

На правах рукописи

ГАРИФУЛЛИН ИЛЬЯ ИРИКОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТЬЮ СЛОЖЕНИЯ
ПОЧВЫ ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ СТАБИЛИЗАЦИЮ УРОЖАЙНОСТИ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Специальность 06.01.03 - агрофизика

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Иваново - 2022

Работа выполнена в Ивановском научно-исследовательском институте сельского хозяйства — филиале ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» в 2014 - 2021 годах

Научный Конищев Алексей Алексеевич

руководитель: кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Ивановского НИИСХ,

Официальные Дридигер Виктор Корнеевич,

оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории технологии возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Железова Софья Владиславовна,

доктор сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории химии окружающей среды ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии»

Ведущая Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
организация: профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», факультет почвоведения

Защита диссертации состоится _____ 2022 года в _____ часов на заседании диссертационного совета Д006.001.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Агрофизический научно-исследовательский институт» по адресу: 195220, Санкт-Петербург, Гражданский проспект, д. 14. Тел.+7(812)534-13-24, факс +7(812)534-19-00, email: office@agrophys.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Агрофизического научно-исследовательского института и на сайте <http://www.agrophys.ru>, с авторефератом – на сайте <http://vak.ed.gov.ru> и <http://www.agrophys.ru>.

Автореферат разослан _____ 2022г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим направлять по адресу: 195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д.14, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт».

Ученый секретарь

диссертационного совета Д006.001.01

доктор биологических наук

Е.В. Канаш

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Продуктивность зерновых культур в каждый из отдельно взятых вегетационных периодов зависит от режима увлажнения посевов, запасов питательных веществ и плотности сложения пахотного слоя. При рассмотрении нескольких вегетационных периодов на первое место по влиянию на урожайность выходят гидротермические условия. Учитывая постоянно возрастающую в последние годы нестабильность погодных условий, этот фактор приобретает всё большее негативное влияние на сельскохозяйственное производство.

В тоже время наука «опаздывает» с разработкой путей и мер реально компенсирующих влияние погодных условий на урожайность возделываемых культур.

Степень разработанности темы.

Теоретические основы обработки почвы берут своё начало с середины 19 века. В нашей стране большой вклад в развитие теории обработки почвы внесли Докучаев В.В., Костычев П.А., Измаильский А.А., Вильямс В.Р., Дояренко А.Г., Мальцев Т.С., Бараев А.И. и др. Первыми учёными, внёсшими существенный вклад в теоретические основы физики почвы, были Иоффе А.Ф., Колясев Ф.Е., Глобус А.М., Нерпин С.В., Ревут И.Б. Их работы позволили перейти от эмпирического подбора оптимальных параметров почвы к теоретически обоснованным. Однако вопрос снижения влияния погодных условий на получаемую урожайность с помощью технологий обработки почвы до сих пор остаётся нерешённым. Выход из сложившейся ситуации мировое земледельческое сообщество видит в переходе на интенсивные и «высокие» технологии. Однако часто умалчивается, что «высокие» технологии могут эффективно применяться только в условиях благоприятного агроландшафта с минимальным количеством тормозящих (рискосодержащих) факторов (Кирюшин, 2005, 2011; Скируха, Долгова и др, 2019). Селекционеры видят

выход из создавшегося положения в разработке новых сортов, более глубоко учитывающих среду, в которой данные сорта будут выращиваться (Жученко, 2006; Драгавцев, Макарова и др., 2011; Щенникова, 2016). Существует также и третье направление увеличения объемов производства зерна. Этот путь заключается в снижении колебаний валовых сборов зерна по годам (Конищев, Гарифуллин, 2018).

Цель исследований: изучить возможность снижения зависимости продуктивности яровой пшеницы от гидротермических условий вегетационного периода за счёт оптимизации плотности сложения почвы

Задачи исследования:

1. Разработать методику расчёта оптимальной плотности почвы для различных периодов вегетации, слоёв почвы и режимов увлажнения.
2. Определить периоды вегетации с наибольшим влиянием плотности почвы на урожайность яровой пшеницы.
3. Определить влияние предшественника и дозы азотных удобрений на величину оптимальной плотности при возделывании яровой пшеницы.
4. Изучить возможность применения технологии обработки почвы для повышения стабильности урожаев.

Научная новизна. Впервые предложено увеличивать урожайность яровой пшеницы не за счет применения средств интенсификации производства, а за счет снижения зависимости урожайности от погодных условий вегетационного периода.

Практическая значимость работы. Для внедрения в сельскохозяйственное производство предложена ресурсосберегающая технология обработки почвы, позволяющая снизить зависимость от гидротермических условий и уменьшить энергозатраты.

Данная работа посвящена исследованию вопроса возможности регулирования среды обитания растений с целью снижения зависимости продуктивности растений от текущих условий вегетационного периода.

Методика и методы исследования. В исследовании сочетался комплекс научных методов, основная роль в которых была у полевого метода. Он включал в себя обследование экспериментальных полигонов с целью выявления разнородных по плотности участков поля, моделирование на этих участках различного сложения почвы с учётом воздействия управляемых и неуправляемых факторов. Также исследования дополнялись физическими и химическими анализами почвы. При оценке биологической урожайности использовалась методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Обработка результатов опыта производилась с помощью методов математической статистики и анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Урожайность яровых зерновых культур зависит от плотности сложения почвы в слое 10-20 сантиметров преимущественно в фазу развития растений «выход в трубку».
2. Величина оптимальной плотности почвы зависит от природных и антропогенных факторов.
3. Итоги сравнительных испытаний по влиянию гидротермических условий вегетационных периодов на урожайность яровой пшеницы при использовании предлагаемой и общепринятых технологий обработки почвы.

Теоретическая значимость работы. Предложена методика, позволяющая определять величину оптимальной плотности сложения почвы в любой период вегетации растений и в любом по глубине залегания слое, что позволяет определять направление и пути совершенствования технологий обработки почвы, в том числе обоснованность к переходу на обработку почвы нового поколения.

Обоснованность и достоверность результатов работы определяется достаточным объёмом полученных экспериментальных данных (включая многократные повторности) и длительным сроком наблюдений. Анализ полученных данных проводился с использованием методов математической

статистики, а также проводилась проверка результатов на данных сторонних организаций.

Апробация работы. Результаты исследований представлялись на международных и региональных научно-практических конференциях (г. Суздаль, 2015, 2016гг; д. Белогорка 2016; г. Горки, БСХА, 2017; г. Иваново, 2017; г. Курск, 2017; г. Майкоп, 2017, 2018гг; ФИЦ «Немчиновка», 2018).

Организация исследования и личный вклад автора. Научные исследования выполнялись в Ивановском НИИСХ, филиале ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», в секторе обработки почвы в рамках государственного задания (№0617-2019-0001-С-02 «Разработать теоретические основы и принципы формирования систем земледелия нового поколения и технологий конструирования высокопродуктивных, ресурсосберегающих агрофитоценозов, с целью устойчивого производства продукции растениеводства, сохранения, повышения почвенного плодородия и эффективного использования ресурсно-климатического потенциала агроландшафтов в Верхневолжье» п.4 программы ФНИ гос. академии наук на 2013-2020гг.). Автор принимал непосредственное участие в планировании, закладке и проведении полевых опытов, отборе и подготовке проб, обобщении и анализе экспериментальных данных, подготовке публикаций. Личный вклад автора в объём исследований составляет не менее 80%.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 21 научная работа, из них 4 - в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Объём и структура работы. Диссертация изложена на 172 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, предложения производству, списка литературы и приложений. В тексте содержится 70 таблиц, 23 рисунка и 9 приложений. Список литературы включает 181 источник, в том числе 3 на иностранном языке.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

В результате проведенного обзора установлено, что интенсификация применения агрохимических средств не приводит к снижению межгодовых колебаний урожайности, в то время как данные колебания являются основным фактором финансовых рисков на производстве. Совершенствование способов обработки почвы никогда не ставило своей задачей повлиять на колебания урожайности возделываемых культур, а «традиционные» цели совершенствования обработки во многом потеряли свою актуальность после перехода к рыночной экономике. Выход из создавшегося положения предложил Конищев А.А. Его предложение принято в качестве основной рабочей гипотезы диссертации.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Опыты проводились на полях Ивановского НИИСХ (Ивановская обл.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с толщиной гумусового горизонта 18-20 см, при содержании гумуса 1,60-1,66%, и слабокислой реакцией среды (рН — 5,1-5,3). Содержание доступных для сельскохозяйственных культур элементов питания составляло: доступного фосфора (P_2O_5) — 190-205 мг/кг, обменного калия (K_2O) — 150-154 мг/кг почвы.

За время исследования ГТК (гидротермический коэффициент Селянинова) вегетационных периодов колебался от 1,07 до 4,00, в том числе в критические для урожайности первые сорок дней от даты посева ГТК колебался от 0,73 до 4,00. При этом два года исследований характеризовались как годы с избыточным увлажнением, два года засушливые и один год близкий к оптимальному.

Опыты проводились в течении пяти лет. Закладывалось два вида полевых опытов согласно методике опытного дела А.Б. Доспехова. Опыт типа №1 имел модельную направленность, и использовался для выявления влияния на урожайность плотности почвы в: различные периоды вегетации, в разных

слоях почвы, при различных предшественниках, дозах азотных удобрений и режимах увлажнения.

Опыт типа №2 закладывался, для подтверждения возможности снижения годовых колебаний урожайности за счёт использования предлагаемой экспериментальной технологии обработки почвы в сравнении с традиционными для региона. Экспериментальная обработка выполнялась комбинированным агрегатом сочетающим глубокую полосную, предпосевную обработки и посев.

Всего было произведено по 6 закладок опытов обоих типов.

Во всех закладках опыта использовалась яровая пшеница сорта «Сударыня». Обработка гербицидами против сорняков производилась общим фоном в фазу кущения пшеницы.

Опыт №1. Сравнивалось два способа обработки почвы: вспашка и экспериментальная. Изучалась реакция продуктивности пшеницы на естественную неоднородность сложения почвы по фону этих двух способов обработки почвы. Для этого опытный участок разбивался на квадраты 5х5м. Проводилось сплошное обследование полигона с целью выявления квадратов с различной плотностью почвы. На каждом квадрате отбирались пробы почвы ненарушенного сложения в 4 повторениях на глубину 0-10см и 10-20см. Пример схемы опыта представлен на рисунке 1. В 2019 году опыт был дополнен третьим способом обработки — минимальной обработкой почвы.

В 2017 году было три закладки опыта типа №1 с различными сроками сева с целью имитации различных режимов увлажнения.

Опыт №2. Пшеница высевалась по пару и по зерновому предшественнику. Сравнивалось три способа обработки почвы: вспашка (контроль), минимальная обработка и экспериментальная, с применением пяти доз азотных удобрений на каждой обработке. Дозы составляли: N0, N30, N60, N90, N120. Опыт закладывался методом расщеплённых делянок, конечная площадь делянок с удобрениями 60м², повторность четырёхкратная. Пример схемы опыта представлен на рисунке 2.



Методика:

1. На выделенных квадратах определяется исходная плотность почвы;
 2. Полигон делится на две части, которые обрабатываются по традиционной и экспериментальной технологии и засеваются пшеницей;
 3. Определяется зависимость урожайности от режима увлажнения и плотности почвы в текущем году;
- Размеры квадратов 5 x 5 метров

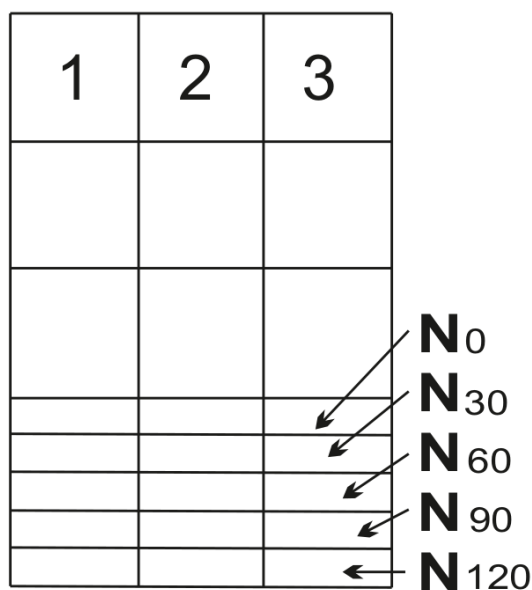
1,37	1,25	1,26	1,14	1,14	1,16
1,22	1,35	1,27	1,35	1,18	1,14
1,38	1,19	1,25	1,17	1,31	1,21
1,22	1,13	1,19	1,31	1,25	1,20
1,25	1,18	1,21	1,09	1,18	1,10
1,27	1,15	1,13	1,30	1,13	0,93
1,26	1,17	1,22	1,24	1,26	0,94
1,30	1,13	1,27	1,23	1,26	1,23
1,19	1,24	1,20	1,23	1,16	1,17
1,35	1,25	1,19	1,20	1,17	1,01
1,27	1,27	1,21	1,27	1,17	0,93
1,06	1,17	1,23	1,21	1,16	0,98
1,24	1,22	1,24	1,28	1,23	1,06
1,17	1,31	1,17	1,33	1,24	1,38
1,39	1,07	1,15	1,30	1,15	1,34

экспериментальная
обработка

традиционная
обработка

Пример распределения плотности почвы перед началом работ в слое ниже уровня заделки семян

Рис.1 Схема опыта первого типа и методика его закладки



Опыт двухфакторный (3x5 факторов)

3 способа основной обработки [вспашка(1), минимальная (2), экспериментальная (3)];

5 доз азотных удобрений (0,30,60,90,120 кг д.в/га)

Размеры делянок по обработке 7x60 метров по дозе азотных удобрений 7x12 метров

Повторность — четырехкратная

Размещение делянок по фактору удобрений - рандомизированное

Рис.2 Схема опыта второго типа и методика его закладки

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

3.1 Методика расчета величины оптимальной плотности сложения почвы

В настоящее время при анализе эффективности технологий обработки используется величина оптимальной плотности сложения почвы определённая в модельных (микрополевых) опытах в середине прошлого века, в период совершенствования вспашки как обработки, и регламентирующая сложение почвы перед посевом. С появлением нетрадиционных способов обработки почвы возникла необходимость определения величины «оптимальной плотности» почвы в различные периоды вегетации и на исследуемой глубине. Отсутствие исследований по данному вопросу привело большинство авторов к решению распространять известную величину оптимальной плотности на весь период вегетации и даже на несколько лет вегетации.

В то время как сами разработчики этой величины (Ревут И.Б., Ильин И.Р. и др.) и, в более поздних исследованиях, Медведев В.В. неоднократно отмечали, что плотность почвы является «остро динамичной величиной», значительно изменяющейся в период вегетации, особенно на дерново-подзолистых почвах.

То есть, зависимость урожайности от плотности сложения почвы превращается в чисто формальный показатель, не дающий информации для дальнейшего совершенствования обработки. Это хорошо иллюстрируют данные таблицы 1.

Получается, что по действующим критериям усредненная плотность почвы (слой 0-20см) на обоих вариантах является оптимальной (т.к. укладывается в диапазон «оптимальной плотности» - 1,1 – 1,3г см⁻³). В то же время разница в плотности объединенного слоя между вариантами не превышает 0,002г см⁻³ (0,16%), то есть ее практически нет, а разница в урожайности на участках отличается на 14,8%. Объяснить эту разницу, опираясь на величину «оптимальной плотности» перед посевом, невозможно.

Плотность подсеменного слоя (10-20см) между вариантами также отличается незначительно (на 2,7%), поэтому и ее нельзя привлечь к объяснению полученной урожайности.

Таблица 1 - Величина плотности почвы перед посевом яровой пшеницы и урожайность при различном увлажнении вегетационного периода

№ п/п	ГТК=2,65				ГТК=2,05			
	Плотность в слое, см (г см ⁻³)			Урожайность, т га ⁻¹	Плотность в слое, см (г см ⁻³)			Урожайность, т га ⁻¹
	0-20	0-10	10-20		0-20	0-10	10-20	
1	1,325	1,26	1,39	3,01	1,150	1,120	1,180	2,55
2	1,190	1,21	1,17	3,26	1,330	1,330	1,330	2,76
3	1,210	1,09	1,33	2,81	1,231	1,221	1,239	3,12
4	1,200	1,15	1,25	3,74	1,230	1,274	1,189	2,64
5	1,280	1,33	1,23	3,61	1,260	1,296	1,223	2,34
6	1,330	1,28	1,38	2,53	1,258	1,282	1,235	2,84
7	1,200	1,23	1,17	3,82	1,290	1,270	1,310	3,09
8	1,230	1,12	1,34	2,72	--	--	--	--
9	1,265	1,30	1,23	3,69	--	--	--	--
Средняя					Средняя			
в слое 0-20см – 1,248 г см ⁻³				3,24	в слое 0-20см – 1,244 г см ⁻³			2,76
в слое 0-20см – 1,250 г см ⁻³					в слое 10-20см – 1,277 г см ⁻³			

Таким образом результативность применения показателя плотности почвы перед посевом для прогнозирования получаемой урожайности и возможности совершенствования обработки вызывает большие сомнения.

Для исправления ситуации предложена методика определения плотности сложения почвы, обеспечивающей максимальную урожайность возделываемой культуры для любого периода вегетации и глубине залегания исследуемого слоя. Подробно предлагаемая методика, порядок действий при ее применении и анализ получаемых результатов изложен в диссертации.

3.2 Выбор периода и слоя почвы наибольшего влияния плотности почвы на урожайность

С целью установления величины оптимальной плотности почвы а также периода развития растений и слоя почвы, в котором величина плотности почвы оказывает наиболее существенное влияние на урожайность яровых зерновых,

были взяты данные по плотности и влажности 5 опытов с различными режимами увлажнения. В качестве примеров использования предлагаемой методики в таблице 2 представлены результаты опыта с ГТК = 2,05 (продолжение таблицы 1) и аналогичные расчеты для условий недостатка влаги в таблице 3 (ГТК=0,73).

Таблица 2 - Влияние плотности почвы на урожайность яровой пшеницы в различные периоды вегетации при ГТК=2,05

Обработка в слое, см		Количество суток от даты посева				
		10	28	45	51	84
Вспашка	0-10	не дост.*	не дост.**	не дост.**	не дост.*	не дост.**
	10-20	не дост.*	не дост.*	Дост.	Дост.	Дост.
	0-20	не дост.*	не дост.**	не дост.**	Дост.	Не дост.**

Таблица 3 - Влияние плотности почвы на урожайность яровой пшеницы в различные периоды вегетации при ГТК=0,73

Обработка в слое, см		Количество суток от даты посева				
		12	21	41	50	88
Вспашка	0-10	не дост.*	не дост.*	не дост.**	не дост.**	Дост.
	10-20	не дост.**	не дост.**	не дост.**	Дост.	не дост.*
	0-20	не дост.*	не дост.**	не дост.*	не дост.*	не дост.**
Минимальная	0-10	не дост.*	не дост.**	не дост.*	не дост.*	не дост.**
	10-20	не дост.*	не дост.**	Дост.	Дост.	не дост.*
	0-20	не дост.**	не дост.*	не дост.*	не дост.*	не дост.*

* Данные не достоверные, ветви параболы направлены вверх (нет максимума)

** Данные не достоверные по критерию Стьюдента

В результате обработки экспериментальных данных установлено, что достоверное влияние на урожайность яровой пшеницы плотность почвы оказывает преимущественно в фазу развития пшеницы «выход в трубку» в слое 10-20. Аналогичные результаты получены и в остальных трех опытах. Поэтому в дальнейшем, для анализа влияния плотности почвы на урожайность пшеницы, использовалась плотность почвы в фазу «выход в трубку».

3.3 Определение влияния предшественника на величину оптимальной плотности

Установлена необходимость снижения плотности для получения близкого по величине урожая при повторном посеве пшеницы. При сравнении первой и второй культур после пара эта закономерность выступает как тенденция, так как разница не подтверждается критерием Стьюдента. При посеве пшеницы второй

и третьей культурой после пара необходимость снижения плотности достоверна по критерию Стьюдента. Попутно было подтверждено более значительное влияние на урожайность гидротермических условий вегетационного периода (ГТК) по сравнению с влиянием предшественника. Влияние предшественника на урожайность при ГТК равном 2,05 составляет 9%, а при ГТК равном 2,19 - 5,8%, в то время как влияние погодных условий составляет 49%

3.4 Исследование взаимосвязи оптимальной плотности почвы и дозы азотных удобрений

Опыт закладывался по схеме квадратов с различной плотностью почвы и внесением азотных удобрений под предпосевную обработку и посев.

Целью опыта было установление влияния вносимых азотных удобрений на изменение величины оптимальной плотности.

Результаты определения урожайности представлены в таблице 4, а пример сравнительного определения величины оптимальной плотности при внесении различных доз удобрений - в таблице 5.

Таблица 4 - Урожайность пшеницы при различных приемах возделывания, т га⁻¹

Обработка	Доза азотных удобрений				
	0	30	60	90	120
Вспашка	1,65	2,34	2,57	2,47	2,85
Минимальная	1,73	2,29	2,59	2,73	2,91
Эксперимент.	1,80	2,32	2,54	2,84	2,52

НСР₀₅ для фактора удобрений – 0,21 т га⁻¹

НСР₀₅ для фактора обработки – 0,27 т га⁻¹

НСР₀₅ для частных различий – 0,47 т га⁻¹, точность опыта – 6,86%

Таблица 5 - Примеры определения величины оптимальной плотности почвы по видам обработки почвы и дозам удобрений

Обработка	Доза азотных удобрений	Аппроксимирующая зависимость (у-урожайность, х-плотность почвы)	Величина оптимальной плотности*
Вспашка	0	$y=404,06X - 145,03X^2 - 263,23$	1,393 (+3,2%)
Минимальная		$y=1582,90X - 564,79X^2 - 1089,36$	1,401 (+3,8%)
Экспериментальная		$y=653,37X - 242,75X^2 - 418,08$	1,346 (-0,3%)
Сводная		$y=454,89X - 168,41X^2 - 288,14$	1,350
Вспашка	120	$y=866,25X - 308,14X^2 - 577,35$	1,405 (-0,1%)
Минимальная		$y=1458,96X - 531,64X^2 - 969,74$	1,372 (-2,5%)
Экспериментальная		$y=2938,27X - 1086,75X^2 - 1956,72$	1,352 (-3,9%)
Сводная		$y=1049,17X - 372,78X^2 - 707,99$	1,407

Величина оптимальной плотности по вариантам обработки при посеве без удобрений отличается от усредненной величины не более чем 3,8% , и в среднем равна $1,350 \text{ г см}^{-3}$ (табл. 5), При этом разница в урожайности между значениями аргумента 1,350 и 1,401 составляет $0,042 \text{ т га}^{-1}$ (2,2% при точности опыта 6,86%). На варианте с дозой азотных удобрений в 120кг д.в/га разброс в величине оптимальной плотности почвы не превышает 3,9% (табл 5), А разница в урожайности между аргументами 1,407 и 1,352 г см^{-3} составляет $0,113 \text{ т га}^{-1}$ (3,76%, при точности опыта 6,86%). При других дозах азотных удобрений отклонение величин оптимальной плотности почвы от средней не превышает 4,3%, при отклонении величины урожайности так же в пределах точности опыта.

Оценка достоверности разницы между выборками по критерию Стьюдента показала, что $t_{\text{фак}}=0,016 < t_{\text{теор}}=2,37$, что означает, что разница недостоверна.

Поэтому следует признать, что внесение азотных удобрений не проявляется на величине оптимальной плотности почвы. А непосредственно величина оптимальной плотности должна быть признана равной 1,361 (при ГТК в 2019 году равном 0,73).

3.5 Определение величины оптимальной плотности почвы при различном режиме увлажнения

С целью установления диапазона изменения величины оптимальной плотности почвы от режима увлажнения посевов были использованы данные по плотности 5 опытов в годы с различным режимом увлажнения.

В соответствии с предложенной методикой, путем аппроксимации устанавливалась зависимость урожайности от плотности почвы за каждый год, затем полученные зависимости исследовались на экстремум. Плотность, при которой урожайность в рассматриваемый год была максимальной принималась в качестве оптимальной. В качестве примера описанных действий представлен рисунок 3.

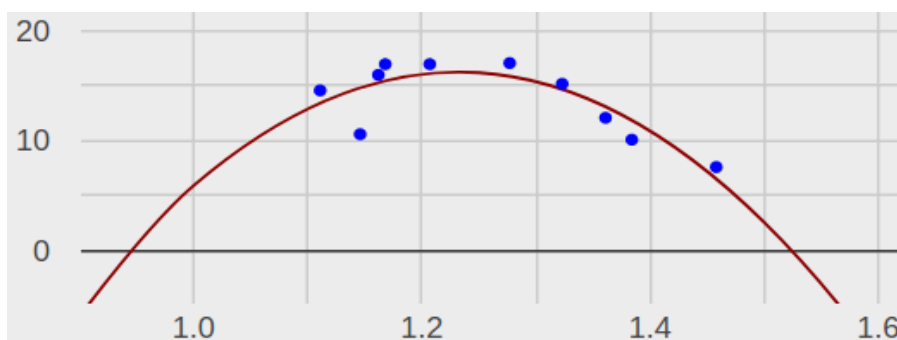


Рис.3 Пример определения плотности максимальной урожайности при ГТК =2.19 , где: $Y = -192.0551X^2 + 473.4468x - 275.5046$; $R^2 \approx 0.7132$; $X_{\text{оптим}} = 1,208 \text{ гсм}^{-3}$

Объединив полученные результаты была составлена таблица 6 с сопоставлением ГТК и оптимальной плотности

Таблица 6 – Величина оптимальной плотности в зависимости от гидротермических условий

ГТК	Оптимальная плотность г/см ³
0,73	1,361
2,05	1,295
2,19	1,208
2,43	1,259
4,00	1,282

На основании имеющихся данных представленных в таблице 6 мы можем составить график линейной зависимости величины оптимальной плотности почвы в зависимости от режима увлажнения: $Y = 1,332 - 0,0225X$; $R^2 = 0.2209$; где: (X) – величина ГТК, (Y) – плотность почвы.

Однако стоит предположить, что реальной (окончательной) формой графика будет не прямая (об этом свидетельствует и низкая величина коэффициента детерминации), так как плотность почвы как уменьшаться, так и возрастать до бесконечности не может, а зависимость близкая к логистической. С ограничениями по верхней границе определяемой плотностью почвы при влажности почвы близкой к влажности устойчивого завядания растений. Определенная нами величина этой границы близка к $1,4 \text{ г см}^{-3}$, а нижняя граница будет определяться плотностью почвы при влажности почвы, равной полной полевой влагоемкости. По нашим данным, для дерново-подзолистой

легкосуглинистой почвы эта величина будет близка к $1,2 \text{ г см}^{-3}$. Для построения логистической кривой необходимо проведение дополнительных исследований, преимущественно при значительном недостатке и избытке осадков.

ГЛАВА 4. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сравнивались традиционные для региона технологии с экспериментальной, формирующей участки различной плотности, являющиеся оптимальными для разных режимов увлажнения. Отношение площадей участков той или иной плотности задаётся установкой параметров экспериментального агрегата. В рассматриваемом случае параметры агрегата закладывались для региона нормального и временно избыточного увлажнения. По закладываемым требованиям экспериментальная обработка не должна показывать меньшую урожайность в сравнении с технологией на базе вспашки при избыточном увлажнении и превосходить её при меньшем увлажнении. При этом эффективность использования азотных удобрений обеспечивается за счёт повышения влагообеспеченности растений. Сравнение проводилось в двух сериях опытов по двум предшественникам — чистому пару и по пшенице. В качестве примера в таблице 7 представлена урожайность яровой пшеницы при недостаточном, нормальном и повышенном увлажнении.

Таблица 7 - Урожайность пшеницы при различном режиме увлажнения, т га^{-1}

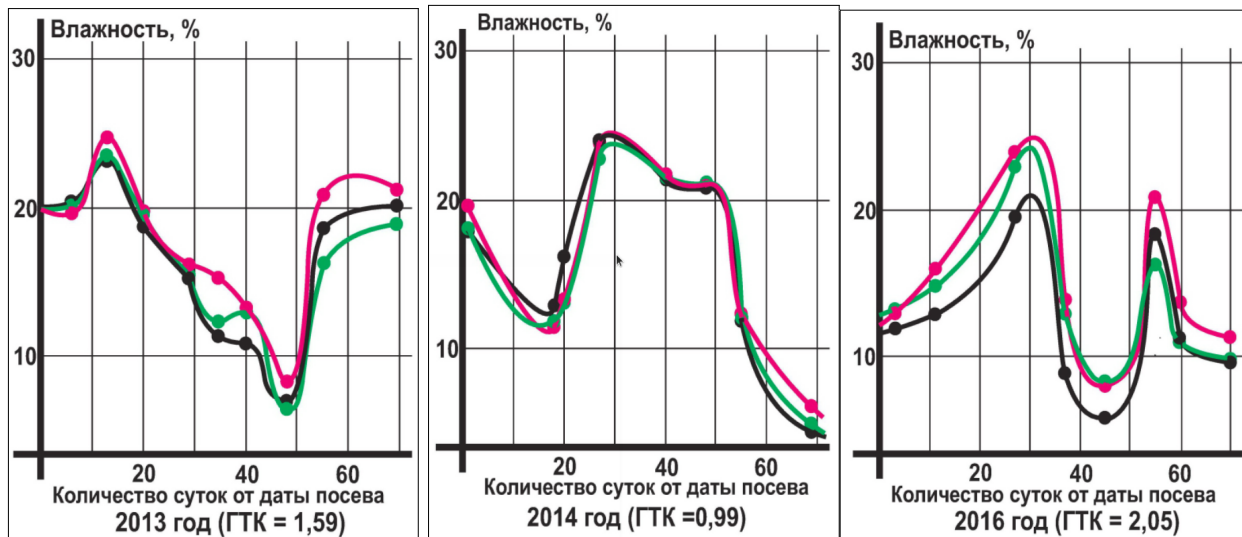
Доза азота, кг дв/га	Обработка при ГТК								
	Вспашка			Минимальная			Экспериментальная		
	0,73	1,59	2,19	0,73	1,59	2,19	0,73	1,59	2,19
0	1,61	2,45	1,56	1,73	2,13	2,12	1,80	2,26	2,17
30	2,34	3,46	1,77	2,29	3,39	2,36	2,32	3,44	2,61
60	2,57	4,31	1,90	2,60	4,25	2,56	2,54	4,46	2,84
90	2,47	5,02	1,96	2,73	4,70	2,70	2,84	5,33	2,86
120	2,85	5,57	1,94	2,91	4,75	2,81	2,52	6,05	2,68

НСР₀₅ для частных различий $0,34 \text{ т га}^{-1}$

НСР₀₅ для обработки почвы $0,23 \text{ т га}^{-1}$

НСР₀₅ для удобрений $0,28 \text{ т га}^{-1}$

При анализе влияния каждого фактора в отдельности учитывалась динамика влажности почвы (Рис.4). Установлено, что получаемая величина урожайности зависит от соотношения режима увлажнения почвы и её плотности в период закладки регенеративных органов пшеницы.



Условные обозначения : вспашка; минимальная; экспериментальная

Рис.4 Динамика влажности почвы за вегетационные периоды.

В результате обработки данных 6 опыто-лет были рассчитаны коэффициенты вариации величины урожайности в зависимости от способов обработки почвы и количества вносимых азотных удобрений (таблица 8).

Из таблицы 8 видно что экспериментальная обработка демонстрирует меньшую вариабельность при различных ГТК чем минимальная обработка почвы и вспашка. Повышение вариативности с ростом доз удобрений связан в первую очередь со значительным ростом урожайности при больших дозах азотных удобрений. С этим же связано то что вспашка показывает больший коэффициент вариации чем минимальная обработка.

Различные типы обработок почвы демонстрируют различную вариабельность урожайности, это означает что обработка почвы напрямую влияет на величину колебаний урожайности при различном режиме увлажнения и следовательно возможно применение технологий обработки почвы, которые бы позволили снизить данную величину.

Таблица 8 - Величина и устойчивость урожаев при различных дозах удобрений и обработке в диапазоне ГТК 0.73-2,65.

Обработка почвы	Показатели	Доза азотных удобрений, кг.дв/га.				
		0	30	60	90	120
Вспашка	Урожайность т га ⁻¹	1,98	2,60	3,00	3,15	3,10
	Коэффициент вариации, %	20,27	25,69	29,43	34,41	40,77
Минимал.	Урожайность т га ⁻¹	1,88	2,47	2,85	3,02	2,93
	Коэффициент вариации, %	18,27	18,52	24,04	27,28	29,56
Эксперим.	Урожайность т га ⁻¹	2,03	2,72	3,15	3,35	3,32
	Коэффициент вариации, %	15,20	17,70	22,89	30,42	40,49

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Для оценки энергоэффективности было произведено сравнение затрат дизельного топлива и времени на посев и предпосевную обработку почвы по трем типам обработки почвы — вспашка (контроль), минимальная и экспериментальная. Для восполнения отсутствующих данных по техническим и экономическим характеристикам экспериментального агрегата были проведены хронометражные наблюдения.

Результаты расчётов эффективности для этапов обработка почвы и посев показали, что экспериментальная обработка превосходит по топливной эффективности на данных этапах вспашку, хотя и уступает минимальной обработке почвы, и на 18,2% требует меньше времени на обработку единицы площади. Экспериментальная технология обработки имеет большую среднесуточную урожайность в сравнении с технологиями на базе вспашки (105,3%) и минимальной обработкой(110,8%), а значит можно предположить преимущество в энергоэффективности данной технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доказана возможность определения оптимальной величины плотности сложения почвы в любой период вегетации яровой пшеницы. Предложенная методика позволяет установить послойное влияние плотности на урожайность и достоверность её влияния в любой период вегетации.

2. Установлено наличие достоверного коэффициента корреляции урожайности и плотности сложения почвы преимущественно в фазу развития пшеницы «выход в трубку».
3. В большинстве случаев достоверный коэффициент корреляции урожайности пшеницы и плотности почвы фиксируется для подсеменного слоя (10 – 20см).
4. При посеве пшеницы первой и второй культурой после пара, предшественник не оказывал влияния на величину оптимальной плотности. При посеве пшеницы третьей культурой после пара зафиксирована необходимость уменьшения величины оптимальной плотности, для исключения снижения урожайности.
5. Влияние погодных условий на урожайность пшеницы значительно превышает влияние предшественника. Например, разница в урожайности между посевом по пару и первой культуры после пара составляет 0,28 т га⁻¹ (2016 год, ГТК=2,05), а разница между посевами второй и третьей культурой после пара – 0,22 т га⁻¹ (2017год, ГТК=2,19). При разнице в урожайности между 2016 и 2017 годами в 49% (0,45 т га⁻¹).
6. При колебании ГТК вегетационных периодов в пределах от 0,73 до 4,00 величина оптимальной плотности колеблется от 1,208 до 1,361г см⁻³.
7. Величина оптимальной в период вегетации плотности почвы в подсеменном слое (10 -20см) не зависит от применения азотных удобрений.
8. Средняя урожайность за годы исследований при изменении ГТК в пределах 0,73-2,65 и дозах азотных удобрений 0 – 120кг д.в./га составила по вспашке 2,77 т га⁻¹ (100%), по минимальной обработке 2,51 т га⁻¹ (90,6%), по экспериментальной обработке 2,91 т га⁻¹ (105,1%), с колебаниями урожайности в пределах: 1,98-3,15 т га⁻¹ (по вспашке), 1,88-3,02 т га⁻¹ (по минимальной обработке), 2,03-3,35 т га⁻¹ (по экспериментальной обработке), при одновременном снижении коэффициента вариации годовой урожайности по экспериментальной обработке по сравнению со вспашкой до 5%.
9. Экспериментальная обработка в период «обработка почвы — посев»

превосходит по топливной экономичности вспашку на 4% а по затратам рабочего времени на 18,2%.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Известные в настоящее время технологии и агротехнические приемы, основанные на увеличении применения средств интенсификации производства и использовании технологий обработки почвы, не позволяют снизить влияние погодных условий на продуктивность зерновых культур.

Снижение зависимости урожайности яровой пшеницы от погодных условий вегетационного периода возможно при переходе на применение технологии обработки почвы второго поколения. Повышение величины межгодовых сборов зерна при этом составит 5-10% в зависимости от противопоставляемой технологии при одновременном росте производительности труда до 18%.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.** Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур. // Агрофизика, 2017, №4, С. 16-24.
2. Конищев А.А., Перфильев Н.В., **Гарифуллин И.И.** Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности сложения» с влажностью почвы и урожайностью ячменя // Агрофизика 2019. №2. С. 25-31. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.04
3. Конищев А.А, Конищева Е.Н., **Гарифуллин И.И.** Исследование причин побуждающих к переходу на минимизированные обработки почвы. // Аграрный вестник Урала 2019. №4.С. 4-11. DOI 10.32417/article_5cf94af50de060.9226956
4. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.**, Методика расчета величины оптимальной плотности сложения почвы в любой период вегетации. // Агрофизика, 2021, №2, С. 16-24.

Публикации в других изданиях:

5. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.** Влияние способов обработки почвы на влагообеспеченность и урожайность яровой пшеницы // В сборнике: Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник докладов международной научно-практической конференции. // Суздаль, 29-30 июня 2015г., с.166-170.
6. Конищев А.А. **Гарифуллин И.И.** Влияние режима увлажнения и обработки почвы на урожайность яровой пшеницы. // В сборнике материалов международной научно-практической конференции : Развитие земледелия в Нечерноземье: проблемы и их решение. // ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка»», 2016, С. 124-129.
7. Конищев А.А, **Гарифуллин И.И.** К вопросу о совершенствовании технологии обработки почвы. – В кн.: Система интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства. Коллективная монография / ФГБНУ Владимирский НИИСХ; [редкол.: Л.И. Ильин и др.] – Суздаль, 2016, - 469 с., с. 69-73.
8. Конищев А.А, **Гарифуллин И.И.** Влияние способов обработки почвы на влагообеспеченность и урожайность яровой пшеницы. В сборнике материалов Международной научно-практической конференции «Системы интенсификации земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации аграрного производства». Суздаль: ФГБНУ Владимирский НИИСХ, 2016, С.65-69.
9. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.** О возможности применения теории решения изобретательских задач для реформирования обработки почвы.//Владимирский земледелец, 2017, № 1, С. 12-14.
10. **Гарифуллин И.И.** Анализ направления совершенствования технологии выращивания зерновых. В сборнике материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К.Беляева «Аграрная наука в условиях модернизации и

инновационного развития АПК России». Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2017, том 1, С. 46-52.

11. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.** Влияние обработки почвы, увлажнения и азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы. В коллективной монографии «Реализация методологических и методических идей профессора Б.А.Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия». Москва-Суздаль: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, ФГБНУ «Владимирский НИИСХ», 2017, том 1, С. 218-222.

12. **Гарифуллин И.И.** Сравнение способов обработки при различном увлажнении почвы. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации -2017», г. Горки, БСХА, часть 1, С. 88-91.

13. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.**, Конищева Е.Н.. К вопросу о внедрении прямого посева. В сборнике докладов научно - практической конференции с международным участием «Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия», Курск, 2017, С. 158-163.

14. Конищев А.А., Конищева Е.Н., **Гарифуллин И.И.** Влияние равномерности увлажнения и обработки почвы на урожайность яровой пшеницы. В сборнике материалов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы АПК и перспективы развития» Майкоп: ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ», 2017, С.81-84.

15. Конищева Е.Н., **Гарифуллин И.И.** Влияние условий возделывания на урожайность яровой пшеницы. // В сборнике: Почвы и их эффективное использование. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора В.В. Тюлина. 2018. С. 130-133.

16. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.** Пути снижения валотильности урожаев зерновых культур. // Современные тенденции в научном обеспечении АПК

Верхневолжского региона: Коллективная монография. ФГБНУ - «Верхневолжский аграрный научный центр»; [редкол.: Л.И. Ильин и др.; отв. за вып. В.В.Окорков], т.1/ Иваново, Прессто, 2018, с.153-159.

17. Конищев А.А, Конищева Е.Н., **Гарифуллин И.И.** О методике применения характеристики «оптимальная плотность почвы». // В сборнике: Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию образования Майкопского государственного технологического университета. 2018. С. 73-77.

18. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.**, Конищева Е.Н. Агрофизические аспекты улучшения среды обитания растений // Инновационные разработки селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. ФИЦ «Немчиновка», 2018.- 64с. С. 569-576.

19. Конищев А.А., **Гарифуллин И.И.**, Конищева Е.Н. О методике использования характеристики «оптимальная плотность» в исследованиях по обработке почвы. // Владимирский земледелец. 2019. №1 (87). С. 16-20.

20. **Гарифуллин И.И.** Методика расчёта величины оптимальной плотности сложения почвы в любой период вегетации. // Сельскохозяйственный журнал 2020 №5. С 12-18. DOI: 10.25930/2687-1254/002.5.13.2020

21. **Гарифуллин И.И.** Применение математического анализа для определения целевой величины оптимальной плотности при обработке почвы. Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020» [Электронный ресурс] / Отв.ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. – Электрон. текстовые дан. (1500 Мб.) – М.: МАКС Пресс, 2020. – Режим доступа: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm, свободный – Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020». ISBN 978-5-317-06417-4