, С. В. Сапрыкин, Ю. И. Чевердин // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 40–47.

58. Гребенников, А. М. Влияние различных приемов основной обработки на порозность пахотных черноземов / А. М. Гребенников, А. С. Фрид, С. В. Сапрыкин, Ю. И. Чевердин // Аграрная Россия. – 2020. – № 11. – С. 21–26. – DOI: 10.30906/1999-5636-2020-11-21-26.

59. Гребенников, А. М. Влияние разных способов обработки почв на урожайность гороха / А. М. Гребенников, А. С. Фрид, В. П. Белобров [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 2. – С. 16–20.

60. Гребенников, А. М. Влияние смешивания посевов на микробиологическую активность почв / А. М. Гребенников // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2008. – № 61. – С. 75–82.

61. Гребенников, А. М. Влияние способов обработки миграционно-мицелиарных черноземов на урожайность сельскохозяйственных культур / А. М. Гребенников, В. А. Исаев, С. А. Юдин [и др.] // Вестник российской с.-х. науки. – 2019. – № 2. – С. 38–41. – DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/38-41.

62. Гродзинский А. М. Санитарная роль крестоцветных культур в севообороте / А. М. Гродзинский // Аллелопатия и продуктивность растений: Сборник научных трудов. – Киев.: Наукова думка, 1990. – 3–14 с.

63. Гудзь В. П. Обработка почвы и предшественники озимой пшеницы / В. П. Гудзь, А. А. Цюк, В. Н. Дудченко // Земледелие. – 1998. – №2. – 22 с.
64. Гулянов, Ю. А. Обоснование природоподобных технологических подходов в агротехнологиях степной зоны Южного Урала в условиях современных климатических и антропогенных изменений / Ю. А. Гулянов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4(84). – С. 9–15.
65. Данилов, Г. Г. Система обработки почвы / Г. Г. Данилов, И. Ф. Каргин, Н. С. Немцев. – М. : Россельхозиздат, 1982. – 270 с.
66. Девтерова, Н. И. Влияние различных приемов обработки почвы на продуктивность культур и агрофизические свойства слитых черноземов / Н. И. Девтерова, О. А. Благополучная // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 31–33.
67. Демкин, В. И. Интегрированная система защиты гороха от вредных объектов в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / В. И. Демкин, М. В. Добронравова, Н. Н. Васильева // Вестник АПК Ставрополя. – 2011. – № 1(1). – С. 7–10.
68. Денисов, Е. П. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве / Е. П. Денисов, А. П. Солодовников, А. С. Линьков, Ф. П. Четвериков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 8. – С. 10–15.
69. Денисов, Е. П. Влияние различных приемов основной обработки почвы на продуктивность гороха в условиях правобережья / Е. П. Денисов, А. П. Солодовников, И. А. Кутафин, Ф. П. Четвериков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 4. – С. 5–8.
70. Денисов, К. Е. Энергосберегающие технологии обработки почвы при возделывании ярового ячменя на южных черноземах правобережья / К. Е. Денисов, А. П. Солодовников, Ф. П. Четвериков, Ю. А. Тарбаев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 4. – С. 9– 12.
71. Джандаров, А. Н. Влияние технологии возделывания на агрофизические свойства почвы и урожайность гороха / А. Н. Джандаров // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3 (12). – С. 431–435. – DOI: 10.25930/2218-855X/109.3.12.2019.

72. Дозоров, А. В. Оптимизация продукционного процесса гороха и сои в условиях лесостепи Поволжья / А. В. Дозоров, О. В. Костин ; А.В. Дозоров, О.В. Костин. – Ульяновск : Ульян. гос. с.-х. акад., 2003. – 166 с.
73. Долгов С.И. Агрофизические методы исследований почв. // С.И. Долгов, П.У. Бахтин– М.: Колос, 1966. – 156 с.
74. Долотин, И.И. Сохранение влаги – залог урожая / И.И. Долотин // Зерновое хозяйство. – 2001. – № 1. – С. 9–10.
75. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М. : Альянс, 2011. – 350 с.
76. Дубовик, Д. В. Минимизация основной обработки почвы под горох в Курской области / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. В. Шумаков [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 11. – С. 26–31.
77. Еремин, Д. И. Физические свойства выщелоченных черноземов Северного Зауралья в условиях длительного сельскохозяйственного использования / Д. И. Еремин, Д. В. Еремина, Ж. А. Фисунова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 4 (58). – С. 49–51.
78. Ершов, В. Л. Агроэкологическая и экономическая эффективность технологии возделывания гороха в подтаежной зоне Западной Сибири / В. Л. Ершов, Н. С. Скатова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2012. – № 9. – С. 3–5.
79. Есаулко А. Н. Эффективность применения технологии No-till в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края / А. Н. Есаулко, Е. Б. Дрепа, А. Ю. Ожередова, Е. В. Голосной // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 28–31.
80. Жученко, А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России / А. А. Жученко. – М. : Агрорус, 2004. – 1109 с.
81. Заболотских, В.В. Влияние минимизации обработки почвы на урожайность гороха и агроэкологические параметры чернозема южного карбонатного Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Владимир Владимирович Заболотских. – Красноярск, 2014. – 19 с.



82. Забродкин, А.А. Эффективность минимальной обработки почвы в звене севооборота как фактора биологической интенсификации земледелия: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Андрей Алексеевич Забродкин. – Орел, 2013. – 18 с.

83. Зайчикова, Т. Ф. Изменение засоренности агрофитоценозов Республики Мордовия во времени и эффективность химического метода борьбы со злостными сорняками : дис. ... канд. с.-х. наук / Татьяна Федоровна Девяткина. – Саранск, 2005 – 172 с.

84. Заревина, К. С. Вредоносность и меры борьбы с ржавчиной гороха в Приобье Алтайского края / К. С. Заревина // Ломоносовские чтения на Алтае : фундаментальные проблемы науки и образования : сб. науч. статей Междунар. конф. (Барнаул, 20–24 октября 2015 г.). – Барнаул : Алтайский ГАУ, 2015. – С. 1508–1510.

85. Заревина, К. С. Особенности развития и вредоносность ржавчины гороха в лесостепной зоне Алтайского края / К. С. Заревина // Современные разработки молодых ученых для АПК Западной Сибири : сб. статей / Алтайский НИИСХ. – Барнаул : Новый формат, 2017. – С. 117–121.

86. Иванова, И. Н. Агроэкологическое обоснование защиты посевов гороха от вредителей в Центральном Черноземье : автореф. дисс.... канд. с-х н. / И. Н. Иванова – Воронеж, 2009. – 22 с.

87. Иванцова, Е. А. Болезни сои / Е. А. Иванцова // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 6 (48). – С. 62–65.

88. Ивенин, В. В. Совершенствование основных элементов системы земледелия на серых лесных почвах Волго-Вятского региона : автореферат дис. ... д-ра с.-х. н. / В. В. Ивенин – Кинель, 1997. – 30 с.

89. Ивойлов, А. В. Влияние внесения удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи в зависимости от предшественников и способов основной обработки почвы / А. В. Ивойлов, Н. Т. Борискин, М. Н. Бессонова // Агрохимия. – 1992. – № 7. – С. 69–76.

90. Ивойлов, А. В. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого под влиянием удобрений и различных способов основной обработки почвы / А. В. Ивойлов // Агрохимия. – 1992. – № 4. – С. 64–68.

91. Ивойлов, А. В. Основная обработка выщелоченного чернозема / А. В. Ивойлов // Земледелие. – 1991. – № 11. – С. 53–55.
92. Ивойлов, А. В. Отзывчивость кукурузы на удобрения в зависимости от способов основной обработки почвы и условий погоды / А. В. Ивойлов, Н. Т. Борискин, М. Н. Бессонова // Агротехника. – 1993. – № 5. – С. 31–38.
93. Ивойлов, А. В. Отзывчивость смеси вики с овсом на удобрения при различных способах обработки почвы / А. В. Ивойлов, Н. Т. Борискин, М. Н. Бессонова // Агротехника. – 1991. – № 6. – С. 46–50.
94. Ивойлов, А. В. Эффективность различных приемов основной обработки почвы в звене севооборота на выщелоченных черноземах Мордовии / А. В. Ивойлов // Повышение плодородия эродированных почв в Нечерноземной зоне : тр. Уральск. НИИСХ. – Т. 46. – Свердловск : [б. и.], 1986. – С. 142–148.
95. Ивченко, В. К. Влияние приемов основной обработки почвы на засоренность и урожайность посевов кукурузы в зернопаропропашном севообороте / В. К. Ивченко, В. А. Полосина, И. О. Ильченко, М. В. Луганцева // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 5(140). – С. 22–29.
96. Ильвес, А. Л. Оценка энергосберегающего эффекта базовых элементов агротехнологий / А. Л. Ильвес, О. А. Драгунов, Л. П. Смолина // Аграрная Россия. – 2017. – № 4. – С. 2–6.
97. Исаев, А. П. Энергосберегающие приемы технологии возделывания гороха / А. П. Исаев // Земледелие. – 1997. – № 5. – С. 23–24.
98. Исайкин, И. И. Плуг – сорнякам друг / И. И. Исайкин, М. К. Волков // Земледелие. – 2007. – № 1. – С. 23–24.
99. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков. – Самара: Изд-во Самарской ГСХА, 2008. – 251 с.
100. Казанцев С.И. Эффективность минимальных способов основной обработки почвы в звене зернопропашного севооборота на типичных черноземах Центрального Черноземья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / С.И. Казанцев – Орел, 2013. 22 с.

101. Каргин, В. И. Научные аспекты регулирования влагообеспеченности в высокопродуктивных агроценозах лесостепи Среднего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. н. / В. И. Каргин – Ульяновск, 2009. – 461 с.
102. Каргин, И. Ф. Способы основной обработки аллювиальной почвы и продуктивность звена севооборота / И. Ф. Каргин, А. А. Зубарев, Н. Н. Иванова // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 19–21.
103. Каргин, И.Ф. Влияние основной обработки и минеральных удобрений на рост корневой системы и влагообеспеченность / И.Ф. Каргин, Н. П. Мандров, С. Д. Лябин // Почвоведение. – 1997. – № 6. – С. 758.
104. Кинчарова, М. Н. Фитосанитарное состояние семян маша в Среднем Поволжье / М. Н. Кинчарова, А. А. Курьянович // Защита и карантин растений. – 2021. – № 2. – С. 44–45. – DOI: 10.47528/1026-8634\_2021\_2\_44.
105. Кирюшин, В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3–6.
106. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996. – 366 с.
107. Киселева, Т. С. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области / Т. С. Киселева, В. В. Рзаева // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 1. – С. 21–25. – DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10104.
108. Колесова, Д. А. Практические рекомендации по борьбе с вредителями гороха / Д. А. Колесова, П. Г. Чмырь, А. Ф. Рогулев. – Воронеж, 1985. – 22 с.
109. Корчагин, В. А. Системы обработки почвы в современных ресурсосберегающих технологических комплексах возделывания зерновых культур на черноземных почвах степных районов среднего Заволжья / В. А. Корчагин, С. В. Обущенко, О. И. Горянин, Б. Ж. Джангабаев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17. – № 4–3. – С. 546–550.

110. Котлярова, О.Г. Влияние основной обработки на агрофизические свойства чернозема типичного в посевах гороха / О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов // Земледелие – 2012. – № 4. – С. 27–28.

111. Котлярова, О.Г. Динамика сорной растительности в посевах гороха в зависимости от интенсивности обработки почвы и минерального питания / О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 7. – С. 51–53.

112. Кочмина, Е.О. Влагосберегающая эффективность технологии No-till при возделывании озимой пшеницы / Е.О. Кочмина, Н.П. Чекаев // Нива Поволжья, 2016. – № 1(38) – С. 35–41.

113. Кошкин, П.Д. Эффективность различных систем основной обработки почвы / П.Д. Кошкин // Земледелие. – 1997. – № 2. – С. 21–23

114. Кудин, С. М. Развитие ржавчины на различных сортах гороха в условиях лесостепи Среднего Поволжья / С. М. Кудин, В. В. Кошеляев, И. П. Кошеляева // Молодой ученый. – 2010. – № 11–2. – С. 205–206.

115. Кудрявцева, М. Н. Влияние основной обработки на засоренность почвы и посевов, урожайность яровой пшеницы / М. Н. Кудрявцева // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2014. – № 3 (27). – С. 15–20.

116. Кузина, Е. В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / Е. В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3(15). – С. 35–41.

117. Кузина, Е. В. Влияние различных способов обработки почвы на засоренность посевов в условиях лесостепи среднего Поволжья / Е. В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 3(19). – С. 80–85.

118. Кузина, Е. В. Изменение эрозионной устойчивости и агрегатного состава почвы при различных способах основной обработки / Е. В. Кузина // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения : сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, Курган, 15 апреля 2021 года. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 60–64.

119. Кузина, Е. В. Итоги изучения различных систем обработки почвы в зернопаровом севообороте на черноземах среднего Поволжья / Е. В. Кузина, С. Н. Немцев // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № S5 (12). – С. 65–71. – DOI: 10.25930/0372-3054/010.5.12.2019.

120. Кузнецова, И. В. Изменения физического состояния черноземов типичных и выщелоченных Курской области за 40 лет / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 434. – DOI 10.7868/S0032180X13040084.

121. Кузнецова, И. В. Нормативы изменения физических свойств почв степной, сухостепной, полупустынной зон европейской территории России / И. В. Кузнецова, Н. А. Азовцева, А. Г. Бондарев // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2011. – № 67. – С. 3–19.

122. Куликова, А. Х. Результаты 18-летних исследований систем основной обработки почвы в условиях Заволжья Ульяновской области / А. Х. Куликова, И. А. Вандышев, А. В. Карпов [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 2(3). – С. 12–21.

123. Куликова, А. Х. Системы основной обработки и гумусное состояние почвы / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, Н. В. Семенова // Земледелие. – 2003. – № 5. – С. 27.

124. Курдюкова, О. Н. Система основной обработки почвы и засоренность посевов в севообороте / О. Н. Курдюкова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 76–81.

125. Кушенов, Б.М. Продуктивность кормовых севооборотов в зависимости от обработки почвы / Б.М. Кушенов // Земледелие. – 2000. – № 6. – С. 15.

126. Лаптиева, А. Б. Предпосылки и основы химической защиты гороха от болезней / А. Б. Лаптиева, О. В. Кунгурцева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 99–103.

127. Лапшинов Н. А. Урожайность гороха сорта Виктория при различных системах обработки почвы / Н. А. Лапшинов, А. Л. Пакуль, Г. В. Божанова, В. Н. Пакуль // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 69–71.

128. Лебедева И. И. Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов Каменной степи / И. И. Лебедева, Г. С. Базыкина, А. М. Гребенников [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2016. – № 83. – С. 77–102. – DOI 10.19047/0136-1694-2016-83-77-102.
129. Ленточкин, А. М. Нулевая, минимальная или отвальная обработка / А. М. Ленточкин, П. Е. Ширококов, Л. А. Ленточкина // Земледелие. – 2016. – № 3. – С. 9–13.
130. Леонов, Н. Р. Микробиология / Н. Р. Леонов. – М. : Колос, 1980. – 326 с.
131. Лубенцов, С. М. Влияние способов основной обработки почвы и доз минеральных удобрений на свойства чернозема типичного и урожайность гороха в юго-западной части Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. н. / С.М. Лубенцов – Воронеж, 2015. – 22 с.
132. Лунева, Н. Н. Прогноз распространения видов сорных растений в агрофитоценозах полевых культур сплошного сева и пропашных на территории Ленинградской области / Н. Н. Лунева // Защита и карантин растений. – 2020. – № 10. – С. 26–29. – DOI: 10.47528/1026-8634\_2020\_10\_26.
133. Макаров, И. П. Эффективность приемов минимализации обработки почв / И. П. Макаров // Актуальные проблемы земледелия. – М. : ВАСХНИЛ., 1984. – С. 86–89.
134. Максютков, Н. А. Когда эффективна минимальная обработка почвы? / Н. А. Максютков // Земледелие. – 1998. – № 1. – С. 24–25.
135. Мальцев, Т.С. Вопросы земледелия / Т.С. Мальцев. – М. : Колос, 1971. – 391 с.
136. Мальцев, Т.С. Новая система обработки почвы и ее эффективность / Т.С. Мальцев. – Курган, 1954. – 60 с.
137. Манторова, Г. Ф. Численность и видовой состав элиминируемых растений в агрофитоценозе в лесостепи Южного Урала / Г. Ф. Манторова, Л. А. Зайкова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 7 (61). – С. 64–66.

138. Марковская, Г. К. Влияние различных способов основной обработки почвы на ее биологическую активность в условиях лесостепной зоны Самарской области / Г. К. Марковская, Ю. В. Юдина // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 21–23
139. Мартынова, Г. П. Регуляция фитосанитарии полевых агроценозов на Востоке Нечерноземья РФ / Г. П. Мартынова, Г. С. Марьин. – Йошкар-Ола, 2000. – 125 с.
140. Марьин, Г. С. Динамика и взаимодействие популяций микромицетов в интенсивном земледелии / Г. С. Марьин // Жизнь популяции в гетерогенной среде. Часть 2. – Йошка-Ола : Периодика Марий Эл, 1998. – С. 205–213.
141. Марьин, Г. С. Теоретические и технологические основы управлением фитосанитарным состоянием почвы северо-восточного Нечерноземья РФ : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Геннадий Семенович Марьин. – М. : ТСХА, 1996. – 36 с.
142. Мельцаев, И. Г. Роль систем обработки почвы в повышении ее плодородия в агроландшафтах Верхневолжья / И. Г. Мельцаев. – Иваново : [б. и.], 2002. – 367 с.
143. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве / под редакцией В.И. Долженко. – СПб.: МСХ; РАСХН; ВИЗР, 2013. – 280 с.
144. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве – С.Пб. : ВИЗР, 2009 – 378 с.
145. Методы почвенной микробиологии и биохимии / год ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. – С. 277–280.
146. Милюткин, В. Рапс в прямом посеве / В. Милюткин, А. Цирулев // Новое сельское хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 46–47
147. Мингалев, С. К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в системах земледелия Среднего Урала : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Сергей Кузмич Мингалев. – Тюмень, 2004. – 32 с.
148. Минимальная обработка почвы / под ред. А. И. Бараева. – М. : Колос, 1981.– 240 с.

149. Мищенко, Ю. Г. Влияние пожнивных сидератов на пористость почвы и урожайность картофеля / Ю. Г. Мищенко, И. Н. Масик // Наука и мир. – 2016. – №5 (33), Т. 2. – С 76–79.

150. Моисеев, А. А. Влияние систем удобрения и способов основной обработки чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого на продуктивность севооборота / А. А. Моисеев, А. В. Ивойлов, Н. Т. Борискин, М. Н. Бессонова, Л. Н. Прокина // Агрехимия. – 2004. – № 2. – С. 31–39.

151. Мониторинг основных вредителей посевов гороха и технология защиты – М : ФГНУ «Росинформагротех», 2002 – 32 с.

152. Нарушев, В.Б. Приемы ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур на черноземах Поволжья / В.Б. Нарушев, Е.В. Одинокоев, Д.С. Косолапов // Резервы устойчивого развития сельскохозяйственного производства Поволжья: сб. мат. Междун. науч.-пр. конференции ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2012 – С. 119–120.

153. Небавский, В. А. Технология нулевой обработки почвы и прямого посева: история, особенности и мотивация для внедрения / В. А. Небавский // Белгородский агромир. – 2010. – №6 (59). – С. 9–10.

154. Недайборщ, О. В. Динамика засоренности в звеньях севооборота с озимой пшеницей при освоении залежных земель / О. В. Недайборщ, Д. В. Бочкарев, Т. Ф. Девяткина // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии получения сельскохозяйственной продукции : материалы респ. науч.-практ. конф., посвящ. памяти С. А. Лапшина, д-ра с.-х. наук, проф., заслуженного деятеля наук РФ и РМ (26 февраля 2007 г., Саранск). – Саранск : [б. и.], 2007. – С. 277–281.

155. Немцев, С. Н. Экономическая и энергетическая оценка мелкой обработки выщелоченного чернозема под ранние зерновые культуры / С. Н. Немцев, В. И. Каргин, Р. А. Захаркина, Ю. И. Каргин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 4. – С. 38–40.

156. Немченко, В. В. Изменение фитосанитарной обстановки посевов пшеницы при минимизации обработки почвы в условиях Зауралья / В. В. Немченко, А.



Ю. Кекало, А. С. Филиппов, Н. Ю. Заргарян // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 6 (136). – С. 14–19.

157. Николаев, В. А. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы / В. А. Николаев, М. А. Мазиров, С. И. Зинченко // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 18–20.

158. Никольский, А. Н. Вредоносность корневищных и корнеотпрысковых сорных растений в посевах озимой пшеницы и ярового ячменя в условиях лесостепи юга Нечерноземной зоны / А. Н. Никольский, Д. В. Бочкарев, Т. Ф. Девяткина [и др.] // Вестник защиты растений. – 2020. – Т. 103. – № 3. – С. 182–187.

159. 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 (2). – С. 72–76.

160. Новиков, В. М. Влияние систем основной обработки почвы на замыкающую культуру в севообороте с просом, горохом, гречихой / В. М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013а. – № 1 (5). – С. 59–66.

161. Новиков, В. М. Дифференцированная система основной обработки почвы в зерновом звене зернопропашного севооборота / В. М. Новиков, Л. А. Нечаев // Главный агроном. – 2012. – № 8. – С. 7–9.

162. Новиков, В. М. Продуктивность гороха и сои в зависимости от основной обработки почвы и минеральных удобрений / В. М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013б. – № 2 (6). – С. 106–112.

163. Новиков, В. М. Формирование продуктивной влаги и водопотребление зернобобовыми и крупяными культурами под действием способов обработки почвы и удобрений / В. М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 1(9). – С. 84–91.

164. Овсинский, И. Е. Новая система земледелия. Перепечатка публикации 1899 г. (Киев, тип. С.В. Кульженко). / И. Е. Овсинский – Новосибирск : АГРО-СИБИРЬ, 2004. – 86 с.

165. Ознобихина, Л. А. Накопление и сохранение продуктивной влаги в ресурсосберегающих технологиях возделывания яровой пшеницы в лесостепи Северного Зауралья / Л. А. Ознобихина // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – № 1(32). – С. 78–84.

166. Орлов В.В. Нулевая обработка и водный режим почв / В.В. Орлов // Земледелие. – 2000. – № 6. – С. 42–44.

167. Охрытков, В. В. Практика внедрения ресурсосберегающих технологий на основе системы No-till / В. В. Охрытков // Ресурсосберегающие технологии в растениеводстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Нальчик : КБГАУ, 2014. – С. 131–138.

168. Павлов, И.Ф. Защита полевых культур от вредителей/И.Ф. Павлов. –М.: Россельхозиздат, 1987. –256 с.

169. Пакуль, А.Л. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного / А. Л. Пакуль, Н. А. Лапшинов, Г. В. Божанова, В. Н. Пакуль // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2019. – Т. 49. – № 3. – С. 16–23.

170. Пермякова, Т.Б. Возбудители гнилей ярового гороха в условиях центральной зоны Краснодарского края и совершенствование мер борьбы с ними / дис. ... канд. с.-х. н. / Т.Б. Пермякова – Краснодар, 1999 – 202 с.

171. Полин, В. Д. Роль интенсивности обработки почвы в изменении видового и количественного состава сорных растений / В. Д. Полин, И. Ф. Биналиев // Владимирский земледелец.– 2021. – № 1. – С. 31–35. DOI:10.24412/2225-2584-2021-1-31-35.

172. Полоус, В. С. Разработка элементов адаптивной системы основной обработки почвы в зернопропашном севообороте на черноземе обыкновенном в зоне недостаточного увлажнения: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Виктор Стефанович Полоус. – пос. Персиановский, 2012. – 50 с.

173. Полоус, В. С. Роль обработки чернозема обыкновенного и звена севооборота в формировании агрофизических показателей, засоренности и эффективности возделывания льна масличного – озимой пшеницы – могоара и гороха / В. С.

Полоус, С. Н. Осауленко // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 12. – С. 49–55.

174. Поляков, Д. Г. Потери влаги с поверхности почвы, покрытой соломенной и почвенной мульчей / Д. Г. Поляков, Ф. Г. Бакиров, А. В. Халин, Т. Н. Васильева // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2017. – № 3. – С. 10.

175. Поляков, Д. Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур / Д. Г. Поляков // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 37–43. – DOI 10.24411/0044-3913-2021-10208.

176. Пономарева, С. В. Оценка сортов гороха на устойчивость к аскохитозу / С. В. Пономарева, П. В. Орлов // Защита и карантин растений. – 2013. – № 1. – С. 23–24.

177. Порсев, И. Н. Агроприемы, оптимизирующие фитосанитарное состояние яровой пшеницы / И. Н. Порсев, Е. Ю. Торопова // Защита и карантин растений. – 2012 – № 8 – С. 23–26.

178. Порсев, И. Н. Адаптивные фитосанитарные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Зауралья : монография / под ред. В. А. Чулкиной. – Шадринск : Шадринский дом печати, 2009. – 320 с.

179. Постников, П. А. Влияние способов обработки почвы на урожайность зерновых культур и продуктивность севооборота / П. А. Постников, А. Б. Пономарев, В. В. Попова, О. В. Васина // АПК России. – 2016. – Т. 23. – № 2. – С. 315–320.

180. Постников, П. А. Плотность серой лесной почвы в зависимости от способов основной обработки / П. А. Постников, В. В. Попова, О. В. Васина // Владимирский земледелец. – 2017. – № 4(82). – С. 8–10.

181. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин. – М. : Колос, 1984. – 181 с.

182. Пупонин, А. И. Минимализация основной обработки дерново-подзолистой почвы под зерновые культуры в Центральных районах Нечерноземной зоны / А. И. Пупонин, Н. Ф. Хохлов // Минимализация обработки почвы. – М. : Колос, 1984. – С. 20–29.

183. Растворова, О. Г. Физика почв: практическое руководство. / О. Г. Растворова – Л.: ЛГУ, 1983. – 192 с.
184. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос, 1972. – 368 с.
185. 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.
186. Рымарь, С.В. Изменение показателей чернозёма обыкновенного под длительным воздействием удобрений и различных приёмов основной обработки почвы в условиях ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.В. Рымарь. – Каменная Степь, 2007. – 21 с.
187. Сабитов, М. М. Возделывание яровой пшеницы при разных уровнях интенсификации / М. М. Сабитов // Защита и карантин растений. – 2017. – № 3. – С. 20–23.
188. Савицкая, Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятий АПК / Г.В. Савицкая – М. : Новое знание, 2006 – 652 с.
189. Савоськина, О. А. Влияние систем обработки почвы на сорный компонент агрофитоценоза ячменя / О. А. Савоськина, С. И. Чебаненко, С. Г. Манишкин // Плодородие. – 2011. – № 6 (63). – С. 18–20.
190. Самерсов В.Ф. Принципы разработки интегрированной системы защиты зерновых культур от вредителей в Белоруссии/В.Ф. Самерсов//Интегрированная защита зерновых культур. –М.: Колос, 1981. –С. 74–86.
191. Санин, С.С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства// Защита и карантин растений, 2013, № 12, с. 3–9.
192. Санин, С. С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе / С. С. Санин // Известия ТСХА. – 2016. – № 6. – С. 45–55.
193. Сдобников, С.С. Пахать или не пахать? / С.С. Сдобников. – М. : Изд-во Россельхозакадемии, 2000. – 174 с.

194. Ситало, Г. М. Экономическая и биоэнергетическая эффективность применения биопрепаратов при возделывании гороха / Г. М. Ситало, Л. П. Бельтюков // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 2 (56). – С. 54–57.
195. Смолин, Н. В. Влияние средств химизации и мульчирования почвы соломой на продуктивность зернового севооборота и плодородие выщелоченного чернозема лесостепной зоны Нечерноземья: автореферат дис. ... д-ра с.-х. н. / Н. В. Смолин – Москва, 1998. – 43 с.
196. Смолин, Н. В. Мульчирование почвы в зерновой системе земледелия / Н. В. Смолин – Саранск : Изд-во МГУ им Н. П. Огарева, 1997. – 116 с.
197. Смолин, Н. В. Эволюция сорной флоры агрофитоценозов в Республике Мордовия / Н. В. Смолин, Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский, Р. Ф. Баторшин // *Земледелие*. – 2013. – № 8. – С. 38–40.
198. Смуров, С.И. Научные основы безотвальной системы обработки почвы / С.И. Смуров // *Земледелие*. – 1999. – № 2. – С. 17.
199. Соколов, Н. С. Общее земледелие : учеб. пособ. для с.-х. вузов / Н. С. Соколов. – М. : Сельхозгиз, 1935. – 668 с.
200. 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. Карабутов, Е. В. Навольнева // *Земледелие*. – 2018. – № 5. – С. 20–23. – DOI 10.24411/0044-3913-2018-10505.
201. Солодовников, А. П. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье / А. П. Солодовников, А. Ю. Левкина // *Аграрный научный журнал*. – 2020. – № 3. – С. 29–35. – DOI 10.28983/asj.y2020i3pp29-35.
202. Солодовников, А. П. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки / А. П. Солодовников, А. В. Летучий, Д. С. Степанов и др. // *Земледелие*. – 2015. – № 1. – С. 5–7.

203. Сорокин, М. И. Обработка почвы / М. И. Сорокин, К. А. Костров, А. В. Ивойлов // Рекомендации по освоению научно обоснованных систем земледелия в колхозах и совхозах Мордовской АССР. – Саранск : Мордов. кн. изд-во, 1987. – С. 7–14. ,
204. Сорокин, М. И. Система обработки почвы / М. И. Сорокин, К. А. Костров, А. В. Ивойлов // Система ведения сельского хозяйства Мордовской АССР / под ред. А. П. Брагина. – Саранск : Мордов. кн. изд-во, 1983. – С. 93–103.
205. Спиридонов, Ю. Я. Методические основы изучения вредоносности сорных растений / Ю. Я. Спиридонов // Агрехимия. – 2007. – № 3. – С. 68–77.
206. Спиридонов, Ю. Я. Программа интегрированной защиты посевов от сорной растительности / Ю. Я. Спиридонов // Защита и карантин растений. – 2000. – № 2. – С. 18–19.
207. Спиринов, А.П. Влагосберегающие агроприемы / А.П. Спиринов // Земледелие. – 1998. – № 2. – С. 16–18.
208. Стебут, А. И. Основы полевой культуры / А. И. Стебут // Избранные сочинения. – М. : Сельхозгиз, 1956. – Т. 1. – 192 с.
209. Танский, В. И. Элементы интеграции в системе защиты яровой пшеницы от серой зерновой совки / В. И. Танский, В. А. Шапиро, Т. А. Шехурина // Интегрированная защита зерновых культур. – М. : Колос, 1981. – С. 46–74.
210. Тегесов, Д.С. Ресурсосберегающие способы основной обработки почвы в Северном Прикаспии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Дольган Сергейевич Тегесов. – Пенза, 2017. – 23 с.
211. Тимирязев, К. А. Земледелие и физиология растений / К. А. Тимирязев // Избранные сочинения. – М. : Сельхозгиз, 1948. – Т. 2. – 425 с.
212. Ткачук, О. А. Сравнительная оценка энергетической эффективности агротехнических приемов в полевых севооборотах лесостепи среднего Поволжья / О. А. Ткачук, Е. В. Павликова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 1690.

213. Тойгильдин, А. Л. Оценка фитосанитарного состояния при возделывании зерновых бобовых культур в условиях лесостепной зоны Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, И. А. Тойгильдина [и др.] // Нива Поволжья. – 2021. – № 2 (59). – С. 19–27.
214. Торопова, Е. Ю. О роли биологического разнообразия в фитосанитарной оптимизации агроландшафтов / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, В. А. Чулкина, Е. Ю. Мармулева // Сельскохозяйственная биология. – 2013а. – Т. 48. – № 3. – С. 12–17.
215. Торопова, Е. Ю. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье / Е. Ю. Торопова, О. А. Казакова, И. Г. Воробьева, М. П. Селюк // Защита и карантин растений. – 2013б. – № 9. – С. 23–26.
216. Торопова, Е. Ю. Влияние способов обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов / Е. Ю. Торопова, В. А. Чулкина, Г. Я. Стецов // Защита и карантин растений. – 2010. – № 1. – С. 26–27.
217. Трофимова, Т. А. Влияние приемов основной обработки почвы и удобрений на агрохимические свойства черноземов / Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, В. П. Белоголовцев, С. А. Преймак // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 4. – С. 38–44.
218. Тулайков, Н.М. Избранные произведения, / Н. М. Тулайков. – М. : Сельхозлит, 1963. – 312 с.
219. Турин, Е. Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева в мире (Обзор) / Е. Н. Турин // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 2 (22). – С. 150–168. – DOI: 10.33952/2542-0720-2020-2-22-150-168.
220. Турусов, В. И. Приемы повышения продуктивности кукурузы в условиях Юго-Востока Центрально-Черноземной зоны / В. И. Турусов, В. М. Гармашов // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 3(106).
221. Турусов, В.И. Возможности минимализации обработки черноземных почв в Воронежской области / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, В. А. Шевченко, С. Е. Дудченко // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 12. – С. 5–8.

222. Усенко, С. В. Отзывчивость овса на удобрения в зависимости от обработки почвы и уровня защиты культур полевого севооборота в лесостепи Алтайского Приобья / С. В. Усенко, В. И. Усенко, А. А. Гаркуша [и др.] // Земледелие. – 2020. – № 1. – С. 44–48. – DOI 10.24411/0044-3913-2020-10112.

223. Федоров, В. А. Плуг – плоскорез – чизель / В. А. Федоров, В. А. Воронцов // Земледелие. – 1995. – № 4. – С. 39-40.

224. Фитосанитарное состояние пахотных почв в зависимости от обработки почвы и использования мульчи / Манишкин С.Г., Соловьев А.В., Марьин Г.С. и др. // Плодородие. – 2010. – № 5 (56). – С. 10–11.

225. Хазиев, А. З. Роль протравливания семян в борьбе с корневыми гнилями / А. З. Хазиев, Т. В. Зайцева, Ф. М. Хакимуллина // Защита и карантин растений. – 2015. – № 3. – С. 20–23.

226. Хилевский, В. А. Фитопатологическая экспертиза семян и защита озимой пшеницы от болезней в условиях Ростовской области как залог будущего урожая / В. А. Хилевский // Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Большие Вяземы, Московская область, 05–09 декабря 2016 г.). – Большие Вяземы : ООО "РС-дизайн", 2016. – С. 161–165.

227. Хлопяников, А.М. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от приемов основной обработки почвы и средств химизации / А.М. Хлопяников, А.Н.Крюков, К.Б. Ибадуллаев // Вестн. Брянск. ГАУ. – 2012. – № 4. – С. 280–282.

228. Холодов В. А. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования / В. А. Холодов, Н. В. Ярославцева, Ю. Р. Фарходов [и др.] // Почвоведение. – 2019. – № 2. – С. 184–193. – DOI 10.1134/S0032180X19020060.

229. Цветков, М. Л. Водный режим почвы зернопарового севооборота при минимализации основной обработки в условиях Приобья Алтая / М. Л. Цветков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5(67). – С. 35–40.



230. Цховребов, В. С. Эффективность применения технологии No-till на черноземах обыкновенных Ставропольского края / В. С. Цховребов, А. Б. Тетенищев, В. И. Фаизова [и др.] // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 15–18. – DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10303.

231. 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.

232. Чекмарёва, Л. И. Изменение элементов агроценоза пшеницы под влиянием обработки почвы / Л. И. Чекмарёва, Е. П. Денисов, С. Г. Лихацкая, И. С. Полетаев, Д. М. Лихацкий // Известия Оренбургского ГАУ. – 2015. – № 3 (53). – С. 20–22.

233. Черкасов, Г. Н. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев // Земледелие. – 2017. – № 2. – С. 10–13.

234. Черкасов, Г.Н. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах [Текст] / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев // Земледелие. – 2014. – № 5. С. 13–16.

235. Черкасов, Г.Н. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованны / Г.Н. Черкасов, И.Г. Пыхтин // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 20–22.

236. Чуданов, И. А. Оптимизация режима влажности черноземных почв при ресурсосберегающих технологиях / И. А. Чуданов, Л. Ф. Лигастаева // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 8. – С. 21–23.

237. Чуданов, И.А. Минимализация обработки черноземов / И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигастаева // Земледелие. – 2000. – № 4. – С. 15–16.

238. Чулкина, В. А. Агротехнический метод защиты растений (экологически безопасная защита растений) ; под ред. акад. РАСХН А. Н. Каштанова / В. А. Чулкина. – М. : Маркетинг; Новосибирск : ЮКЭА, 2000. – 336 с.

239. Шабалкин, А. В. Эффективность возделывания сои в зависимости от основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов / А. В. Шабалкин, В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин // Масличные культуры. – 2020. – № 2(182). – С. 70–75. – DOI: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-70-75.

240. Шашкаров, Л. Г. Плотность сложения пахотного слоя почвы в зависимости от сорта и приемов основной обработки почвы / Л. Г. Шашкаров, А. П. Овчинников // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11. – № 1(39). – С. 39–42. – DOI 10.12737/19320.

241. Шевченко, С. Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на черноземах Среднего Поволжья / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 26–28.

242. Шелухина, Н.В. Приемы основной обработки почвы под зернобобовые культуры / Н.В. Шелухина // Земледелие. – 2012. – № 2. – С. 24.

243. Шмидт, Д. Нужен ли плуг для вашей почвы? Отказ от плуга возможен на любых почвах и культурах / Д. Шмидт // Новое сельское хозяйство. – 2008. – №1. – С. 56–59.

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

245. Шуляковская, Л. Н. Путь к повышению плодородия почв / Л. Н. Шуляковская, Н. А. Сасова // Защита и карантин растений. – 2012. – № 8. – С. 14–15.

246. Шуровенков Ю.Б. И снова о роли агротехники / Ю.Б. Шуровенков, В.Т. Алехин // Защита растений. – 1995. – № 9. – С. 8–12.

247. Экономическая эффективность технологии возделывания гороха на семенные и продовольственные цели / Л. П. Абрамкина, Е. В. Калабашкина, С. В. Ульдина [и др.] // Аграрная Россия. – 2021. – № 4. – С. 45–48. – DOI 10.30906/1999-5636-2021-4-45-48.

248. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 76 с.

249. Энергетическая оценка эффективности приёмов возделывания полевых культур : учебное пособие / Э. Ф. Вафина, П. Ф. Сутыгин. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – 62 с.
250. Юнусов, Г. С. Эволюция систем обработки почвы : монография / Г. С. Юнусов, В. И. Макаров, И. Ф. Каргин и др. – Йошкар-Ола : Марийский государственный университет, 2010. – 384 с.
251. Яковлев, В. Х. Альтернативные высокоэффективные технологии в земледелии Сибири : теория и практика / В. Х. Яковлев. – Новосибирск : [б. и.], 2003. – 62 с.
252. Яковлев, В.Х. Высокий урожай – без осенней обработки / В. Х. Яковлев // Земледелие. – 2001. – № 5. – С. 33.
253. Alakukku, L. Grain yield and nutrient balance of spring cereals in different tillage systems / L. Alakukku, A. Ristolainen, T. Salo // Proceedings of ISTRO 18<sup>th</sup> Triennial Conference Sustainable Agriculture, June 15–19, 2009, Izmir, Turkey, CD-ROM. T6-005-1-T6-005-7. – tr, 2009.
254. Allard, C. L'antracnose du pois. Revue bibliographique et synthèse / C. Allard, L. Bill, G. Touraud // Agronomie. – 1993. – Vol. 13. – N 1. – P. 5–24.
255. Andersen, A. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pests and beneficial insects / A. Andersen // Crop Protection. – 2003. – Vol. 22. – No 1. – P. 147–152.
256. Anken, T. Nitrate leaching and soil structural properties under conventionally cultivated and No-till crops / T. Anken, P. Stamp, W. Richner, U. Walther, P. Weisskopf, J. Rek // Proc. 17<sup>th</sup> Conf. ISTRO. – Kiel, Germany. – 2006. – P. 1535–1540.
257. Arvidsson J. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012 / J. Arvidsson, A. Etana, T. Rydberg // European Journal of Agronomy. – 2014. – Vol. 52. – P. 307–315. – DOI: 10.1016/j.eja.2013.08.002.
258. Arvidsson, J. Energy use efficiency in different tillage systems for winter wheat on a clay and silt loam in Sweden / J. Arvidsson // European Journal of Agronomy. – 2010. – Vol. 33, N 3. – P. 250–256.

259. Ashman, M. R., Puri, G. Essential Soil Science: A clear and concise introduction to soil science / M. R. Ashman, G. Puri – Oxford : Wiley Blackwell Science, 2002.
260. Ball, B. C. Cultivation and nitrogen requirements for continuous winter barley on a gleysol and a cambisol / B. C. Ball, R. W. Lang, M. F. O'Sullivan, M. F. Franklin // Soil and Tillage Research. – 1989. – Vol. 13, N 4. – P. 333–352.
261. Bàrberi, P. Weed density and composition in winter wheat as influenced by tillage systems / P. Bàrberi, E. Bonari, M. Mazzoncini et al. // Conservation agriculture, a worldwide challenge. First World Congress on conservation agriculture, Madrid, Spain. Volume 2: offered contributions. – XUL, 2001. – P. 451–455.
262. Barralis, G. Study of the dynamics of a weed community. I. Evolution of the weed flora during the growth cycle of a crop [Barley] / Barralis G., Chadoeuf R. // Weed research. – 1980.
263. Basch, G., Teixeira, F. Mobilização de Conservação do Solo. / G. Basch, F. Teixeira – Portugal : APOSOLO, 2002. – 333 pp.
264. Benaragama D., Leeson J. L., Shirliffe S. J. Understanding the long-term weed community dynamics in organic and conventional crop rotations using the principal response curve method / D. Benaragama, J. L. Leeson, S. J. Shirliffe // Weed Science. – 2019. – T. 67. – №. 2. – P. 195–204.
265. Bockus, W. W. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens / W. W. Bockus, J. P. Shroyer // Annual review of phytopathology. – 1998. – Vol. 36. – N 1. – P. 485–500.
266. Brainard, D.C. Evaluating pest-regulating services under conservation agriculture: A case study in snap beans. / D.C. Brainard, A. Bryant, D.C. Noyes et al. // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2016. – T. 235. – P. 142–154.
267. Brainard, D.C. Weed ecology and management under strip-tillage: implications for Northern U.S. vegetable cropping systems / D.C. Brainard, E. Peachey, E. Haramoto et al. // Weed Technol. – 2013. – № 27 – P. 218–230.
268. Brar, A. S. Studies on composition of weed flora of wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to different tillage practices under rice-wheat cropping system / A.

S. Brar, U. S. Walia // *Indian Journal of Weed Science*. – 2007. – T. 39. – №. 3–4. – P. 190–196.

269. Cardina, J. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils / J. Cardina, E. Regnier, K. Harrison // *Weed Science*. – 1991. – P. 186–194.

270. Chhokar, R. S. Effect of tillage and herbicides on weeds and productivity of wheat under rice–wheat growing system / R. S. Chhokar, R. K. Sharma, G. Jat et al. // *Crop protection*. – 2007. – T. 26. – №. 11. – P. 1689–1696.

271. Christian, D.G. Reduced cultivations and direct drilling for cereals in Great Britain. / D.G. Christian, B.C. Ball // *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. – Florida, USA : Lewis Publishers, 1994 – pp. 117–140.

272. Clark, L.J. How do roots penetrate strong soil?. In: Abe, J. (eds) *Roots: The Dynamic Interface between Plants and the Earth*. / L.J. Clark, W.R. Whalley, P.B. Barraclough // *Developments in Plant and Soil Sciences*, vol 101 – Dordrecht : Springer, 2003. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-2923-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-017-2923-9_10)

273. Cordeau, S. Is Tillage a Suitable Option for Weed Management in Conservation Agriculture? / S. Cordeau, A. Baudron, G. Adeux // *Agronomy*. – 2020. – T. 10. – №. 11. – P. 1746.

274. Crutchfield, D. A. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control / D. A. Crutchfield, G. A. Wicks, O. C. Burnside // *Weed Science*. – 1986. – P. 110–114.

275. Döring, T. F. Response of alate aphids to green targets on coloured backgrounds / T. F. Döring, S. M. Kirchner, S. Kühne et al. // *Entomologia Experimentalis et Applicata*. – 2004. – T. 113. – №. 1. – P. 53–61.

276. Ehlers, W. Approaches toward conservation tillage in Germany. In: *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems* / W. Ehlers, W. Claupein // *Conservation tillage in temperate agroecosystems*. – CRC Press, 2017. – P. 141–165.

277. Fawcett, R., Caruana, S., Better soil, better yields / R. Fawcett, S. Caruana – Lafayette: Conservation Technology Information Center, 2001 – 20 p,

278. Feledyn-Szewczyk, B. Weed Flora and Soil Seed Bank Composition as affected by tillage system in three-year crop rotation / B. Feledyn-Szewczyk, J. Smagacz, C. A. Kwiatkowski et al. // *Agriculture*. – 2020. – T. 10. – №. 5. – P. 186.
279. Fernández-Ugalde O. et al. Soil water retention characteristics and the effect on barley production under no-tillage in semi-arid conditions of the Ebro Valley (Spain) // *Proceedings of the 18th ISTRO Conference*. – 2009. – P. 15–19.
280. Franke, A. C. Phalaris minor seedbank studies: longevity, seedling emergence and seed production as affected by tillage regime / A. C. Franke, S. Singh, N. McRoberts et al. // *Weed Research*. – 2007. – T. 47. – №. 1. – P. 73–83.
281. Franzluebbers A. J. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth / A. J. Franzluebbers // *Soil and Tillage research*. – 2002. – T. 66. – №. 2. – P. 197–205.
282. Froud-Williams, R.J. Influence of cultivation regime upon buried weed seeds in arable cropping systems / R.J. Froud-Williams, R.J. Chancellor // *Journal of Applied Ecology*. – 1983. – P. 199–208.
283. Gallandt, E. R. Effect of tillage, fungicide seed treatment, and soil fumigation on seed bank dynamics of wild oat (*Avena fatua*) / E. R. Gallandt, E. P. Fuerst, A. C. Kennedy // *Weed science*. – 2004. – T. 52. – №. 4. – P. 597–604.
284. Givens, W.A. Survey of tillage trends following the adoption of glyphosate-resistant crops. / W.A. Givens, D.R. Shaw, G.R. Kruger // *Weed technology*. – 2009. – T. 23. – №. 1. – P. 150–155.
285. Głąb, T. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*) / T. Głąb, B. Kulig // *Soil and Tillage Research*. – 2008. – T. 99. – №. 2. – P. 169–178.
286. Glendining, M. J. Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? / M. J. Glendining, A. G. Dailey, A. G. Williams, F.K. van Evert, K. W. T. Goulding, A. P. Whitmore // *Agricultural Systems*. – 2009. – Vol. 99, N 2–3. – P. 117–125.
287. Godfray, H. C. J. Food security and sustainable intensification / H. C. J. Godfray, T. Garnett // *Philosophical transactions of the Royal Society B: biological sciences*. –

2014. – Vol. 369, N 1639. – P. 1–10.

288. Gossen, B. D., Platford G. Blossom blight in alfalfa seed fields in Saskatchewan and Manitoba 1998 // Canadian Plant Disease Survey. – 1999. – T. 79. – P. 95–96.

289. Gray, S. Potato virus Y: an evolving concern for potato crops in the United States and Canada / S. Gray, S. De Boer, J. Lorenzen et al. // Plant Disease. – 2010. – T. 94. – №. 12. – P. 1384–1397.

290. Grundy, A. C. Modelling the emergence response of weed seeds to burial depth: interactions with seed density, weight and shape / A. C. Grundy, A. Mead, S. Burston // Journal of Applied Ecology. – 2003. – T. 40. – №. 4. – P. 757–770.

291. Hanavan, R. P. Effects of tillage practices on pea leaf weevil (*Sitona lineatus* L., Coleoptera: Curculionidae) biology and crop damage: A farm-scale study in the US Pacific Northwest / R. P. Hanavan, N. A. Bosque-Pérez // Bulletin of entomological research. – 2012. – T. 102. – №. 6. – P. 682–691.

292. Haramoto E. R. Spatial and temporal variability in Powell amaranth emergence under strip-tillage with cover crop residue / E. R. Haramoto, D. C. Brainard // Weed Science. – 2017. – T. 65. – №. 1. – P. 151–163.

293. Haramoto, E.R. Strip tillage and oat cover crops affect soil moisture and N mineralization patterns in cabbage / E. R. Haramoto, D. C. Brainard // HortScience. – 2012. – T. 47. – №. 11. – P. 1596–1602

294. Hatten, T. D. Tillage affects the activity-density, absolute density, and feeding damage of the pea leaf weevil in spring pea / T. D. Hatten, R. M. Dahlquist, S. D. Eigenbrode // Entomologia experimentalis et applicata. – 2010. – T. 136. – №. 3. – P. 235–242.

295. Hesler, L.S. Abundance of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) and their predators in spring wheat—alfalfa intercrops under different crop management intensities. / L.S. Hesler, R.W. Kieckhefer, P.D. Evenson // The Great Lakes Entomologist. – 2000. – T. 33. – №. 1. – P. 6.

296. Hoyt, G.D. Conservation tillage for vegetable production / G.D. Hoyt, D.W. Monks, T.J. Monaco // HortTechnology – 1994 – № 4. – P. 129–135.

297. Jackson, T. M. Building a climate resilient farm: A risk based approach for understanding water, energy and emissions in irrigated agriculture / T. M. Jackson, Munir A. Hanjra, S. Khan, M. M. Hafeez // *Agricultural Systems*. – 2011. – Vol. 104, N 9. – P. 729–745.
298. Kähkönen, H. Growth and yield of different spring cereal species in zero tillage, compared to conventional tillage / H. Kähkönen, L. Alakukku, T. Pitäkänen // *European Journal of Agronomy*. – 2011. – Vol. 34. – P. 35–45.
299. Kaurin, A. Consequences of minimum soil tillage on abiotic soil properties and composition of microbial communities in a shallow Cambisol originated from fluvio-glacial deposits / A. Kaurin, R. Mihelič, D. Kastelec, M. Schloter, M. Suhadolc, H. Grčman // *Biology and fertility of soils*. – 2015. – Vol. 51, N 8. – P. 923–933.
300. Knodel J. J., Shrestha G. Pulse crops: pest management of wireworms and cutworms in the Northern Great Plains of United States and Canada / J. J. Knodel, G. Shrestha // *Annals of the Entomological Society of America*. – 2018. – T. 111. – №. 4. – P. 195–204.
301. Kosterna, E. The effect of different types of straw mulches on weed-control in vegetables cultivation / E. Kosterna // *Journal of Ecological Engineering*. – 2014. – T. 15. – №. 4.
302. Koukolíček J. Influence of soil conservation practices on legume crops growth / J. Koukolíček, M. Yerout, J. Pulkrabek, K. Pazderu // *Plant, Soil and Environment*. – 2018. – Vol. 64, N 12. – P. 587–591.
303. Kraft, J. M. Fusarium wilt of peas (a review) / J. M. Kraft // *Agronomie*. – 1994. – Vol. 14. – N 9. – P. 561–567.
304. Krupinsky, J. M. Managing plant disease risk in diversified cropping systems / J. M. Krupinsky, K. L. Bailey, M. P. McMullen, B. D. Gossen // *Agronomy Journal*. – 2002. – Vol. 94, N 4. – P. 955. – DOI:10.2134/agronj2002.955a.
305. Kumar, V. Role of herbicide-resistant rice in promoting resource conservation technologies in rice–wheat cropping systems of India: a review / V. Kumar, R.R. Bellinder, R. K. Gupta // *Crop Protection*. – 2008. – T. 27. – №. 3–5. – P. 290–301.



306. Lipiec, J. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods / J. Lipiec, J.Kus, A. Słowinska-Jurkiewicz, A. Nosalewicz // Soil and Tillage research. – 2006. – T. 89. – №. 2. – P. 210–220.
307. Locke, M.A. Weed management in conservation crop production systems / M.A. Locke, K.N. Reddy, R.M. Zablotowicz, //Weed Biology and management. – 2002. – T. 2. – №. 3. – P. 123–132.
308. Macák, M. The Influence of Different Fertilization Strategies on the Grain Yield of Field Peas (*Pisum sativum* L.) under Conventional and Conservation Tillage / M. Macak, E. Candrakova, I. Dalovic, P. V. Vara Prasad, M. Farooq, J. Korczyk-Szabo, P. Kovacik, V. Siman-sky //Agronomy. – 2020. – Vol. 10, N 11. – P. 1728.
309. Małecka-Jankowiak, I. The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea (*Pisum sativum* L.) / I. Małecka-Jankowiak, A. Bleharczyk, D. Swędzyska, Z. Sawinska, T. Piechota // Acta Scientiarum Polonorum Agricultura. – 2017. – Vol. 15, N 1. – P. 37–50.
310. Martinez, I. Two decades of No-till in the Oberacker long-term field experiment: Part II. Soil porosity and gas transport parameters / I. Martinez, A. Cyervet, P. Weisskopf, W. G. Sturny, J. Rek, T. Keller // Soil and Tillage Research. – 2016. – Vol. 163. – P. 130–140.
311. Mathieson, J. T. Effects of tillage on common root rot of wheat in Texas / J. T. Mathieson, C. M. Rush, D. Bordovsky, L. E. Clark, O. R. Jones // Plant disease. – 1990. – Vol. 74, N 12. – P. 1006–1008.
312. Mohler, C. L. Weed seedling emergence and seed survival: separating the effects of seed position and soil modification by tillage / C. L. Mohler, A. E. Galford // Weed Research. – 1997. – T. 37. – №. 3. – P. 147–155.
313. Murphy, S. D. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation / S. D. Murphy, D. R. Clements, S. Belaoussoff et al. // Weed Science. – 2006. – T. 54. – №. 1. – P. 69–77.
314. NeSmith, D.S. Summer squash production using conservation tillage. / D.S. NeSmith, G. Hoogenboom, D.V. McCracken // HortScience. – 1994. – T. 29. – №. 1. – P. 28–30.

315. Ngwira, A. R. On-farm evaluation of the effects of the principles and components of conservation agriculture on maize yield and weed biomass in Malawi / A. R. Ngwira, J. B. Aune, C. Thierfelder // *Experimental Agriculture*. – 2014. – T. 50. – №. 4. – P. 591–610.
316. Pande, S. Integrated Management of Botrytis Gray Mold of Chickpea / S. Pande, G. Singh, R. J. Narayana, M. A. Bakr, P. C. P. Chaurasia, S. Joshi, C. Johansen, S. D Singh., J. Kumar, C. L. L. Gowda // *Information Bulletin*. No. 61, ICRISAT, Patancheru, India, 2002. – 32 pp.
317. Pittelkow, C. M. When does No-till yield more? A global meta-analysis / C. M. Pittelkow, B. A. Linquist, M. E. Lundy, X. Liang, K. J. van Groenigen, J. Lee, N. V. Gestel, J. Six, R. T. Venterea, C. V. Kessel // *Field crops research*. – 2015. – Vol. 183. – P. 156–168. – DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.020.
318. Porta-Puglia, A. Improvement of grain legumes general part: Diseases / A. Porta-Puglia, M. Aragona // *Field Crops Research*. – 1997. – Vol. 53, N 1–3. – P. 17–30.
319. Quisenberry, S.S. Insect distribution in a spring pea–winter wheat–spring barley crop rotation system. / S.S. Quisenberry, D.J. Schotzko, P.F. Lamb, F.L. Young // *Journal of Entomological science*. – 2000. – T. 35. – №. 3. – P. 327–333.
320. Rashid, K. Y. The effect of rust on yield of faba bean cultivars and slow-rusting populations / K. Y. Rashid, C. C. Bernier // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1991. – Vol. 71, N 4. – P. 967–972.
321. Ratnadass, A. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review / A. Ratnadass, P. Fernandes, J. Avelino, R. Habib // *Agronomy for sustainable development*. – 2012. – Vol. 32, N 1. – P. 273–303. – DOI: 10.1007/s13593-011-0022-4.
322. Ray, D. K. Recent patterns of crop yield growth and stagnation / D. K. Ray, N. Ramankutty, N. D. Mueller, P. C. West, J. A. Foley // *Nature communications*. – 2012. – Vol., N. 1. – P. 1–7.
323. Reuss, S. A. Effects of soiling depth aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil / S. A. Reuss, D. D. Buhler, J. L. Gunsolus // *Applied Soil Ecology*. – 2001. – Vol. 16. – P. 209–217.

324. Rusu, T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage / T. Rusu // International Soil and Water Conservation Research. – 2014. – Vol 2, N 4. – P. 42–49.
325. Santín-Montanyá, M. I. Dry pea (*Pisum sativum* L.) yielding and weed infestation response, under different tillage conditions / M. I. Santin-Montanya, E. Zambrana, J. L. Tenorio // Crop Protection. – 2014. – Vol. 65. – P. 122–128. – DOI: 10.1016/j.cropro.2014.07.017.
326. Saucke, H. Effect of sowing date and straw mulch on virus incidence and aphid infestation in organically grown faba beans (*Vicia faba*) / H. Saucke, M. Juergens, T. F. Döring et al. // Annals of applied biology. – 2009. – T. 154. – №. 2. – P. 239–250.
327. Saucke, H. Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes / H. Saucke, T. F. Döring // Annals of Applied Biology. – 2004. – T. 144. – №. 3. – P. 347–355.
328. Schmidt, J. E. Long-term agricultural management does not alter the evolution of a soybean – rhizobium mutualism / J. E. Schmidt, D. J. Weese, J. A. Lau // Ecological applications. – 2017. – Vol. 27, N 8. – P. 2487–2496.
329. Shaw, D. R. Using a grower survey to assess the benefits and challenges of glyphosate-resistant cropping systems for weed management in US corn, cotton, and soybean / D. R. Shaw, W. A. Givens, L. A. Farno, P. D. Gerard, D. Jordan, W. G. Johnson, S. C. Weller, B. G. Young, R. G. Wilson, M. D. K. Owen // Weed Technology. – 2009. – Vol. 23, N 1. – P. 134–149.
330. Sillero, J. C. Rust resistance in faba beans / J. C. Sillero, M. M. Rojas-Molina, A. A. Emeran, D. Rubiales // Grain legumes. – 2011. – Vol. 56. – P. 27–28.
331. Silva, V. R. Soil physical attributes in long-term soil management systems (tillage and No-till) / V. R. E. Silva, J. L. R. Torres, D. Costa, D. M. Da Silva Vieira, B. S. Silveira, E. Lemes // Journal of Agricultural Science. – 2020. – Vol. 12, N 4. – P. 194–207. – URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v12n4p194>.
332. Simon, A. Influence of soil tillage system upon the frequency of disease and pests attack in the case of pea / A. Simon, P. I. Moraru, T. Rusu et al. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – 2017. – T. 17. – P. 331–339.

333. Six, J. The potential to mitigate global warming with no - tillage management is only realized when practised in the long term / J. Six, S. V. Ogle, F. J. Breidt, R. T. Conant // *Global change biology*. – 2004. – Vol. 10, N 2. – P. 155–160.

334. Smith, E. A. Weed hosts for onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) and their potential role in the epidemiology of Iris yellow spot virus in an onion ecosystem/ E. A. Smith, A. Ditommaso, M. Fuchs et al. // *Environmental Entomology*. – 2011. – T. 40. – №. 2. – P. 194–203.

335. Sosnoskie, L. M. Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment / L. M. Sosnoskie, C. P. Herms, J. Cardina // *Weed science*. – 2006. – T. 54. – №. 2. – P. 263–273.

336. Stegmark, R. Downy mildew on peas (*Peronospora viciae* f. sp. *pisi*) / R. Stegmark // *Agronomie*. – 1994. – Vol. 14, N 10. – P. 641–647.

337. Stinner, B. R. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture / B. R. Stinner, G. J. House // *Annual review of entomology*. – 1990. – T. 35. – №. 1. – P. 299–318.

338. Sturz, A. V. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture / A. V. Sturz, M. R. Carter, H. W. Johnston // *Soil and Tillage Research*. – 1997. – Vol. 41. – N 3–4. – P. 169–189.

339. Teasdale, J. R., Mohler C. L. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches / J. R. Teasdale, C. L. Mohler // *Weed Science*. – 2000. – T. 48. – №. 3. – P. 385–392.

340. Teasdale, J.R. Cover crops, smother plants, and weed management / J.R. Teasdale // *Integrated Weed and Soil Management* – Chelsea, MI : Ann Arbor, 1998. – pp. 247–270.

341. Tebrügge, F. Crop yields and economic aspects of no-tillage compared to plough tillage: Results of long-term soil tillage field experiments in Germany / F. Tebrügge, A. Böhrnsen // *Proceedings of the EC-workshop IV, Boingneville*. – 1997. – P. 12–14.

342. Tebrügge, F. Reducing tillage intensity—a review of results from a long-term study in Germany / F. Tebrügge, R. A. Düring // Soil and tillage research. – 1999. – T. 53. – №. 1. – P. 15–28.

343. Van Herk, W. G. Distribution of pest Wireworm (Coleoptera: Elateridae) species in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba (Canada) / W. G. Van Herk, R. S. Vernon, T. J. Labun et al. // Environmental Entomology. – 2021. – T. 50. – №. 3. – P. 663–672.

344. Verhulst, N. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems / N. Verhulst, B. Govaerts, E. Verachtert et al. // Advances in soil science: Food security and soil quality. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. – 2010. – P. 137–208.

345. Wallace, R.W. Potato (*Solanum tuberosum*) yields and weed populations in conventional and reduced tillage systems. / R.W. Wallace, R.R. Bellinder // Weed Technology. – 1989. – T. 3. – №. 4. – P. 590–595.

346. Walters, S.A. Reduced tillage practices for summer squash production in southern Illinois / S.A. Walters, J.D. Kindhart // HortTechnology. – 2002. – T. 12. – №. 1. – P. 114–117.

347. Wenda-Piesik, A. Diversity of Species and the Occurrence and Development of a Specialized Pest Population – A Review Article / A. Wenda-Piesik, D. Piesik // Agriculture. – 2021. – Vol. 11, N 1. – P. 16.

348. Williamson, B. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease / B. Williamson, B. Tudzynski, P. Tudzynski, J. A. L. van Kan // Molecular plant pathology. – 2007. – Vol. 8, N 5. – P. 561–580.

349. Wilson, R. G. Effect of preplant tillage, post-plant cultivation, and herbicides on weed density in corn (*Zea mays*) / R. G. Wilson // Weed Technology. – 1993. – Vol. 7. – P. 728–734.

**Дисперсионный анализ влияния систем обработки на влажность почвы**  
**Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–**  
**2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0-30 см**

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	29,7	30,5	29,7	32,7
Дискование	30,6	31,1	33,2	30,8
Вспашка	31,9	30	32,4	31,7

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	30,7	2,0	1,42	0,71	97,7
2	4	31,4	1,4	1,20	0,60	98,1
3	4	31,5	1,1	1,04	0,52	98,3
По опыту	28	31,2				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	15,4	11				100
Повторений	3,8	3				25
Вариантов	1,8	2	0,89	0,54	5,14	12
Случайное	9,8	6	1,64			64

Ош.ср.=	0,64	Ош.опыта%=	2,05	Ош. разност	0,90
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	Fф<Fт		

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–**  
**2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0-50 см**

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	23,9	24,9	23,1	25,2
Дискование	25,3	25	25,3	24,7
Вспашка	26,5	26,7	24,8	25,2

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	24,3	0,9	0,96	0,48	98,0
2	4	25,1	0,1	0,29	0,14	99,4
3	4	25,8	0,9	0,94	0,47	98,2
По опыту	28	25,1				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	10,3	11				100
Повторений	2,1	3				20
Вариантов	4,7	2	2,33	3,87	5,14	45
Случайное	3,6	6	0,60			35

Ош.ср.=	0,39	Ош.опыта%=	1,55	Ош. разност	0,55
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	Fф<Fт		

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	30,8	30,7	30,7	30,2
Дискование	29,5	30,2	28,5	28,1
Вспашка	29,1	27,7	27,9	28,5

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	30,6	0,1	0,27	0,14	99,6
2	4	29,1	0,9	0,95	0,48	98,4
3	4	28,3	0,4	0,63	0,32	98,9
По опыту	28	29,3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	15,1	11				100
Повторений	1,5	3				10
Вариантов	11,0	2	5,48	12,52	5,14	73
Случайное	2,6	6	0,44			17

Ош.ср.= 0,33                      Ош.опыта%= 1,13                      Ош. разност    0,47  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР= 1,20

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	26,7	26,5	26,1	26,2
Дискование	28,3	26,3	28,3	26,2
Вспашка	26,4	28,1	28,5	28,7

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	26,4	0,1	0,28	0,14	99,5
2	4	27,3	1,4	1,18	0,59	97,8
3	4	27,9	1,1	1,05	0,52	98,1
По опыту	28	27,2				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	12,6	11				100
Повторений	0,8	3				7
Вариантов	4,8	2	2,42	2,11	5,14	39
Случайное	6,9	6	1,15			55

Ош.ср.= 0,54                      Ош.опыта%= 1,97                      Ош. разност    0,76  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР= Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	29,4	27,7	28,6	29,3
Дискование	26,7	24,9	27,2	25,8
Вспашка	22,1	23,8	23,7	24,1

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	28,8	0,6	0,79	0,39	98,6
2	4	26,2	1,0	1,01	0,51	98,1
3	4	23,4	0,8	0,90	0,45	98,1
По опыту	28	26,1				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	64,1	11				100
Повторений	2,0	3				3
Вариантов	56,7	2	28,36	31,44	5,14	89
Случайное	5,4	6	0,90			8

Ош.ср.= 0,47                      Ош.опыта%= 1,82                      Ош. разност 0,67  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР= 1,73

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	25,3	26,3	25,2	24,5
Дискование	25,9	26,8	25,1	25,1
Вспашка	24,8	24,3	26,7	25,6

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	25,3	0,5	0,74	0,37	98,5
2	4	25,7	0,7	0,81	0,40	98,4
3	4	25,4	1,1	1,05	0,52	97,9
По опыту	28	25,5				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	7,3	11				100
Повторений	1,0	3				14
Вариантов	0,4	2	0,20	0,20	5,14	5
Случайное	5,9	6	0,99			81

Ош.ср.= 0,50                      Ош.опыта%= 1,95                      Ош. разност 0,70  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР= Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	30,9	29,8	29,7	30,5
Дискование	27,5	27	26,4	27,7
Вспашка	29,9	28,8	29,8	29

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	30,2	0,3	0,57	0,29	99,1
2	4	27,2	0,3	0,58	0,29	98,9
3	4	29,4	0,3	0,56	0,28	99,1
По опыту	28	28,9				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	23,1	11				100
Повторений	1,5	3				7
Вариантов	20,2	2	10,09	44,01	5,14	87
Случайное	1,4	6	0,23			6

Ош.ср.= 0,24                      Ош.опыта%= 0,83                      Ош. разност    0,34  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      0,87

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2016–2017 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	24,4	23,4	23,5	24
Дискование	24,5	24,4	23,4	24
Вспашка	24,8	24,4	25,9	25,4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	23,8	0,2	0,46	0,23	99,0
2	4	24,1	0,2	0,50	0,25	99,0
3	4	25,1	0,4	0,66	0,33	98,7
По опыту	28	24,3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	6,5	11				100
Повторений	0,4	3				7
Вариантов	3,8	2	1,90	5,05	5,14	58
Случайное	2,3	6	0,38			35

Ош.ср.= 0,31                      Ош.опыта%= 1,26                      Ош. разност    0,43  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0–30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	29,1	31,4	31,1	29,7
Дискование	29,6	29,7	32,3	31,1
Вспашка	29,7	29,9	30,1	30,2

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	30,3	1,2	1,10	0,55	98,2
2	4	30,7	1,6	1,28	0,64	97,9
3	4	30,0	0,0	0,22	0,11	99,6
По опыту	28	30,3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	9,7	11				100
Повторений	4,3	3				45
Вариантов	1,0	2	0,49	0,67	5,14	10
Случайное	4,4	6	0,73			45

Ош.ср.= 0,43                      Ош.опыта%= 1,41                      Ош. разност    0,60  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0–50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	25,8	24,5	25,4	24,9
Дискование	26,8	26	25,8	26,8
Вспашка	27,1	27,9	27,9	26,7

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	25,2	0,3	0,57	0,28	98,9
2	4	26,4	0,3	0,53	0,26	99,0
3	4	27,4	0,4	0,60	0,30	98,9
По опыту	28	26,3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	13,0	11				100
Повторений	0,4	3				3
Вариантов	10,1	2	5,07	12,23	5,14	78
Случайное	2,5	6	0,41			19

Ош.ср.= 0,32                      Ош.опыта%= 1,22                      Ош. разност    0,46  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      1,17

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	29,4	31,4	29,3	31,1
Дискование	31,2	30,6	30	30,4
Вспашка	26,6	26,1	26,9	26,4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	30,3	1,2	1,10	0,55	98,2
2	4	30,6	0,3	0,50	0,25	99,2
3	4	26,5	0,1	0,34	0,17	99,4
По опыту	28	29,1				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	46,0	11				100
Повторений	0,7	3				2
Вариантов	41,2	2	20,60	30,80	5,14	90
Случайное	4,0	6	0,67			9
Ош.ср.=	0,41		Ош.опыта%=	1,40	Ош. разност	0,58
Кр.Стьюдент	2,57		НСР=	1,49		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	20,9	20	21,5	22
Дискование	23,8	23,6	24,5	24,8
Вспашка	24,6	24,6	24	25,3

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	21,1	0,7	0,86	0,43	98,0
2	4	24,2	0,3	0,57	0,28	98,8
3	4	24,6	0,3	0,53	0,27	98,9
По опыту	28	23,3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	33,5	11				100
Повторений	2,7	3				8
Вариантов	29,4	2	14,72	66,17	5,14	88
Случайное	1,3	6	0,22			4
Ош.ср.=	0,24		Ош.опыта%=	1,01	Ош. разност	0,33
Кр.Стьюдент	2,57		НСР=	0,86		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	15,4	15,7	15,7	14,6
Дискование	8,3	8,5	8,5	8,1
Вспашка	11,4	10,7	11,4	11,6

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	15,4	0,3	0,52	0,26	98,3
2	4	8,4	0,0	0,19	0,10	98,9
3	4	11,3	0,2	0,39	0,20	98,2
По опыту	28	11,7				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	100,3	11				100
Повторений	0,3	3				0
Вариантов	98,9	2	49,44	270,09	5,14	99
Случайное	1,1	6	0,18			1
	Ош.ср.=	0,21	Ош.опыта%=	1,83	Ош. разност	0,30
	Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	0,78		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	19,1	17,7	18,1	18,5
Дискование	20,4	19,2	19,4	19,3
Вспашка	20,4	19,1	20,7	20,5

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	18,4	0,4	0,60	0,30	98,4
2	4	19,6	0,3	0,56	0,28	98,6
3	4	20,2	0,5	0,73	0,36	98,2
По опыту	28	19,4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	10,5	11				100
Повторений	2,6	3				24
Вариантов	6,9	2	3,46	20,39	5,14	66
Случайное	1,0	6	0,17			10
	Ош.ср.=	0,21	Ош.опыта%=	1,06	Ош. разност	0,29
	Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	0,75		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	17,7	16,9	17,4	16,5
Дискование	9,7	9,5	10,3	9,4
Вспашка	11,9	11,2	11,2	10,9

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	17,1	0,3	0,53	0,27	98,4
2	4	9,7	0,2	0,40	0,20	97,9
3	4	11,3	0,2	0,42	0,21	98,1
По опыту	28	12,7				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	123,4	11				100
Повторений	1,3	3				1
Вариантов	121,6	2	60,78	677,43	5,14	98
Случайное	0,5	6	0,09			0

Ош.ср.=	0,15	Ош.опыта%=	1,18	Ош. разност	0,21
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	0,54		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2017–2018 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	18,5	17,4	17,3	18,4
Дискование	19,9	18,6	18	19,2
Вспашка	19,4	19,1	19,6	20,2

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	17,9	0,4	0,64	0,32	98,2
2	4	18,9	0,7	0,81	0,41	97,8
3	4	19,6	0,2	0,46	0,23	98,8
По опыту	28	18,8				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	9,6	11				100
Повторений	2,6	3				27
Вариантов	5,7	2	2,85	13,86	5,14	60
Случайное	1,2	6	0,21			13

Ош.ср.=	0,23	Ош.опыта%=	1,21	Ош. разност	0,32
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	0,82		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	20,6	21,6	22	21,9
Дискование	20,7	21,7	20,6	20,7
Вспашка	21,2	20,1	21,1	20,9

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	21,5	0,4	0,64	0,32	98,5
2	4	20,9	0,3	0,52	0,26	98,8
3	4	20,8	0,2	0,50	0,25	98,8
По опыту	28	21,1				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fта6095.	Влияние %
Общее	3,9	11				100
Повторений	0,3	3				7
Вариантов	1,1	2	0,57	1,38	5,14	29
Случайное	2,5	6	0,42			64

Ош.ср.=	0,32	Ош.опыта%=	1,53	Ош. разност	0,46
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	Fф<Fт		

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (до промерзания) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	17,3	18,2	18,2	17,8
Дискование	18,7	19,6	18,1	18,7
Вспашка	18,6	19,7	18,8	19,3

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	17,9	0,2	0,43	0,21	98,8
2	4	18,8	0,4	0,62	0,31	98,4
3	4	19,1	0,2	0,50	0,25	98,7
По опыту	28	18,6				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fта6095.	Влияние %
Общее	5,7	11				100
Повторений	1,6	3				28
Вариантов	3,2	2	1,61	11,62	5,14	57
Случайное	0,8	6	0,14			15

Ош.ср.=	0,19	Ош.опыта%=	1,00	Ош. разност	0,26
Кр.Стьюдент	2,57	НСР=	0,68		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	28,3	29,9	31,5	29,6
Дискование	26,1	28	27,5	27,7
Вспашка	26,2	25,5	26,8	25,9

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	29,8	1,7	1,31	0,66	97,8
2	4	27,3	0,7	0,84	0,42	98,5
3	4	26,1	0,3	0,55	0,27	99,0
По опыту	28	27,8				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	37,1	11				100
Повторений	4,5	3				12
Вариантов	28,8	2	14,42	23,39	5,14	78
Случайное	3,7	6	0,62			10

Ош.ср.= 0,39                      Ош.опыта%= 1,41                      Ош. разност    0,56  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      1,43

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед посевом) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	21,3	21,7	21,6	20,7
Дискование	20,2	20,8	19,8	21,4
Вспашка	20,5	20,9	22,4	22,3

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	21,3	0,2	0,45	0,23	98,9
2	4	20,6	0,5	0,70	0,35	98,3
3	4	21,5	0,9	0,97	0,48	97,8
По опыту	28	21,1				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	7,0	11				100
Повторений	1,0	3				15
Вариантов	2,1	2	1,06	1,66	5,14	30
Случайное	3,8	6	0,64			55

Ош.ср.= 0,40                      Ош.опыта%= 1,89                      Ош. разност    0,57  
 Кр.Стьюдент 2,57                      НСР=                      Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	17,0	16,9	16,4	18,0
Дискование	15,1	15,0	15,7	15,5
Вспашка	15,0	15,4	15,9	16,2

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	17,1	0,4	0,67	0,34	98,0
2	4	15,3	0,1	0,33	0,17	98,9
3	4	15,6	0,3	0,53	0,27	98,3
По опыту	28	16,0				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	9,5	11				100
Повторений	1,4	3				15
Вариантов	7,0	2	3,50	18,66	5,14	74
Случайное	1,1	6	0,19			12
Ош.ср.=	0,22		Ош.опыта%=	1,35	Ош. разност	0,31
Кр.Стьюдент	2,57		НСР=	0,79		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (в фазу бутонизации) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	16,7	15,8	16,9	16,9
Дискование	17,2	15,7	15,7	16,2
Вспашка	17,2	16,1	16,9	15,7

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	16,6	0,3	0,53	0,26	98,4
2	4	16,2	0,5	0,71	0,35	97,8
3	4	16,5	0,5	0,69	0,35	97,9
По опыту	28	16,4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	4,1	11				100
Повторений	2,1	3				52
Вариантов	0,3	2	0,15	0,55	5,14	7
Случайное	1,6	6	0,27			40
Ош.ср.=	0,26		Ош.опыта%=	1,59	Ош. разност	0,37
Кр.Стьюдент	2,57		НСР=	Fф<Fт		

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-30 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	18,1	19,8	18,4	18,7
Дискование	17,9	18,0	18,4	19,2
Вспашка	18,0	17,8	19,0	18,4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	18,8	0,6	0,74	0,37	98,0
2	4	18,4	0,3	0,59	0,30	98,4
3	4	18,3	0,3	0,53	0,26	98,6
По опыту	28	18,5				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	4,0	11				100
Повторений	1,0	3				25
Вариантов	0,5	2	0,23	0,55	5,14	12
Случайное	2,5	6	0,42			64

Ош.ср.= 0,33                      Ош.опыта%= 1,76              Ош. разност    0,46  
Кр.Стьюдент 2,57              НСР=                      Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влажность почвы в зависимости от системы основной обработки почвы в 2018–2019 гг., % от абсолютно сухой почвы (перед уборкой) 0-50 см

Вариант опыта	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	17,3	17,9	16,3	17,2
Дискование	15,9	17,4	16,5	17,5
Вспашка	16,5	16,4	17,8	17,1

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	17,2	0,4	0,66	0,33	98,1
2	4	16,8	0,6	0,76	0,38	97,7
3	4	17,0	0,4	0,65	0,32	98,1
По опыту	28	17,0				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	4,6	11				100
Повторений	1,0	3				22
Вариантов	0,3	2	0,13	0,23	5,14	6
Случайное	3,3	6	0,55			73

Ош.ср.= 0,37                      Ош.опыта%= 2,19              Ош. разност    0,53  
Кр.Стьюдент 2,57              НСР=                      Fф<Fт

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины  
гороха (ВВСН – 69), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	77	80	74	72	75
Дискование	84	77	79	79	83
Вспашка	85	84	92	91	90

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	76	9,3	3,05	1,36	98,2
2	5	80	8,8	2,97	1,33	98,3
3	5	88	13,3	3,65	1,63	98,2
По опыту	15	81				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	543,7	14				100
Повторений	11,1	4				2
Вариантов	418,1	2	209,07	18,25	4,1	77
Случайное	114,5	10	11,45			21

Ош.ср.= 1,69                      Ош.опыта%= 2,08                      Ош. разност 2,39  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 5,34

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха  
(ВВСН – 79), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	3	2	3	3	2
Дискование	3	3	3	4	3
Вспашка	5	6	7	6	6

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	3	0,3	0,55	0,24	90,6
2	5	3	0,2	0,45	0,20	93,8
3	5	6	0,5	0,71	0,32	94,7
По опыту	15	4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	36,9	14				100
Повторений	1,6	4				4
Вариантов	32,9	2	16,47	68,61	4,1	89
Случайное	2,4	10	0,24			6

Ош.ср.= 0,24                      Ош.опыта%= 6,12                      Ош. разност 0,35  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 0,77

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Дисперсионный анализ влияния систем обработки на распространенность и развитие ржавчины гороха**

**Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	83	85	85	83	82
Дискование	95	96	88	94	92
Вспашка	96	95	94	97	98

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	84	1,8	1,34	0,60	99,3
2	5	93	10,0	3,16	1,41	98,5
3	5	96	2,5	1,58	0,71	99,3
По опыту	15	91				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	475,7	14				100
Повторений	15,7	4				3
Вариантов	418,5	2	209,27	50,47	4,1	88
Случайное	41,5	10	4,15			9

Ош.ср.=	1,02	Ош.опыта%=	1,12	Ош. разност	1,44
Кр.Стьюдент	2,23	НСР=	3,21		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	34	32	34	32	32
Дискование	26	26	27	28	28
Вспашка	32	31	33	33	32

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	33	1,2	1,10	0,49	98,5
2	5	27	1,0	1,00	0,45	98,3
3	5	32	0,7	0,84	0,37	98,8
По опыту	15	31				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	113,3	14				100
Повторений	4,7	4				4
Вариантов	101,7	2	50,87	73,37	4,1	90
Случайное	6,9	10	0,69			6

Ош.ср.=	0,42	Ош.опыта%=	1,36	Ош. разност	0,59
Кр.Стьюдент	2,23	НСР=	1,31		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины  
гороха (ВВСН – 85), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	91	93	85	85	94
Дискование	97	97	92	94	98
Вспашка	100	100	100	98	100

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	90	18,8	4,34	1,94	97,8
2	5	96	6,3	2,51	1,12	98,8
3	5	100	0,8	0,89	0,40	99,6
По опыту	15	94				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	356,9	14				100
Повторений	70,3	4				20
Вариантов	253,3	2	126,67	38,00	4,1	71
Случайное	33,3	10	3,33			9

Ош.ср.= 0,91                      Ош.опыта%= 0,97                      Ош. разност 1,29  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,88

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха  
(ВВСН – 85), 2017 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	54	55	58	57	58
Дискование	47	50	47	48	52
Вспашка	63	59	62	64	60

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	56	3,3	1,82	0,81	98,6
2	5	49	4,7	2,17	0,97	98,0
3	5	62	4,3	2,07	0,93	98,5
По опыту	15	55				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	463,6	14				100
Повторений	10,3	4				2
Вариантов	414,4	2	207,20	53,22	4,1	89
Случайное	38,9	10	3,89			8

Ош.ср.= 0,99                      Ош.опыта%= 1,78                      Ош. разност 1,40  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 3,11

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 95), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	100	99	100	100	100
Дискование	100	100	100	99	100
Вспашка	100	99	100	99	100

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	100	0,2	0,45	0,20	99,8
2	5	100	0,2	0,45	0,20	99,8
3	5	100	0,3	0,55	0,24	99,8
По опыту	15	100				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	2,9	14				100
Повторений	1,6	4				55
Вариантов	0,1	2	0,07	0,56	4,1	5
Случайное	1,2	10	0,12			41

Ош.ср.= 0,17                      Ош.опыта%= 0,17                      Ош. разност 0,24  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 0,55

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 95), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	63	67	62	67	63
Дискование	58	61	60	62	57
Вспашка	74	76	68	70	70

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	64	5,8	2,41	1,08	98,3
2	5	60	4,3	2,07	0,93	98,4
3	5	72	10,8	3,29	1,47	97,9
По опыту	15	66				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	448,4	14				100
Повторений	48,4	4				11
Вариантов	364,8	2	182,40	51,82	4,1	81
Случайное	35,2	10	3,52			8

Ош.ср.= 0,94                      Ош.опыта%= 1,43                      Ош. разност 1,33  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,96

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 69), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	37	38	40	39	36
Дискование	26	26	22	26	26
Вспашка	25	25	25	23	24

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	38	2,5	1,58	0,71	98,1
2	5	25	3,2	1,79	0,80	96,8
3	5	24	0,8	0,89	0,40	98,4
По опыту	15	29				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	608,4	14				100
Повторений	1,7	4				0
Вариантов	582,4	2	291,20	120,00	4,1	96
Случайное	24,3	10	2,43			4

Ош.ср.= 0,78                      Ош.опыта%= 2,66                      Ош. разност 1,10  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,46

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 69), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	5	5	7	4	5
Дискование	5	6	5	4	4
Вспашка	4	5	4	5	4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	5	1,2	1,10	0,49	90,6
2	5	5	0,7	0,84	0,37	92,2
3	5	4	0,3	0,55	0,24	94,4
По опыту	15	5				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	10,4	14				100
Повторений	3,1	4				29
Вариантов	1,6	2	0,80	1,40	4,1	15
Случайное	5,7	10	0,57			55

Ош.ср.= 0,38                      Ош.опыта%= 7,70                      Ош. разност 0,54  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,19

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	53	51	49	55	54
Дискование	43	43	42	44	40
Вспашка	39	40	37	40	41

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	52	5,8	2,41	1,08	97,9
2	5	42	2,3	1,52	0,68	98,4
3	5	39	2,3	1,52	0,68	98,3
По опыту	15	45				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	504,9	14				100
Повторений	20,9	4				4
Вариантов	463,3	2	231,67	112,10	4,1	92
Случайное	20,7	10	2,07			4

Ош.ср.= 0,72                      Ош.опыта%= 1,61                      Ош. разност 1,02  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,27

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	9	9	11	8	8
Дискование	10	8	12	10	11
Вспашка	8	9	8	11	9

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	9	1,5	1,22	0,55	93,9
2	5	10	2,2	1,48	0,66	93,5
3	5	9	1,5	1,22	0,55	93,9
По опыту	15	9				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	25,6	14				100
Повторений	4,9	4				19
Вариантов	4,8	2	2,40	1,51	4,1	19
Случайное	15,9	10	1,59			62

Ош.ср.= 0,63                      Ош.опыта%= 6,69                      Ош. разност 0,89  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,99

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 85), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	57	59	62	60	61
Дискование	55	52	55	56	53
Вспашка	47	49	47	47	46

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	60	3,7	1,92	0,86	98,6
2	5	54	2,7	1,64	0,73	98,6
3	5	47	1,2	1,10	0,49	99,0
По опыту	15	54				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	428,9	14				100
Повторений	6,3	4				1
Вариантов	398,5	2	199,27	82,57	4,1	93
Случайное	24,1	10	2,41			6

Ош.ср.= 0,78                      Ош.опыта%= 1,44                      Ош. разност 1,10  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,45

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 85), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	15	16	15	17	12
Дискование	16	17	17	17	16
Вспашка	15	14	15	17	15

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	15	3,5	1,87	0,84	94,4
2	5	17	0,3	0,55	0,24	98,5
3	5	15	1,2	1,10	0,49	96,8
По опыту	15	16				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	27,6	14				100
Повторений	10,9	4				40
Вариантов	7,6	2	3,80	4,19	4,1	28
Случайное	9,1	10	0,91			33

Ош.ср.= 0,48                      Ош.опыта%= 2,99                      Ош. разност 0,67  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,50

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 97), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	63	65	69	69	70
Дискование	66	63	64	64	61
Вспашка	55	53	49	55	49

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	67	9,2	3,03	1,36	98,0
2	5	64	3,3	1,82	0,81	98,7
3	5	52	9,2	3,03	1,36	97,4
По опыту	15	61				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	700,0	14				100
Повторений	13,3	4				2
Вариантов	613,2	2	306,60	41,73	4,1	88
Случайное	73,5	10	7,35			10

Ош.ср.= 1,36                      Ош.опыта%= 2,21                      Ош. разност 1,92  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 4,27

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 97), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	19	19	18	18	17
Дискование	19	16	17	19	19
Вспашка	16	19	16	17	16

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	18	0,7	0,84	0,37	97,9
2	5	18	2,0	1,41	0,63	96,5
3	5	17	1,7	1,30	0,58	96,5
По опыту	15	18				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	23,3	14				100
Повторений	2,7	4				11
Вариантов	5,7	2	2,87	1,92	4,1	25
Случайное	14,9	10	1,49			64

Ош.ср.= 0,61                      Ош.опыта%= 3,44                      Ош. разност 0,86  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,93

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 69), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	38	42	39	42	40
Дискование	34	35	37	35	38
Вспашка	38	35	38	37	38

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	40	3,2	1,79	0,80	98,0
2	5	36	2,7	1,64	0,73	97,9
3	5	37	1,7	1,30	0,58	98,4
По опыту	15	38				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	80,9	14				100
Повторений	6,9	4				9
Вариантов	50,5	2	25,27	10,77	4,1	62
Случайное	23,5	10	2,35			29

Ош.ср.= 0,77                      Ош.опыта%= 2,04                      Ош. разност 1,08  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,42

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 69), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	1	2	5	4	2
Дискование	2	3	4	5	1
Вспашка	1	1	1	1	3

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	3	2,7	1,64	0,73	73,8
2	5	3	2,5	1,58	0,71	76,4
3	5	1	0,8	0,89	0,40	71,4
По опыту	15	3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	31,6	14				100
Повторений	9,6	4				30
Вариантов	7,6	2	3,80	2,64	4,1	24
Случайное	14,4	10	1,44			46

Ош.ср.= 0,60                      Ош.опыта%= 24,00                      Ош. разност 0,85  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,89

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	53	53	48	49	54
Дискование	47	45	42	46	48
Вспашка	48	47	49	47	50

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	51	7,3	2,70	1,21	97,6
2	5	46	5,3	2,30	1,03	97,7
3	5	48	1,7	1,30	0,58	98,8
По опыту	15	48				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	141,6	14				100
Повторений	34,3	4				24
Вариантов	84,4	2	42,20	18,40	4,1	60
Случайное	22,9	10	2,29			16

Ош.ср.= 0,76                      Ош.опыта%= 1,58                      Ош. разност 1,07  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,39

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 79), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	4	7	2	2	4
Дискование	4	4	7	2	2
Вспашка	4	2	2	3	4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	4	4,2	2,05	0,92	75,9
2	5	4	4,2	2,05	0,92	75,9
3	5	3	1,0	1,00	0,45	85,1
По опыту	15	4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	39,7	14				100
Повторений	7,1	4				18
Вариантов	2,1	2	1,07	0,35	4,1	5
Случайное	30,5	10	3,05			77

Ош.ср.= 0,87                      Ош.опыта%= 24,38                      Ош. разност 1,24  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,76

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины гороха (ВВСН – 85), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	78	74	74	74	71
Дискование	63	59	60	62	65
Вспашка	69	67	74	68	71

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	74	6,2	2,49	1,11	98,5
2	5	62	5,7	2,39	1,07	98,3
3	5	70	7,7	2,77	1,24	98,2
По опыту	15	69				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	473,6	14				100
Повторений	20,3	4				4
Вариантов	395,2	2	197,60	33,99	4,1	83
Случайное	58,1	10	5,81			12

Ош.ср.= 1,21                      Ош.опыта%= 1,76                      Ош. разност 1,70  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 3,80

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие ржавчины гороха (ВВСН – 85), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	12	14	11	12	10
Дискование	9	9	7	8	6
Вспашка	11	9	11	14	12

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	12	2,2	1,48	0,66	94,4
2	5	8	1,7	1,30	0,58	92,5
3	5	11	3,3	1,82	0,81	92,9
По опыту	15	11				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	77,3	14				100
Повторений	8,0	4				10
Вариантов	48,5	2	24,27	11,67	4,1	63
Случайное	20,8	10	2,08			27

Ош.ср.= 0,72                      Ош.опыта%= 6,81                      Ош. разност 1,02  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,27

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины  
гороха (ВВСН – 97), 2019 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	88	84	85	82	87
Дискование	66	67	65	63	69
Вспашка	78	83	79	80	84

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	85	5,7	2,39	1,07	98,7
2	5	66	5,0	2,24	1,00	98,5
3	5	81	6,7	2,59	1,16	98,6
По опыту	15	77				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1081,3	14				100
Повторений	42,0	4				4
Вариантов	1011,7	2	505,87	183,29	4,1	94
Случайное	27,6	10	2,76			3

Ош.ср.= 0,83                      Ош.опыта%= 1,08                      Ош. разност 1,17  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,62

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние системы основной обработки почвы на распространенность ржавчины  
гороха (ВВСН – 97), 2019 г., %**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	22	26	26	24	24
Дискование	10	7	10	10	7
Вспашка	20	24	24	24	23

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	24	2,8	1,67	0,75	96,9
2	5	9	2,7	1,64	0,73	91,6
3	5	23	3,0	1,73	0,77	96,6
По опыту	15	19				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	778,9	14				100
Повторений	13,6	4				2
Вариантов	744,9	2	372,47	182,58	4,1	96
Случайное	20,4	10	2,04			3

Ош.ср.= 0,71                      Ош.опыта%= 3,78                      Ош. разност 1,01  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,25

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на распространенность и развитие серой гнили гороха

Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	32	34	32	34	29
Дискование	28	25	24	25	28
Вспашка	28	32	32	30	30

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	32	4,2	2,05	0,92	97,2
2	5	26	3,5	1,87	0,84	96,8
3	5	30	2,8	1,67	0,75	97,5
По опыту	15	30				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	143,7	14				100
Повторений	3,1	4				2
Вариантов	101,7	2	50,87	13,07	4,1	71
Случайное	38,9	10	3,89			27
	Ош.ср.=	0,99	Ош.опыта%=	3,33	Ош. разност	1,40
	Кр.Стьюдент	2,23	НСР=	3,11		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	6	5	6	4	5
Дискование	3	4	3	2	4
Вспашка	5	4	4	5	7

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	5	0,7	0,84	0,37	92,8
2	5	3	0,7	0,84	0,37	88,3
3	5	5	1,5	1,22	0,55	89,0
По опыту	15	4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	23,7	14				100
Повторений	4,4	4				19
Вариантов	12,1	2	6,07	8,43	4,1	51
Случайное	7,2	10	0,72			30
	Ош.ср.=	0,42	Ош.опыта%=	9,98	Ош. разност	0,60
	Кр.Стьюдент	2,23	НСР=	1,34		

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	42	45	42	44	45
Дискование	31	34	30	31	32
Вспашка	52	57	54	58	52

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	44	2,3	1,52	0,68	98,4
2	5	32	2,3	1,52	0,68	97,9
3	5	55	7,8	2,79	1,25	97,7
По опыту	15	43				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1372,9	14				100
Повторений	28,9	4				2
Вариантов	1323,3	2	661,67	320,16	4,1	96
Случайное	20,7	10	2,07			2

Ош.ср.= 0,72                      Ош.опыта%= 1,66                      Ош. разност 1,02  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,27

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	8	7	5	8	7
Дискование	5	4	7	7	5
Вспашка	11	9	8	12	12

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	7	1,5	1,22	0,55	92,2
2	5	6	1,8	1,34	0,60	89,3
3	5	10	3,3	1,82	0,81	92,2
По опыту	15	8				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	87,3	14				100
Повторений	12,0	4				14
Вариантов	60,9	2	30,47	21,16	4,1	70
Случайное	14,4	10	1,44			16

Ош.ср.= 0,60                      Ош.опыта%= 7,91                      Ош. разност 0,85  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,89

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	66	67	68	62	61
Дискование	50	56	55	52	57
Вспашка	70	72	69	68	72

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	65	9,7	3,11	1,39	97,9
2	5	54	8,5	2,92	1,30	97,6
3	5	70	3,2	1,79	0,80	98,9
По опыту	15	63				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	766,0	14				100
Повторений	34,7	4				5
Вариантов	680,4	2	340,20	66,79	4,1	89
Случайное	50,9	10	5,09			7

Ош.ср.= 1,13                      Ош.опыта%= 1,79                      Ош. разност 1,60  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 3,56

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	16	14	14	14	16
Дискование	10	10	8	11	12
Вспашка	23	27	24	24	26

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	15	1,2	1,10	0,49	96,7
2	5	10	2,2	1,48	0,66	93,5
3	5	25	2,7	1,64	0,73	97,0
По опыту	15	16				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	581,6	14				100
Повторений	11,6	4				2
Вариантов	557,2	2	278,60	217,66	4,1	96
Случайное	12,8	10	1,28			2

Ош.ср.= 0,57                      Ош.опыта%= 3,48                      Ош. разност 0,80  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,78

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	69	78	75	74	76
Дискование	60	65	58	61	64
Вспашка	86	89	83	80	87

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	74	11,3	3,36	1,50	98,0
2	5	62	8,3	2,88	1,29	97,9
3	5	85	12,5	3,54	1,58	98,1
По опыту	15	73				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1501,3	14				100
Повторений	84,7	4				6
Вариантов	1372,9	2	686,47	156,97	4,1	91
Случайное	43,7	10	4,37			3

Ош.ср.= 1,05                      Ош.опыта%= 1,43                      Ош. разност 1,48  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 3,30

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2017 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	37	34	36	33	36
Дискование	19	21	20	21	19
Вспашка	47	44	43	46	43

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	35	2,7	1,64	0,73	97,9
2	5	20	1,0	1,00	0,45	97,8
3	5	45	3,3	1,82	0,81	98,2
По опыту	15	33				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1568,9	14				100
Повторений	4,9	4				0
Вариантов	1540,9	2	770,47	334,02	4,1	98
Случайное	23,1	10	2,31			1

Ош.ср.= 0,76                      Ош.опыта%= 2,27                      Ош. разност 1,07  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,39

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	5	4	5	4	7
Дискование	4	4	4	6	7
Вспашка	10	13	9	9	10

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	5	1,5	1,22	0,55	89,0
2	5	5	2,0	1,41	0,63	87,4
3	5	10	2,7	1,64	0,73	92,8
По опыту	15	6				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	114,9	14				100
Повторений	7,6	4				7
Вариантов	90,1	2	45,07	26,20	4,1	78
Случайное	17,2	10	1,72			15

Ош.ср.= 0,66                      Ош.опыта%= 10,22              Ош. разност 0,93  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,07

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	3	2	1	2	3
Дискование	2	1	2	1	3
Вспашка	4	1	4	2	3

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	2	0,7	0,84	0,37	83,0
2	5	2	0,7	0,84	0,37	79,2
3	5	3	1,7	1,30	0,58	79,2
По опыту	15	2				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	14,9	14				100
Повторений	6,9	4				46
Вариантов	2,5	2	1,27	2,32	4,1	17
Случайное	5,5	10	0,55			37

Ош.ср.= 0,37                      Ош.опыта%= 17,74              Ош. разност 0,52  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,17

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	13	12	12	13	14
Дискование	11	11	10	8	10
Вспашка	16	14	15	17	13

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	13	0,7	0,84	0,37	97,1
2	5	10	1,5	1,22	0,55	94,5
3	5	15	2,5	1,58	0,71	95,3
По опыту	15	13				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	81,6	14				100
Повторений	2,3	4				3
Вариантов	62,8	2	31,40	18,99	4,1	77
Случайное	16,5	10	1,65			20

Ош.ср.= 0,64                      Ош.опыта%= 5,08                      Ош. разност 0,91  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,03

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	3	2	3	1	4
Дискование	4	4	5	4	4
Вспашка	3	6	3	3	4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	3	1,3	1,14	0,51	80,4
2	5	4	0,2	0,45	0,20	95,2
3	5	4	1,7	1,30	0,58	84,7
По опыту	15	3				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	19,7	14				100
Повторений	3,7	4				19
Вариантов	6,9	2	3,47	3,82	4,1	35
Случайное	9,1	10	0,91			46

Ош.ср.= 0,48                      Ош.опыта%= 13,93                      Ош. разност 0,67  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,50

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	14	17	16	13	15
Дискование	14	17	14	16	13
Вспашка	19	19	17	18	19

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	15	2,5	1,58	0,71	95,3
2	5	15	2,7	1,64	0,73	95,0
3	5	18	0,8	0,89	0,40	97,8
По опыту	15	16				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	64,9	14				100
Повторений	9,6	4				15
Вариантов	40,9	2	20,47	14,21	4,1	63
Случайное	14,4	10	1,44			22

Ош.ср.= 0,60                      Ош.опыта%= 3,71                      Ош. разност 0,85  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,89

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	10	8	10	13	11
Дискование	10	12	11	8	10
Вспашка	15	15	16	15	14

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	10	3,3	1,82	0,81	92,2
2	5	10	2,2	1,48	0,66	93,5
3	5	15	0,5	0,71	0,32	97,9
По опыту	15	12				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	97,7	14				100
Повторений	1,1	4				1
Вариантов	73,7	2	36,87	16,08	4,1	75
Случайное	22,9	10	2,29			23

Ош.ср.= 0,76                      Ош.опыта%= 6,35                      Ош. разност 1,07  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,39

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	18	15	17	15	16
Дискование	18	21	17	21	20
Вспашка	20	18	22	19	18

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	16	1,7	1,30	0,58	96,4
2	5	19	3,3	1,82	0,81	95,8
3	5	19	2,8	1,67	0,75	96,1
По опыту	15	18				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	65,3	14				100
Повторений	1,3	4				2
Вариантов	34,1	2	17,07	5,71	4,1	52
Случайное	29,9	10	2,99			46

Ош.ср.= 0,86                      Ош.опыта%= 4,69                      Ош. разност 1,22  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,73

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2018 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	10	9	10	12	10
Дискование	10	11	10	11	10
Вспашка	15	15	15	16	15

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	10	1,2	1,10	0,49	95,2
2	5	10	0,3	0,55	0,24	97,6
3	5	15	0,2	0,45	0,20	98,7
По опыту	15	12				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	86,9	14				100
Повторений	4,3	4				5
Вариантов	80,1	2	40,07	158,16	4,1	92
Случайное	2,5	10	0,25			3

Ош.ср.= 0,25                      Ош.опыта%= 2,10                      Ош. разност 0,36  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 0,79

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	16	16	14	14	15
Дискование	10	10	10	10	10
Вспашка	15	14	13	15	13

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	15	1,0	1,00	0,45	97,0
2	5	10	0,0	0,00	0,00	100,0
3	5	14	1,0	1,00	0,45	96,8
По опыту	15	13				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	78,0	14				100
Повторений	3,3	4				4
Вариантов	70,0	2	35,00	75,00	4,1	90
Случайное	4,7	10	0,47			6

Ош.ср.= 0,34                      Ош.опыта%= 2,61                      Ош. разност 0,48  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,08

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 69), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	4	4	5	4	3
Дискование	3	4	3	3	4
Вспашка	4	4	4	4	4

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	4	0,5	0,71	0,32	92,1
2	5	3	0,3	0,55	0,24	92,8
3	5	4	0,0	0,00	0,00	100,0
По опыту	15	4				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	4,4	14				100
Повторений	0,4	4				9
Вариантов	1,2	2	0,60	2,14	4,1	27
Случайное	2,8	10	0,28			64

Ош.ср.= 0,26                      Ош.опыта%= 6,90                      Ош. разност 0,37  
 Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 0,83

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	19	20	21	19	21
Дискование	16	16	19	18	16
Вспашка	22	23	21	22	23

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	20	1,0	1,00	0,45	97,8
2	5	17	2,0	1,41	0,63	96,3
3	5	22	0,7	0,84	0,37	98,3
По опыту	15	20				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	82,9	14				100
Повторений	2,9	4				4
Вариантов	68,1	2	34,07	28,71	4,1	82
Случайное	11,9	10	1,19			14

Ош.ср.= 0,54                      Ош.опыта%= 2,77                      Ош. разност 0,77  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,72

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 79), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	8	7	8	7	8
Дискование	6	6	5	7	6
Вспашка	9	9	9	10	10

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	8	0,3	0,55	0,24	96,8
2	5	6	0,5	0,71	0,32	94,7
3	5	9	0,3	0,55	0,24	97,4
По опыту	15	8				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	33,3	14				100
Повторений	1,3	4				4
Вариантов	28,9	2	14,47	47,17	4,1	87
Случайное	3,1	10	0,31			9

Ош.ср.= 0,28                      Ош.опыта%= 3,65                      Ош. разност 0,39  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 0,87

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	29	25	27	27	27
Дискование	21	22	22	22	22
Вспашка	32	29	30	29	32

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	27	2,0	1,41	0,63	97,7
2	5	22	0,2	0,45	0,20	99,1
3	5	30	2,3	1,52	0,68	97,8
По опыту	15	26				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	205,6	14				100
Повторений	7,6	4				4
Вариантов	187,6	2	93,80	90,19	4,1	91
Случайное	10,4	10	1,04			5

Ош.ср.= 0,51                      Ош.опыта%= 1,94                      Ош. разност 0,72  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,61

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 85), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	16	14	14	15	15
Дискование	14	13	15	14	13
Вспашка	19	18	18	18	19

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	15	0,7	0,84	0,37	97,5
2	5	14	0,7	0,84	0,37	97,3
3	5	18	0,3	0,55	0,24	98,7
По опыту	15	16				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	65,3	14				100
Повторений	2,7	4				4
Вариантов	58,5	2	29,27	70,81	4,1	90
Случайное	4,1	10	0,41			6

Ош.ср.= 0,32                      Ош.опыта%= 2,05                      Ош. разност 0,45  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,01

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



## Влияние системы основной обработки почвы на распространенность серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	32	34	36	34	33
Дискование	31	30	30	27	32
Вспашка	41	39	38	40	36

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	34	2,2	1,48	0,66	98,0
2	5	30	3,5	1,87	0,84	97,2
3	5	39	3,7	1,92	0,86	97,8
По опыту	15	34				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	232,4	14				100
Повторений	3,1	4				1
Вариантов	194,8	2	97,40	28,20	4,1	84
Случайное	34,5	10	3,45			15

Ош.ср.= 0,93                      Ош.опыта%= 2,71                      Ош. разност 1,31  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 2,93

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние системы основной обработки почвы на развитие серой гнили гороха (ВВСН – 97), 2019 г., %

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	28	28	26	23	25
Дискование	22	20	20	21	22
Вспашка	32	30	29	29	30

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	26	4,5	2,12	0,95	96,4
2	5	21	1,0	1,00	0,45	97,9
3	5	30	1,5	1,22	0,55	98,2
По опыту	15	26				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	231,3	14				100
Повторений	15,3	4				7
Вариантов	203,3	2	101,67	80,26	4,1	88
Случайное	12,7	10	1,27			5

Ош.ср.= 0,56                      Ош.опыта%= 2,19                      Ош. разност 0,80  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 1,77

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на численность гороховой тли  
в посевах гороха

Влияние систем основной обработки почвы на численность гороховой тли в посевах гороха, 2017 г. (шт. на 10 взмахов сачком)

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	56	51	56	50	56
Дискование	74	78	80	74	79
Вспашка	42	44	47	49	47

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	54	9,2	3,03	1,36	97,5
2	5	77	8,0	2,83	1,26	98,4
3	5	46	7,7	2,77	1,24	97,3
По опыту	15	58				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	2725,7	14				100
Повторений	39,1	4				1
Вариантов	2626,1	2	1313,07	216,92	4,1	96
Случайное	60,5	10	6,05			2

Ош.ср.= 1,23      Ош.опыта%= 2,11      Ош. разност 1,74  
Кр.Стьюдент 2,23      НСР= 3,88

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние систем основной обработки почвы на численность гороховой тли в посевах гороха, 2018 г. (шт. на 10 взмахов сачком)**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	89	90	87	85	88
Дискование	145	139	154	147	148
Вспашка	85	86	79	87	83

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	88	3,7	1,92	0,86	99,0
2	5	147	29,3	5,41	2,42	98,3
3	5	84	10,0	3,16	1,41	98,3
По опыту	15	106				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	12489,7	14				100
Повторений	5,1	4				0
Вариантов	12317,7	2	6158,87	368,94	4,1	99
Случайное	166,9	10	16,69			1

Ош.ср.= 2,04                      Ош.опыта%= 1,93                      Ош. разност 2,89  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 6,44

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

**Влияние систем основной обработки почвы на численность гороховой тли в посевах гороха, 2019 г. (шт. на 10 взмахов сачком)**

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	74	68	72	72	75
Дискование	124	116	114	123	125
Вспашка	65	63	60	60	64

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	72	7,2	2,68	1,20	98,3
2	5	120	25,3	5,03	2,25	98,1
3	5	62	5,3	2,30	1,03	98,4
По опыту	15	84				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	9790,0	14				100
Повторений	96,7	4				1
Вариантов	9638,8	2	4819,40	883,75	4,1	98
Случайное	54,5	10	5,45			1

Ош.ср.= 1,17                      Ош.опыта%= 1,39                      Ош. разност 1,65  
Кр.Стьюдент 2,23                      НСР= 3,68

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на численность совки-гаммы в посевах гороха

Влияние систем основной обработки почвы на численность совки-гаммы в посевах гороха, 2017 г. (шт./м<sup>2</sup>)

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	14	9	19	9	13
Дискование	13	11	18	13	10
Вспашка	5	6	5	6	8

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	13	17,2	4,15	1,85	85,5
2	5	13	9,5	3,08	1,38	89,4
3	5	6	1,5	1,22	0,55	90,9
По опыту	15	11				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	271,6	14				100
Повторений	50,9	4				19
Вариантов	158,8	2	79,40	12,83	4,1	58
Случайное	61,9	10	6,19			23

Ош.ср.= 1,24      Ош.опыта%= 11,66      Ош. разност 1,76  
 Кр.Стьюдент 2,23      НСР= 3,92

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние систем основной обработки почвы на численность совки-гаммы в посевах гороха, 2018 г. (шт./м<sup>2</sup>)

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	23	27	18	24	23
Дискование	19	19	17	15	19
Вспашка	17	13	12	13	17

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	23	10,5	3,24	1,45	93,7
2	5	18	3,2	1,79	0,80	95,5
3	5	14	5,8	2,41	1,08	92,5
По опыту	15	18				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	265,6	14				100
Повторений	40,3	4				15
Вариантов	187,6	2	93,80	24,86	4,1	71
Случайное	37,7	10	3,77			14

Ош.ср.= 0,97      Ош.опыта%= 5,37      Ош. разност 1,37  
Кр.Стьюдент 2,23      НСР= 3,06

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

### Влияние систем основной обработки почвы на численность совки-гаммы в посевах гороха, 2019 г. (шт./м<sup>2</sup>)

Вариант опыта	Повторность				
	1	2	3	4	5
Прямой посев	21	17	17	13	18
Дискование	12	10	12	8	16
Вспашка	3	5	8	3	8

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	5	17	8,2	2,86	1,28	92,6
2	5	12	8,8	2,97	1,33	88,6
3	5	5	6,3	2,51	1,12	79,2
По опыту	15	11				

Источ.вари:	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	441,6	14				100
Повторений	60,3	4				14
Вариантов	348,4	2	174,20	52,89	4,1	79
Случайное	32,9	10	3,29			7

Ош.ср.= 0,91      Ош.опыта%= 8,44      Ош. разност 1,28  
Кр.Стьюдент 2,23      НСР= 2,86

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Приложение Е

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на численность бобов на расте-  
нии

Влияние приемов основной обработки почвы на количество бобов, шт/раст. (2017)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	6,90	7,20	6,95	6,70
Дискование	6,84	6,82	6,90	6,80
Вспашка	7,10	7,14	7,00	7,10

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	6,94	0,042	0,21	0,10	98,5
2	4	6,84	0,002	0,04	0,02	99,7
3	4	7,09	0,004	0,06	0,03	99,6
По опыту	12	6,95				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,3	11				100
Повторени	0,1	3				20
Вариантов	0,1	2	0,06	4,04	5,14	46
Случайное	0,1	6	0,02			34

Ош.ср.= 0,06                      Ош.опыта%= 0,88                      Ош. разнос: 0,09  
Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф<Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние приемов основной обработки почвы на количество бобов, шт/раст. (2018)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	3,48	3,30	3,24	3,26
Дискование	3,24	3,11	3,05	3,26
Вспашка	3,10	3,18	3,00	3,04

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	3,32	0,012	0,11	0,05	98,4
2	4	3,17	0,010	0,10	0,05	98,4
3	4	3,08	0,006	0,08	0,04	98,7
По опыту	12	3,19				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,2	11				100
Повторени	0,0	3				23
Вариантов	0,1	2	0,06	4,30	5,14	58
Случайное	0,0	6	0,01			19

Ош.ср.= 0,04                      Ош.опыта%= 1,25              Ош. разнос: 0,06  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф<Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние приемов основной обработки почвы на количество бобов, шт/раст. (2019)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	3,38	3,46	3,32	3,46
Дискование	3,40	3,52	3,42	3,40
Вспашка	3,92	3,80	3,74	3,80

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	3,41	0,005	0,07	0,03	99,0
2	4	3,44	0,003	0,06	0,03	99,2
3	4	3,82	0,006	0,08	0,04	99,0
По опыту	12	3,55				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,5	11				100
Повторени	0,0	3				4
Вариантов	0,4	2	0,21	50,55	5,14	91
Случайное	0,0	6	0,00			5

Ош.ср.= 0,03                      Ош.опыта%= 0,91                      Ош. разнос: 0,05  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **0,36**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



## Дисперсионный анализ влияния систем обработки на численность зерен в бобе

Влияние приемов основной обработки почвы на количество зерен, шт./боб (2017)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	5,25	5,08	5,30	5,18
Дискование	5,34	5,14	5,42	5,10
Вспапка	5,42	5,55	5,41	5,44

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	5,20	0,009	0,10	0,05	99,1
2	4	5,25	0,024	0,15	0,08	98,5
3	4	5,46	0,004	0,06	0,03	99,4
По опыту	12	5,30				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,26	11				100
Повторени	0,04	3				15
Вариантов	0,14	2	0,07	5,89	5,14	56
Случайное	0,07	6	0,01			29

Ош.ср.= 0,06                      Ош.опыта%= 1,04                      Ош. разнос. 0,08  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **0,14**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние приемов основной обработки почвы на количество зерен, шт./боб (2018)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	4,20	4,14	4,24	4,12
Дискование	3,94	4,28	4,12	4,06
Вспашка	3,94	4,12	4,04	3,92

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	4,18	0,003	0,06	0,03	99,3
2	4	4,10	0,020	0,14	0,07	98,3
3	4	4,01	0,009	0,09	0,05	98,8
По опыту	12	4,09				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,15	11				100
Повторени	0,05	3				34
Вариантов	0,06	2	0,03	4,00	5,14	38
Случайное	0,04	6	0,01			28

Ош.ср.= 0,04                      Ош.опыта%= 1,04              Ош. разнос: 0,06  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф < Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние приемов основной обработки почвы на количество зерен, шт./боб (2019)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	4,20	4,24	4,28	4,16
Дискование	4,16	4,10	4,14	4,12
Вспашка	4,22	4,28	4,22	4,22

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	4,22	0,003	0,05	0,03	99,4
2	4	4,13	0,001	0,03	0,01	99,7
3	4	4,24	0,001	0,03	0,02	99,6
По опыту	12	4,20				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,039	11				100
Повторени	0,004	3				10
Вариантов	0,026	2	0,01	8,73	5,14	67
Случайное	0,009	6	0,00			23

Ош.ср.= 0,02                      Ош.опыта%= 0,46                      Ош. разнос.    0,03  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **0,07**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Приложение 3

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на численность растений на м<sup>2</sup>

Влияние приемов основной обработки почвы на Число растений шт/м<sup>2</sup> (2017)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	102	112	103	105
Дискование	121	107	106	110
Вспашка	103	106	117	104

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	105,50	20,333	4,51	2,25	97,9
2	4	111,00	47,333	6,88	3,44	96,9
3	4	107,50	41,667	6,45	3,23	97,0
По опыту	12	108,00				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	390,000	11				100
Повторени	11,333	3				3
Вариантов	62,000	2	31,00	0,59	5,14	16
Случайное	316,667	6	52,78			81

Ош.ср.= 3,63                      Ош.опыта%= 3,36                      Ош. разнос: 5,14  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф < Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влияние приемов основной обработки почвы на число растений шт/м<sup>2</sup> (2018)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	97	95	99	91
Дискование	94	85	88	84
Вспашка	101	90	89	94

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	95,50	11,667	3,42	1,71	98,2
2	4	87,75	20,250	4,50	2,25	97,4
3	4	93,50	29,667	5,45	2,72	97,1
По опыту	12	92,25				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	314,250	11				100
Повторени	112,917	3				36
Вариантов	129,500	2	64,75	5,41	5,14	41
Случайное	71,833	6	11,97			23

Ош.ср.= 1,73                      Ош.опыта%= 1,88                      Ош. разнос: 2,45  
Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **5,97**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влияние приемов основной обработки почвы на число растений шт/м<sup>2</sup> (2019)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	139	130	132	138
Дискование	130	138	137	135
Вспашка	142	134	135	133

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	134,75	19,583	4,43	2,21	98,4
2	4	135,00	12,667	3,56	1,78	98,7
3	4	136,00	16,667	4,08	2,04	98,5
По опыту	12	135,25				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	150,250	11				100
Повторени	14,917	3				10
Вариантов	3,500	2	1,75	0,08	5,14	2
Случайное	131,833	6	21,97			88

Ош.ср.= 2,34

Кр.Стьюдент 2,44

Ош.опыта%= 1,73

НСР= **F<sub>ф</sub> < F<sub>т</sub>**

Ош. разнос: 3,31

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Дисперсионный анализ влияния систем обработки на массу 1 000 зерен

## Влияние приемов основной обработки почвы на массу 1 000 семян (2017)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	212	203	204	210
Дискование	196	200	204	206
Вспашка	207	196	205	204

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	207,25	19,583	4,43	2,21	98,9
2	4	201,50	19,667	4,43	2,22	98,9
3	4	203,00	23,333	4,83	2,42	98,8
По опыту	12	203,92				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	258,917	11				100
Повторени	80,917	3				31
Вариантов	71,167	2	35,58	2,00	5,14	27
Случайное	106,833	6	17,81			41

Ош.ср.= 2,11                      Ош.опыта%= 1,03              Ош. разнос: 2,98  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф < Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

## Влияние приемов основной обработки почвы на массу 1 000 семян (2018)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	182	170	174	170
Дискование	183	194	190	181
Вспашка	194	182	190	185

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	174,00	32,000	5,66	2,83	98,4
2	4	187,00	36,667	6,06	3,03	98,4
3	4	187,75	28,250	5,32	2,66	98,6
По опыту	12	182,92				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	768,917	11				100
Повторени	100,917	3				13
Вариантов	478,167	2	239,08	7,56	5,14	62
Случайное	189,833	6	31,64			25

Ош.ср.= 2,81                      Ош.опыта%= 1,54                      Ош. разнос: 3,98  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **9,70**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия



## Влияние приемов основной обработки почвы на массу 1 000 семян (2019)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	177	185	183	173
Дискование	172	185	174	180
Вспашка	193	184	180	180

## Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	179,50	30,333	5,51	2,75	98,5
2	4	177,75	34,917	5,91	2,95	98,3
3	4	184,25	37,583	6,13	3,07	98,3
По опыту	12	180,50				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	399,000	11				100
Повторени	83,000	3				21
Вариантов	90,500	2	45,25	1,20	5,14	23
Случайное	225,500	6	37,58			57

Ош.ср.= 3,07                      Ош.опыта%= 1,70              Ош. разнос: 4,33  
 Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф<Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Дисперсионный анализ влияния систем обработки на биологическую  
урожайность

Влияние приемов основной обработки почвы  
на биологическую урожайность зерна гороха (2017)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	7,83	8,12	7,59	7,77
Дискование	8,16	7,91	7,93	8,01
Вспашка	8,50	8,25	8,77	8,19

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	7,83	0,048	0,22	0,11	98,6
2	4	8,00	0,013	0,12	0,06	99,3
3	4	8,43	0,069	0,26	0,13	98,4
По опыту	12	8,09				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1,153	11				100
Повторени	0,047	3				4
Вариантов	0,762	2	0,38	6,63	5,14	66
Случайное	0,345	6	0,06			30

Ош.ср.= 0,12                      Ош.опыта%= 1,48                      Ош. разнос: 0,17  
Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **0,41**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влияние приемов основной обработки почвы  
на биологическую урожайность зерна гороха (2018)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	2,58	2,09	2,39	2,08
Дискование	2,17	2,19	2,14	2,01
Вспашка	2,41	2,13	2,05	2,07

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Ошибка	Точность%
1	4	2,28	0,060	0,24	0,12	94,7
2	4	2,13	0,006	0,08	0,04	98,1
3	4	2,17	0,027	0,17	0,08	96,2
По опыту	12	2,19				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	0,335	11				100
Повторени	0,178	3				53
Вариантов	0,054	2	0,03	1,58	5,14	16
Случайное	0,102	6	0,02			31

Ош.ср.= 0,07                      Ош.опыта%= 2,98              Ош. разнос: 0,09  
Кр.Стьюдент 2,44                      НСР=                      **Fф < Fт**

В опыте НЕ ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия

Влияние приемов основной обработки почвы  
на биологическую урожайность зерна гороха (2019)

Вариант	Повторность			
	1	2	3	4
Прямой посев	3,29	3,48	3,46	3,64
Дискование	3,28	3,57	3,42	3,35
Вспашка	4,53	4,07	3,78	3,84

Результаты анализа в Однофакторной интерпретации

Вариант	Кол-во	Среднее	Дисперсия	Ср.кв.откл	Ошибка	Точность%
1	4	3,47	0,020	0,14	0,07	98,0
2	4	3,41	0,015	0,12	0,06	98,2
3	4	4,05	0,117	0,34	0,17	95,8
По опыту	12	3,64				

Источ.вари	Сумма кв.	ст.свободы	Дисперсия	Fфакт	Fтаб095.	Влияние %
Общее	1,482	11				100
Повторени	0,047	3				3
Вариантов	1,026	2	0,51	7,54	5,14	69
Случайное	0,408	6	0,07			28

Ош.ср.= 0,13                      Ош.опыта%= 3,58                      Ош. разнос: 0,18  
Кр.Стьюдент 2,44                      НСР= **0,45**

В опыте ВЫЯВЛЕНЫ существенные различия