

На правах рукописи

Новикова Татьяна Владиславовна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ВИКО-
ПШЕНИЧНОЙ СМЕСИ НА ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ
ВЫСЕВА, СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТА И ЦИФРОВОЙ
КОРРЕКЦИИ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ
В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ижевск – 2024

Работа выполнена на кафедре агробиотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» в 2021-2024 гг.

Научный руководитель: **Зубарев Юрий Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агробиотехнологий
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ

Официальные оппоненты: **Абрамов Николай Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения и агрохимии
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья

Кравченко Роман Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

Ведущая организация: **Ульяновский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН**

Защита диссертации состоится «21» ноября 2024 года в 09⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 35.2.043.02 на базе ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ по адресу: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», на сайте университета <https://udsau.ru/> и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ <https://vak.minobrrnauki.gov.ru>

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, направлять по адресу: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая 11, e-mail: nir210@mail.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.043.02
кандидат сельскохозяйственных наук

Рябова Татьяна Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Эффективность и продуктивность зерно – кормовой бобово – злаковой смеси определяется подбором и соотношением компонента при их посеве. Исследования показывают, что этот выбор связан с видом и сортом культуры, значимостью агротехнических приёмов и экономической целесообразностью. При этом существующие агротехнологические приёмы всё активнее насыщаются цифровыми технологиями с элементами точного земледелия. Так, использование геоинформационных систем (ГИС) и дифференцированных технологий, оптимизируют агрономические решения, экономят товарно-материальные ценности (ТМЦ) и хозяйственно-технические ресурсы. В Пермском крае средняя урожайность вики посевной за 2021-2023 гг. составила 1,2 т/га, яровой пшеницы 1,4 т/га [Пермский край в цифрах, 2023].

Смешанные посевы бобовых (вики посевной) и злаковых (яровой пшеницы) культур остаются существенным средством биологической интенсификации агропродовольственного производства. На этом фоне одной из целей наших исследований является возможность практического влияния на уровень урожайности зерновой смеси вики посевная + яровая пшеница агротехнических приёмов применения удобрения и гербицида, основанных на данных дистанционного зондирования Земли. Разработка же оптимального сочетания вики посевной с яровой пшеницей в смешанном посеве для формирования наибольшей урожайности кормового зерна с использованием приёмов инновационной агротехники и элементов точного земледелия в Среднем Предуралье и Нечерноземье России и стали предметом наших исследований.

Степень разработанности темы. Экспериментальные данные для Среднего Предуралья при возделывании зерновых и зернобобовых культур, имеющиеся в научной литературе [Пасынкова Е. Н., 2009; Зубарев Ю. Н., Фалалеева Л. В., Попова И. М., 2023; Кравченко Р. В. 2023] изучены частично, в основном приёмы обработки почвы и дозы азотных удобрений. В регионе нет результатов по комплексному применению удобрений и гербицида, соотношению смеси вики посевной с яровой пшеницей, включая элементы точного земледелия [Абрамов Н. В. 2012; Зубарев Ю. Н., 2012; Марченко Л. А., 2018]. Нами исследуется возможность практического влияния на уровень урожайности зерновой смеси вики посевная + яровая пшеница агротехнических приёмов применения удобрений и гербицида, основанных на данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Цель и задачи исследований. Цель – определить оптимальную норму высева и сочетание компонента вики посевной с яровой пшеницей в смешанном посеве для формирования гарантированной урожайности и качества кормового зерна с использованием элементов точного земледелия в Среднем Предуралье. Для достижения этой цели сформулированы задачи:

1. Установить оптимальную норму высева и соотношение компонента зерновой смеси вики посевной с яровой пшеницей для получения стабильной урожайности кормового зерна не менее 2–2,5, в том числе – вики посевной 0,9–1,3 т/га с применением ГИС-технологий и цифровой коррекции агротехнических приёмов – способа применения удобрения и гербицида.

2. Выявить динамику формирования сорного компонента в посеве при возделывании вики посевной и яровой пшеницы, степень уничтожения сорняков и микробиологическую активность почвы при комплексном воздействии агротехнических приёмов – нормы высева, способа применения удобрения и гербицида, включая дифференцированные приёмы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

3. Исследовать динамику нормализованного вегетационного индекса растений (NDVI) в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы с применением ГИС-технологий и цифровой коррекции агротехнических приёмов – способа внесения удобрения и гербицида.

4. Определить действие агрофизических показателей плодородия почвы – агрегатного состава, плотности сложения, твёрдости, влажности, запасов продуктивной влаги в почве и гидротермические условия вегетации на урожайность зерновой продукции при возделывании вико – пшеничной смеси с элементами ГИС-технологий и цифровой коррекции агротехнических приёмов – способа применения удобрения и гербицида.

5. Обосновать экономическую, энергетическую и интегрированную кормовую оценку при оптимальном соотношении компонентов смеси вики посевной с яровой пшеницей для получения стабильной урожайности зерна с применением инновационной агротехники и цифровой коррекции агротехнических приёмов.

Новизна. Впервые в Среднем Предуралье на дерново-подзолистых почвах при возделывании чистого и смешанного посева вики посевной с яровой пшеницей апробированы приёмы инновационной агротехники, установлены оптимальная норма высева 1,1-1,7 млн. шт./га и соотношение компонента зерновой смеси вики посевной с яровой пшеницей – 55+45 %, для получения гарантированной урожайности кормового зерна не менее 2–2,5, в том числе – вики посевной 0,9–1,3 т/га. Выявлена экономическая эффективность применения ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования Земли для внесения минеральных удобрений и гербицида.

Теоретическая и практическая значимость. Элементы инновационной агротехники с использованием ГИС-технологий, основанных на дифференцированном применении удобрения и гербицида с оптимальным соотношением компонентов зерновой бобово-злаковой смеси, являются рациональным средством повышения экономической эффективности системы земледелия в Среднем Предуралье на дерново-подзолистых почвах. Полученные в процессе исследования результаты применяются в передовом агропредприятии ООО «Предуралье» Пермского муниципального округа Пермского края на площади 10 га.

Методология и методы исследований. Методология исследования основана на установлении цели, определении задач и разработке программы исследований; обзоре научной литературы по теме исследований; проведении полевых опытов, производственных испытаний, лабораторных исследований; фенологических наблюдений и учета; статистической обработке экспериментальных данных и анализе полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Для достижения урожайности вико-пшеничной смеси 2–2,5 т/га, установлена оптимальная норма высева 1,1-1,7 млн. шт./га с применением ГИС-технологий и инновационной агротехники.

2. Применение гербицида сплошным методом показало уничтожение сорного компонента в два раза. При использовании дифференцированного метода опрыскивания уменьшение сорного компонента составило до 2,2 раз.

3. Определён нормализованный вегетационный индекс растений (NDVI) в динамике по фазам вегетации растений в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы. Выявлена зависимость NDVI от фазы вегетации и агроклиматических условий.

4. Исследованы агрофизические показатели плодородия почвы в динамике – агрегатный состав, плотность сложения, твёрдость. Закономерно, все показатели имели разные значения в начале и в конце вегетационного периода, большее влияние оказывает возделывание вики посевной.

5. Обоснованы интегрированная, экономическая, энергетическая и кормовая оценка оптимального соотношения компонента смеси (нормы высева) вики посевной с яровой пшеницей. Максимальная рентабельность получена в зерновой смеси вики и пшеницы 55+45 % при дифференцированном применении удобрения и гербицида с цифровой коррекцией. Отмечено, что средний сбор кормовых единиц и переваримого протеина с каждого гектара в смешанном агроценозе вики посевной с яровой пшеницей стабилен.

Степень достоверности. Результаты, полученные в работе, подтверждают свою достоверность общепринятыми методиками. Заключение обоснованы результатами проведённых наблюдений и исследований. Экспериментальные данные обработаны с использованием статистического анализа. Полевые опыты ежегодно (2021–2023 гг.) оценивала комиссия по приёмке опытов ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ и ФГБНУ Пермский НИИСХ – филиал ПФИЦ УрО РАН. Результаты исследований интерпретированы в научных отчётах на кафедре агробиотехнологий и при выполнении государственной научной программы – номер государственной регистрации 121041500119 – 7 «Разработка адаптивных ресурсосберегающих технологий земледелия и защиты растений при возделывании зерновых, зернобобовых и высокопродуктивных полевых культур в Среднем Предуралье».

Личный вклад автора. Автором разработана программа исследований, заложены и осуществлены три закладки (2021–2023 гг.) полевого трёхфакторного опыта, проведены полевые опыты, полевые и лабораторные исследования, обобщение и статистическая обработка данных, выводы и предложения производству.

Апробация. Данные диссертационной работы представлены на всероссийских научно-практических и международных конференциях (Пермь, 2021-2024; Краснодар, 2021; Санкт-Петербург, 2022, 2023). По результатам исследовательской работы опубликовано 15 статей, в том числе три – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 114 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 9 рисунков, 22 таблицы, заключения, предложения производству, списка литературы (включает 238 наименований, в том числе 32 – на иностранном языке) и 61 приложения.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Изложен аналитический обзор научной информации, теория и практика агротехнических и инновационных приёмов возделывания одновидовых и смешанных посевов однолетних бобовых и бобово-злаковых культур, перспективы развития точного земледелия в Среднем Предуралье.

2. ОБЪЕКТ, МЕСТО, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Место, объект исследований и схема опыта

Полевые исследования проводили в течение 2021–2023 гг. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве агрополигона ФГБНУ Пермский НИИСХ – филиал ПФИЦ УрО РАН. Объект исследований – вика посевная сорта Мега (норма высева 2 млн. шт./га) и яровая пшеница – Каменка (6 млн. шт./га).

Схема трёхфакторного полевого опыта: фактор А – доза применения удобрений: $A_1 - (N_{15}P_{60}K_{60})$ – средне-рекомендованная (средняя) доза для бобово-злаковых смесей в Среднем Предуралье (контроль) [Михайлова Л.А., 2014]; $A_2 - (NPK)$ – расчётная доза с использованием дифференцированного внесения (по зонам продуктивности отбирались почвенные образцы для агрохимического анализа, после доза удобрений рассчитывалась балансовым методом [Михайлова Л.А., 2014], основанным на учете использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений) (табл. 1). Фактор В – опрыскивание гербицидом: V_1 – без гербицида (контроль); V_2 – сплошное (Линтаплант (КС), норма применения препарата 0,8 л/га); V_3 – дифференцированное (с учётом ЭПВ) и цифровой коррекцией (Линтаплант (КС), норма применения препарата 0,8 л/га). Фактор С – соотношение компонента в посевах и норма высева (вика + пшеница), % (млн. шт./га): $C_1 - 100+0 (2,0+0)$ (контроль); $C_2 - 0+100 (0+6,0)$; $C_3 - 85+15 (1,7+0,9)$; $C_4 - 70+30 (1,4+1,8)$; C_5

– 55+45 (1,1+2,7); C₆ – 40+60 (0,8+3,6) %. Соотношение компонента зерновой смеси принято в долях (%) от нормы высева (млн. шт./га) вики посевной Мега – 2 млн. шт./га и яровой пшеницы Каменка – 6 млн. шт./га в чистом виде (100 %).

Размещение деленок рендомизированное в два яруса, повторность четырёхкратная. Общая площадь деленок (А) – 2100 м², учётная – 1100 м²; общая площадь деланки (В) – 480 м², учётная – 360 м²; общая площадь (С) – 96 м², учётная – 60 м².

Основная зяблевая обработка почвы выполнена оборотным полунавесным плугом KUNN Manager C5T/5, ранней весной – боронование БЗТ– 1. Минеральные удобрения внесены разбрасывателем KUNN AXIS 40.2М с предпосевной обработкой почвы двумя методами: по средне-рекомендованным (средним) дозам и дифференцированным способом с ДЗЗ согласно схеме опыта. Для обеспечения точности в расчётах дозирования были проведены аналитические исследования, которые осуществляли в аккредитованной лаборатории. В результате было установлено, что карбамид содержал 48,9 % азота; аммофос – 49,2 % фосфора и 12,4 % азота; калий хлористый имел в своем составе 54,9 % калия.

Таблица 1 – **Физическая масса удобрений при внесении средне-рекомендуемой и расчётной дозы дифференцированным способом, среднее за 2021-2023 гг.**

Норма высева/соотношение компонента вики и пшеницы, % (С)	Применение удобрений и доза, кг/га (А, В)					
	дифференцированное, расчётная доза с цифровой коррекцией ДЗЗ			сплошное, средне-рекомендуемая доза		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
100+0	53,02	157,27	9,92	43,23	113,21	111,11
0+100	52,16	160,63	12,19	43,23	113,21	111,11
85+15	54,60	150,27	4,36	43,23	113,21	111,11
70+30	51,38	166,02	0,67	43,23	113,21	111,11
55+45	50,83	163,99	0,67	43,23	113,21	111,11
40+60	50,90	163,33	7,42	43,23	113,21	111,11
Среднее	52,15	160,25	5,87	43,23	113,21	111,11

Таблица 1 иллюстрирует разницу между средне-рекомендуемыми (средними) дозами для Пермского края и дифференцированными дозами удобрений. В зависимости от нужд почвы в элементах питания были рассчитаны и внесены разные дозы минеральных удобрений. В 2021 г. средняя доза карбамида составляла 10,67 кг/га, аммофоса – 109,00 кг/га, калия хлористого 17,61 кг/га. В 2022 г. карбамид был внесен в дозе – 72,98 кг/га, аммофос – 185,58 кг/га, калий хлористый не потребовался. В 2023 г. дозы были схожи с 2022 г., карбамид – 72,80 кг/га, аммофос – 186,18 кг/га, калий хлористый так же не потребовался.

Предпосевная культивация проведена универсальным культиватором КБМ–8П. Посев вики и пшеницы в чистом виде и в смеси осуществлён сеялкой Amazone d9 4000 с прикатыванием на следующий день кольчато-шпоровым катком 3-ККШ-6.

Для уничтожения сорного компонента применялся гербицид Линтаплант (КС), норма применения препарата 0,8 л/га, опрыскивателем ОП-2000. Перед обработкой гербицидом проводили количественный учёт сорной растительности и фиксировали видовой состав сорного компонента на всех деланках опыта, как предназначенных для внесения гербицида, так и на контрольном варианте.

Необходимость опрыскивания варианта с дифференцированным внесением гербицида и цифровой коррекцией, определяли следующим образом. Установленное количество сорняков сравнивали с экономическим порогом вредоносности (ЭПВ), основанным на

возможно допустимом количестве сорных растений на квадратном метре. При превышении численности ЭПВ сорных растений на делянке, осуществляли опрыскивание посева без изменения норм расхода препарата и норм расхода рабочей жидкости [Экономические пороги вредоносности..., 2016].

Цифровую коррекцию агротехнических приёмов производили с применением аналитических средств геоинформационной системы (ГИС) – QGIS с дополнительным получением вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), основанного на мультиспектральных снимках серии спутников Sentinel-2 и использовании калькулятора растров в программе ArcGIS. Была использована традиционная формула вычисления индекса $NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$, где NIR – отражение в ближнем инфракрасном канале снимка; RED – отражение в красном канале снимка [Malenovsky et al., 2012].

Временной интервал охватывал обработку четырёх снимком, отображающих вегетационный период 2021 г., 2022 г., 2023 г. перед внесением удобрения, опрыскиванием гербицидом и через 30 дней после этой операции - по датам: 3, 15, 24 июня, 9 июля; 2, 17, 29 июня, 12 и 29 июля, 9 августа; 3, 13, 30 июня 18 и 31 июля соответственно. Снимки подбирали по датам, близким к срокам наблюдений. Статистическая обработка NDVI по исследуемым полям выполнена с помощью встроенного в геоинформационную программу ArcGIS модуля «Зональная статистика» на всех четырёх повторениях опыта.

2.2. Перечень и методика наблюдений и исследований

Полевой опыт проведён в соответствии методикой опытного дела [Доспехов Б.А., 1985]. Анализ посевного материала: чистота по ГОСТ 12037-81 [ГОСТ 12038-84]; энергия прорастания и всхожесть по ГОСТ 12038-84 [ГОСТ 26489-85]; масса 1000 семян по ГОСТ 12042-80 [ГОСТ 12038-84].

Агрохимическая характеристика почвы по ГОСТ 26107-84 [ГОСТ 26489-85]; общий азот по методу определения по ГОСТ 26207-91 [ГОСТ 26213-91, 1992]; определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-91 [Доусон Р.Б., 1957, Енсен М.Т., 2000], методы определения органического вещества по ГОСТ 26483-85 [ГОСТ 26213-91, 1992]; приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО.

Определение типа почвы и ее описание по почвенному разрезу [Васильев И.П., 2004]. Определение агрегатного состава почвы (%) – мегаструктуры (>10 мм), макроструктуры (10-0,25 мм) и микроструктуры (0,25-0,01 мм); структуры, строения (сложения) почвы; пористости почвы (P), %; запасов продуктивной влаги в почве проведены по стандартным методикам [Васильев И.П., 2005].

Определение полевой всхожести и густоты стояния культур, комплексная оценка качества культур в посевах, структура урожайности, морфологический анализ растений - по методическим указаниям Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [1983, 1985], Л. Т. Румянцева [1989]. Определение засорённости посева количественно-весовым методом в начале, в середине и в конце вегетации растений [Методы учёта засорённости посевов, 2005]. Определение индекса применения эффективности гербицида [Зубарев Ю. Н., 2003]. Учет урожайности зерна проводили поделочно с пересчетом на 14 % влажность и 100 % чистоту [Доспехов Б.А., 2011]. Математическая оценка полученных данных [Доспехов Б.А., 2011]. Экономическая оценка мероприятий [по сборникам цен ФЭР-2001].

2.3. Условия проведения исследований

Почва полевого опыта дерново-подзолистая тяжелосуглинистая с повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия в пахотном горизонте. Реакция почвенного раствора – близкая к нейтральной.

Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований были различными (рисунок 1).

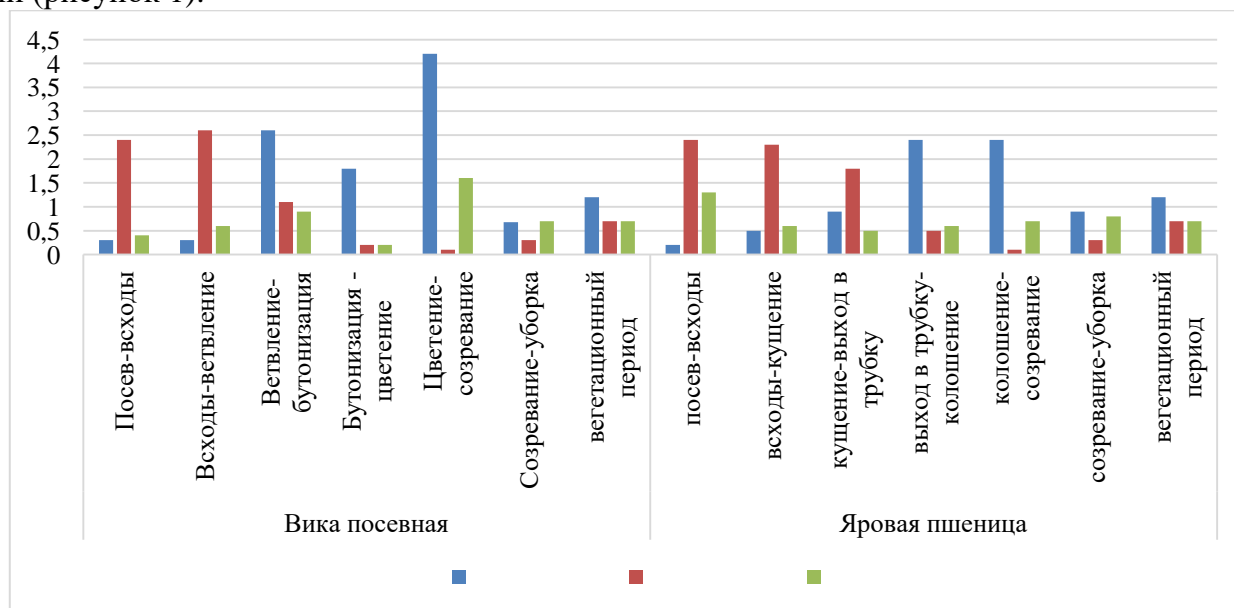


Рисунок 1 – Гидротермические и фенологические факторы вегетации агроценозов вики посевной и яровой пшеницы, среднее за 2021-2023 гг.

Если 2021 г., в целом характеризовался температурой воздуха, выше нормы с недостаточным количеством атмосферных осадков, то в 2022 г. условия вегетационного периода были более благоприятными, с оптимальной для вегетации культур температурой и достаточным приходом влаги в критический период (ГТК–1,4).

Несмотря на различия погодных условий по годам исследования (2021–2023 гг.), в критический период развития – в фазах кушения яровой пшеницы и ветвления вики посевной, средний гидротермический коэффициент составил 1,3, что характеризуется как достаточно увлажненный с благоприятными условиями, кушения полевых культур и всходов сопутствующих им сорных растений. В 2023 г. условия вегетации зерновых культур также были малоблагоприятными.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Урожайность и её структура в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы в зависимости от цифровой коррекции агротехнических приёмов при разной норме высева и соотношении компонента

Наибольшая средняя урожайность зерна получена в чистом посеве яровой пшеницы при использовании средне–рекомендуемой дозы (средней) удобрения и обработки гербицидом (2,24 т/га). Минимальная средняя урожайность зафиксирована при возделывании вики в чистом посеве при средне–рекомендуемой дозе удобрения в комплексе с дифференцированной обработкой гербицидом (1,02 т/га), поскольку, главным фактором низкой урожайности является полегание, в связи, с чем и рекомендуются смешанные посевы (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы в зависимости от цифровой коррекции агротехнических приёмов, среднее за 2021-2023 гг.

Применение		Соотношение компонента вики и пшеницы (С)						Среднее по фактору В	отклонения	
удобрений (А)	гербицида (В)	Вика 100+ 0%	Пшеница 0+ 100%	Вика + пшеница (85+ 15%)	Вика + пшеница (70+ 30%)	Вика + пшеница (55+ 45%)	Вика + пшеница (40+ 60%)			
Сплошное, средне-расчётная доза (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	Без гербицида (контроль)	1,84	2,08	1,39	1,83	1,87	1,83	1,81	–	
	Сплошное	1,31	2,24	1,71	1,67	1,77	1,75	1,74	-0,06	
	Дифференцированное	1,01	1,82	1,16	1,49	1,70	1,55	1,46	-0,35	
Дифференцированное, цифровая коррекция дозы	Без гербицида (контроль)	1,17	1,49	1,42	1,64	1,69	1,88	1,55	-0,26	
	Сплошное	0,77	1,61	1,14	1,34	1,46	1,59	1,32	-0,49	
	Дифференцированное	1,05	1,56	1,19	1,55	1,63	1,53	1,42	-0,39	
	Среднее по фактору С	1,19	1,80	1,34	1,59	1,69	1,69	1,55	–	
	отклонения	–	0,61	0,14	0,39	0,49	0,50	–	–	
		НСР ₀₅							–	–
главных эффектов	фактора А							0,09		
	фактора В и взаимодействия АВ							0,10		
	фактора С и взаимодействия АС							0,08		
частных различий	I порядка							0,39		
	II порядка							0,33		
	III порядка							0,19		

Целевой показатель урожайности 2-3 т/га зерновой продукции получен в чистых посевах вики посевной (3,28 т/га) и яровой пшеницы (3,78 т/га) только в 2022 г. Запланированного уровня урожайность зерновых смесей вики с пшеницей достигнута при норме высева 1,1+1,7 млн. шт./га и соотношении компонентов 55+45 %, где она была наибольшей, как при удобрении посева средне-рекомендуемой (средней) дозой в сочетании с дифференцированной цифровой коррекцией приёма опрыскивания гербицидом – 2,75 т/га, так и при комплексном дифференцированном применении удобрения и гербицида – 2,49 т/га.

Наибольшая средняя за три года (2021–2023 гг.) урожайность (1,46–1,64 т/га, или 80–90 %–доля вики) зерновой продукции вико-пшеничной смеси в соотношении 55+45 % получена, соответственно, в вариантах опыта с цифровой коррекцией дифференцированной нормы удобрения при сплошном опрыскивании посева гербицидом и комплексной цифровой коррекцией дифференцированной дозы удобрения и нормы опрыскивания гербицидом посева зерновой смеси.

Результаты анализа структуры урожайности зерновой бобовой смеси в зависимости от способа внесения удобрения и гербицида представлены в таблице 3.

Установлено, что в среднем, у вики посевной сформировано 2-4 шт. семян, а в каждом колосе яровой пшеницы в среднем по 20 зёрен. При уменьшении в смеси доли бобовой культуры снижается количество стеблей, но число семян в бобе остаётся на уровне в 2-4 шт. При увеличении соотношения в зерновой смеси доли яровой пшеницы, возрастает и количество продуктивных стеблей, что влияет на число зёрен.

Таблица 3 – Структура в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы в зависимости от цифровой коррекции агротехнических приёмов, среднее за 2021-2023 гг.

Применение		Норма высева/соотношение компонента вики и пшеницы, % (фактор С)	Структура урожайности (среднее за три года)			Применение		Норма высева/соотношение компонента вики и пшеницы, % (фактор С)	Структура урожайности (среднее за три года)		
удобрений (А)	гербицида (В)		прод. растений/стеблей, шт./м ²	семян в бобе/соцветии, шт.	масса 1000 зерен, г	удобрения (А)	гербицида (В)		прод. растений/стеблей, шт./м ²	семян в бобе/соцветии, шт.	масса 1000 зерен, г
Сплошное, среднерасчётная доза (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	Без гербицида (контроль)	100+0	81	4	68,4	Дифференцированное, цифровая коррекция дозы	Без гербицида (контроль)	100+0	87	4	70,4
		0+100	—	—	—			0+100	—	—	—
		85+15	41	4	78,7			85+15	40	4	74,9
			39	21	35,0				16	18	36,4
		70+30	94	4	68,4			70+30	37	4	82,4
			13	20	37,3				47	24	70,3
	55+45	22	5	66,6	55+45	34	5	75,6			
		27	17	36,9		38	29	39,3			
	40+60	3	2	69,1	40+60	14	4	74,7			
		55	22	37,1		74	25	38,9			
	Среднее		48	4	70,2	Среднее		42	7	75,6	
			50	19	35,8			59	18	44,3	
	Сплошное	100+0	53	2	67,4	Сплошное	100+0	46	4	81,1	
		0+100	—	—	—		0+100	—	—	—	
		85+15	126	25	36,8		85+15	90	19	35,9	
			75	3	68,7			30	3	79,2	
		70+30	20	19	34,8		70+30	24	21	36,6	
			29	3	66,6			32	2	79,6	
	55+45	48	17	21,2	55+45	42	19	35,7			
		43	4	77,4		15	3	76,5			
	40+60	50	21	38,0	40+60	56	23	39,2			
		25	3	62,4		21	3	80,0			
	Среднее		45	4	68,5	Среднее		29	4	79,3	
			61	19	33,4			79	23	36,5	
Дифференцированное	100+0	87	2	62,0	Дифференцированное	100+0	128	3	79,1		
	0+100	—	—	—		0+100	—	—	—		
	85+15	131	22	38,4		85+15	79	21	35,8		
		41	2	77,4			81	3	80,5		
	70+30	10	12	32,9		70+30	20	21	39,9		
		35	4	70,3			38	3	61,3		
55+45	33	21	36,1	55+45	43	19	38,0				
	19	3	71,3		28	3	68,2				
40+60	63	19	38,9	40+60	60	16	36,0				
	12	2	65,4		28	3	68,2				
Среднее		58	18	38,4	Среднее		50	18	36,0		
		38	3	69,3			61	3	71,5		
		59	21	36,9			50	19	37,1		

Примечание: в числителе - вики посевная, в знаменателе - яровая пшеница.

Анализ трёхлетних данных (2021-2023 гг.), показал, что при дифференцированном внесении удобрения с ДЗЗ, масса 1000 семян у вики посевной выше в интервале 75,4 -79,3 г, а у яровой пшеницы – 36,5- 44,3 г, чем при средне-рекомендуемой

дозе у вики (68,5-70,3 г) и у пшеницы (33,4 - 36,9 г). При этом увеличение массы 1000 семян вики посевной к контролю весьма существенно и составляет 10-13 %, а у яровой пшеницы – 9-20 %. Необходимо также отметить, что лучшие результаты были получены при дифференцированном внесении удобрения с одновременным опрыскиванием гербицидом. Это позволяет улучшить качество урожая, так как при этом подходе, урожайность зерна может быть чуть ниже, но масса 1000 семян значительно выше, что влияет на экономический эффект от урожая продукции.

Таким образом, данная технологическая цифровая коррекция приёма агротехники с ДЗЗ, является более эффективной для повышения урожайности и качества зерновой продукции.

3.2. Запас продуктивной влаги в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы при их разной норме высева и соотношении компонента

Существует множество факторов, влияющих на урожайность вико-пшеничной смеси и, одними из наиболее важных, остаются агро-климатические и погодные условия в периоды вегетации 2021-2023 гг. Они имеют непосредственное воздействие на рост и развитие растений, что, в свою очередь, влияет на урожайность продукции вико-пшеничной смеси. Недостаток влаги негативно и критично отражается на формировании урожая, о чём свидетельствуют запасы продуктивной влаги в почве в годы вегетации (табл. 4).

Таблица 4 – Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0-25 см в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов в чистом и смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы, среднее за 2021-2023 гг.

Применение удобрений и гербицида (А, В)	Норма высева / соотношение компонента вики и пшеницы, % (С)	Запас продуктивной влаги, мм		
		1-3 июня	25-30 июня	18-29 июля
Сплошное, средне-рекомендуемая доза (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	100+0	25,52	17,90	18,61
	0+100	27,82	18,63	14,39
	85+15	22,01	18,89	17,49
	70+30	31,51	20,17	15,36
	55+45	26,77	16,90	18,90
	40+60	24,34	23,63	17,00
Дифференцированное, расчётная доза с цифровой коррекцией ДЗЗ	100+0	33,68	15,65	12,26
	0+100	28,23	14,49	12,76
	85+15	30,74	16,44	10,39
	70+30	38,30	21,70	13,97
	55+45	24,40	22,83	11,33
	40+60	23,79	14,92	12,63

Запасы продуктивной влаги (ЗПВ) в почве по фазам вегетации к уборке снижаются во все исследуемые годы. Максимальные значения отмечаются в начале июня каждого года, что характеризуется накоплением влаги после зимнего периода.

К уборке запасы продуктивной влаги в почве закономерно снижаются во все исследуемые годы. Максимальные значения отмечаются в начале июня, каждого сезона, что характеризуется накоплением запасов влаги после зимнего периода. Данные показатели ха-

рактируются как удовлетворительные. В 2021 г. запасы продуктивной влаги (ЗПВ) варьируют от 4,73 до 35,89 мм и являются самыми низкими за все годы исследований (2021-2023 гг.). Данная динамика характерна для всего вегетационного периода 2021 г.

В 2022 г. и 2023 г. показатели ЗПВ были выше в сравнении с 2021 г., от 19,05 до 44,1 мм в июне. К концу вегетационного периода 2022 г. показатели ЗПВ снизились до 7,44-21,58 мм, в 2023 г. запасы продуктивной влаги оказались выше (от 16,12-22,78 мм). При корреляционном анализе между запасами продуктивной влаги и урожайностью, зависимости не выявлено, что косвенно свидетельствует о том, что в формировании урожая продукции имели место множество других факторов.

Исследования влажности почвы и запасов в ней продуктивной влаги проводили в слое почвы 0-25 см и, вероятно, растения потребляли влагу из более глубоких горизонтов почвы. При этом, 2021 г. и 2023 г. характеризуются, как более неблагоприятные, по сравнению с 2022 г., в связи с чем, урожайность культур полевого опыта в 2022 г. была выше. Урожай зерновых культур в среднем по Пермскому региону в 2021 г. и 2023 г. также на 30-35 % был ниже, по сравнению с 2022 г.

3.3. Засорённость вики посевной и яровой пшеницы в чистом и смешанном посеве при разной норме высева и соотношении компонента в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов

Изучение видового состава в посевах вики посевной и яровой пшеницы показало, что сорная растительность в полевом опыте представлена многолетними видами: польнь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), подорожник большой (*Plantago major*), пырей ползучий (*Elytrigia répens*); клевер (*Trifólium*), вьюнок (*Convolvulus*), малолетними: марь многосемянная (*Lipándra polyspérma*), морковь дикая (*Dáucus caróta*), лебеда садовая (*Átriplex horténsis*), что указывает на характерный видовой состав сорных растений для большинства земель сельскохозяйственного назначения в регионе.

Средняя эффективность уничтожения сорной растительности за три года (2021-2023 гг.) в посевах вики посевной и яровой пшеницы в чистом и смешанном агроценозе при сплошном и дифференцированном применении удобрения и гербицида достигает 20 % (табл. 5). Так, если до обработки гербицидом в посевах вико-пшеничной смеси отмечали среднее количество сорняков 38–41 шт./м², то после применения гербицида их число сократили до 18-19 шт./м², где доля многолетних видов составила 8-11 шт./м² или 44-58 %. Экономический порог вредоносности регламентирован для многолетних видов – 3-6, для малолетних сорняков – 10-18 шт./м² [Зубарев Ю.Н. и др., 2003]. Благоприятно тёплый и умеренно-влажный сезон сформировал сильную засорённость посева 56-68 шт./м², которая при сплошной и дифференцированной обработке гербицидом была сокращена в 3-4 раза до 18-23 шт./м², где 30-37 % составили многолетние виды. Комплексный подход в борьбе с сорной растительностью и дифференцированные приёмы агротехники с элементами ГИС – технологии весьма технологичны и продуктивны. Активность микроорганизмов почвы из-за контрастных и сухих условий вегетации была невысокой 7-18 %.

Таблица 5 – Засорённость чистого и смешанного посева вики посевной и яровой пшеницы в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов, среднее за 2021-2023 гг.

Применение		Норма высева/соотношение компонента вики и пшеницы, % (С)	Количество сорных растений, шт./м ²						Индекс эффективности применения гербицида	
удобрений (А)	гербицида (В)		до опрыскивания гербицидом			после опрыскивания гербицидом				
			од-нол.	мно-гол.	все го	од-нол.	мно-гол.	все го		
Сплошное со средне-рекомендуемой дозой (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	Сплошное	100+0	40	18	58	13	11	24	2,4	
		0+100	13	7	20	9	9	18	1,1	
		85+15	15	31	46	14	10	24	1,9	
		70+30	30	13	43	13	11	24	1,8	
		55+45	17	26	43	7	7	14	3,0	
		40+60	18	17	35	4	11	15	2,3	
	Среднее:			22	19	41	10	10	20	2,0
	Дифференцированное с коррекций нормы	100+0	17	20	37	10	8	18	2,0	
		0+100	16	20	36	10	8	18	2,0	
		85+15	21	18	39	12	9	21	1,8	
		70+30	19	17	36	9	11	20	1,8	
		55+45	25	19	44	8	10	18	2,4	
		40+60	21	20	41	8	10	18	2,2	
	Среднее:			20	19	39	11	11	19	2,0
	Дифференцированное с цифровой коррекцией дозы	Сплошное	100+0	16	14	30	11	10	21	1,4
0+100			11	29	40	6	10	16	2,5	
85+15			15	33	48	12	5	17	2,8	
70+30			18	23	41	12	10	22	1,9	
55+45			10	21	31	6	5	11	2,8	
40+60			20	16	36	12	6	18	2,0	
Среднее:			15	23	38	10	8	18	2,1	
Дифференцированное с коррекций нормы		100+0	24	24	48	13	12	25	1,9	
		0+100	20	21	41	9	9	18	2,3	
		85+15	23	18	41	10	6	16	2,6	
		70+30	20	18	38	12	10	22	1,7	
		55+45	20	17	37	9	8	17	2,2	
		40+60	24	18	42	11	10	21	1,5	
Среднее:			22	19	41	11	9	20	2,0	

3.4. Нормализованный вегетационный индекс растений (NDVI) в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов в чистом и смешанном посевах вики посевной и яровой пшеницы при разной норме высева и соотношении компонента

Оценку нормализованного вегетационного индекса растений (NDVI) осуществляли в динамике по фазам вегетации в годы исследований (2021-2023 гг.) на чистых и смешанных посевах вики посевной и яровой пшеницы. Применяли рефлектометр GreenSeeker, излучающий короткие импульсы красного и инфракрасного света, измеряющий величину отражённого излучения каждого типа. Нормализованный относительный индекс растительности является простым количественным показателем объ-

ёма фотосинтетически активной биомассы, или приём количественной оценки растительного покрова. Индекс может принимать значения от 0,00 до 0,99 (рисунок 2).

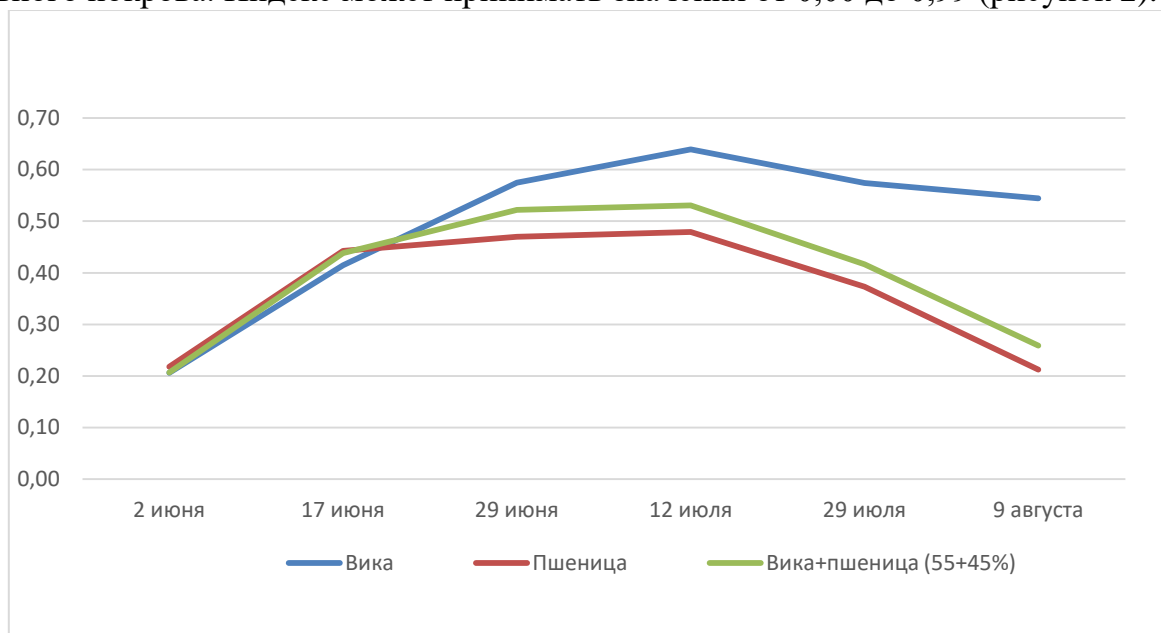


Рисунок 2 – Динамика нормализованного вегетационного индекса растений NDVI (на примере агроценозов) вики посевной норма высева – 2 млн. шт./га (100+0 %), яровой пшеницы – 6 млн. шт./га (0+100%) и вико-пшеничной смеси – 1,1+1,7 млн. шт./га (55+45%) при дифференцированном внесении расчётной дозы удобрений с цифровой коррекцией ДЗЗ и дифференцированной норме опрыскивания гербицидом, среднее за 2021-2023 гг. Максимальных показателей NDVI достигает в июле любого сезона исследований.

Во все года исследований количественно вегетационный индекс повышается к фазе выхода в трубку-колошение (бутонизация–цветение) и снижается к концу вегетации. При измерениях чистый посев вики посевной показывает большее количество биомассы, это связано с особенностями сельскохозяйственных культур, у яровой пшеницы данный показатель всегда ниже, в связи морфо–биологическим строением и формированием биомассы. Обобщённый материал представлен на графиках (рисунок 2), где показаны результаты наиболее эффективных агротехнических приёмов – дифференцированного внесения удобрений с цифровой коррекцией ДЗЗ и дифференцированного опрыскивания гербицидом, которые обеспечили индекс NDVI в июне 2021 года с динамичным нарастанием в диапазонах 0,17-0,36 – в посевах вики (100+0%); 0,19-0,37 – пшеницы (0+100%) и 0,19-0,29 – в смеси вики + пшеница (55+45%).

Наибольшей величины показатель NDVI достигали в июле, соответственно – 0,70, 0,46 и 0,49. В период вегетации 2022 года, когда в анализируемых вариантах (вики, пшеницы и смеси вики с пшеницей) получена наибольшая в опыте урожайность зерновой продукции, соответственно: 1,47, 2,10 и 2,49 т/га, индексы NDVI в июне составили с нарастанием, соответственно – 0,25-0,73; 0,24-0,57 и 0,23 – 0,77; в июле – 0,60-0,72; 0,54-0,33 и 0,69-0,49 с закономерно нисходящими показателями в августе – 0,50; 0,18 и 0,25, из-за созревания бобово-злаковых культур в посевах. Аналогичную динамику NDVI сохранили в июне 2023 года, когда кривые графика соответствовали 0,24-0,48, 0,25-0,32 и 0,23-0,47 с нисходящим трендом в июле вегетационного сезона – 0,53-0,45 (вика); 0,28-0,21 (пшеница) и 0,43-0,38 (вика+пшеница).

Дифференцированное внесение удобрений с ДЗЗ и дифференцированное опрыскивание гербицидом, обеспечили индекс NDVI в июне 2021 года с динамичным нарастанием в диапазонах 0,17-0,36 в посевах вики (100+0 %); 0,19-0,37 – пшеницы (0+100 %) и 0,19-0,29 – в смеси вики + пшеница (55+45 %). Наибольшей величины показатель NDVI достигал в июле этого года, соответственно – 0,70, 0,46 и 0,49. В период вегетации 2022 г., когда в анализируемых вариантах (вики, пшеницы и смеси вики с пшеницей) получена наибольшая в опыте урожайность зерновой продукции, соответственно: 1,47, 1,10 и 2,49 т/га, индекс NDVI в июне составил с нарастанием, соответственно – 0,25-0,73; 0,24-0,57 и 0,23 – 0,77; в июле – 0,60-0,72; 0,54-0,33 и 0,69-0,49 с закономерно нисходящими показателями в августе – 0,50; 0,18 и 0,25, из-за созревания культур в посевах. Аналогичную динамику NDVI сохранил в июне 2023 г., когда кривые графика соответствовали 0,24-0,48, 0,25-0,32 и 0,23-0,47 с нисходящим трендом в июле вегетационного сезона – 0,53-0,45 (вика); 0,28-0,21 (пшеница) и 0,43-0,38 (вика+пшеница).

3.5. Агрофизические показатели плодородия почвы в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов в смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы при разных соотношениях компонентов

Агрофизическая оценка почвы и условий функционирования растений в 2021-2023 гг. показала положительное рабочее агрегатное состояние пахотного слоя почвы в полевом опыте. Дифференцированное применение удобрения и гербицида с ДЗЗ перед посевом культур, проходило при мега- и макроструктуре почвы – в 37,80 и 60,59 %, когда доля микроструктуры не превысила 1,16 %. Перед уборкой культур посева, то есть к концу вегетационного периода, доля микроструктуры, возросла в 3,5 раза, что связано уплотнением почвы от комплекса факторов. Аналогичная картина наблюдается в вариантах на контроле и сплошного применения средне-рекомендованной дозы удобрения и гербицида (табл. 6).

Плотность сложения почвы влияет на рост корней растений, если почва уплотнённая, то существует преграда для проникновений и развития корневой системы растений. Оптимальная плотность для окультуренной дерново-подзолистой почвы 1,0-1,1 г/см³. В наших условиях средняя плотность сложения перед посевом культур составляла 1,18-1,20 г/см³, а к уборке 1,27-1,28 г/см³. Плотность сложения почвы за все годы исследований до посева варьировала в пределах 1,14 до 1,25 г/см³. Перед уборкой вико - пшеничной смеси она увеличивается в интервале 1,24-1,32 г/см³, что также связано с её естественным уплотнением. Вика посевная не оказывает положительного влияния на плотность почвы, наоборот возделывание данной культуры уплотняет почву.

Плотность твёрдой фазы - это отношение твёрдой массы почвы к воде в том же объёме. До посева плотность изменяется от 2,03 до 2,26 г/см³, при средних значениях 2,07-2,21 г/см³, а к уборке вико - пшеничной смеси, данный показатель уменьшился от 1,87 до 2,16 г/см³ при среднем $d=1,92-2,09$ г/см³.

Пористость почвы, или объём пор в почве определенного образца к объёму всего образца твёрдой фазы почвы – в 2021, 2022 гг. пористость почвы характеризовалась чрезмерно низким уровнем. В 2023 году данный показатель на исследуемом поле был выше – в интервале от значительно низкой до удовлетворительной.

Таблица 6 – Агрофизические показатели почвы в зависимости от применения цифровой коррекции агротехнических приёмов в смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы, среднее за 2021-2023 гг.

Применение удобрений и гербицида (А, В)	Норма высева/соотношение компонента вики и пшеницы, % (С)	Агрегатный состав почвы, %			Плотность сложения почвы (d _v), г/см ³	Плотность твёрдой фазы почвы (d), г/см ³	Пористость почвы (Р), %
		мегаструктура (>10 мм)	макроструктура (10-0,25 мм)	микроструктура (0,25-0,01 мм)			
Перед посевом							
Сплошное, средне-рекомендуемая доза (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	100+0	35,61	62,13	2,26	1,22	2,12	42
	0+100	38,17	58,36	3,47	1,22	2,18	44
	85+15	37,19	60,87	1,94	1,21	2,18	44
	70+30	36,30	62,13	1,57	1,19	2,31	48
	55+45	35,47	60,84	3,69	1,20	2,23	46
	40+60	37,35	59,72	2,93	1,18	2,26	47
	Среднее	36,68	60,68	2,64	1,20	2,21	45
Дифференцированное, расчётная доза с цифровой коррекцией ДЗЗ	100+0	38,23	60,63	1,14	1,15	2,12	45
	0+100	41,41	57,25	1,34	1,16	2,06	43
	85+15	36,37	62,25	1,38	1,19	2,05	42
	70+30	37,70	60,57	1,73	1,18	2,03	41
	55+45	36,57	61,47	1,96	1,20	2,07	42
	40+60	36,53	61,37	2,10	1,17	2,10	44
	Среднее	37,80	60,59	1,61	1,18	2,07	43
Перед уборкой							
Сплошное, рекомендуемая доза (N ₁₅ P ₆₀ K ₆₀)	100+0	38,32	58,50	3,18	1,24	1,97	36
	0+100	37,06	59,10	3,84	1,27	1,96	35
	85+15	35,88	60,41	3,64	1,32	1,90	31
	70+30	38,25	55,80	5,96	1,31	1,89	31
	55+45	36,21	57,68	6,10	1,26	1,87	33
	40+60	35,46	59,37	5,17	1,24	1,93	36
	Среднее	36,86	58,49	4,65	1,27	1,92	34
Дифференцированное, расчётная доза с цифровой коррекцией ДЗЗ	100+0	32,75	62,25	5,00	1,28	2,16	41
	0+100	41,33	54,84	3,83	1,29	2,16	40
	85+15	37,03	40,97	3,94	1,30	1,99	35
	70+30	34,41	61,70	3,89	1,27	1,95	34
	55+45	35,39	60,49	4,12	1,26	2,04	38
	40+60	35,10	61,21	3,69	1,30	2,21	41
	Среднее	36,10	59,82	4,08	1,28	2,09	38

К концу вегетационного периода, пористость почвы снижается, вследствие вытеснения воздуха.

3. ИНТЕГРИРОВАННАЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И КОРМОВАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ВИКО-ПШЕНИЧНОЙ СМЕСИ НА ЗЕРНО ПРИ РАЗНОМ СООТНОШЕНИИ КОМПОНЕНТОВ И ЦИФРОВОЙ КОРРЕКЦИИ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ

Норма высева 1,1+1,7 млн. шт./га и соотношение компонентов зерновой смеси вики и пшеницы 55+45%, в среднем за три года (2021–2023 гг.), обеспечили наибольшую рентабельность 43-49% и себестоимость продукции 10828–11381 руб./т (10,8-11,4 руб./кг) при дифференцированном применении удобрения и гербицида с цифровой коррекцией и дозы, и нормы. Себестоимость зерновой продукции в этом варианте была на 11 % меньше, чем при сплошном внесении средней дозы удобрения без применения гербицида, соответственно –12157 руб./т (12,2 руб./кг) и 35 %.

Посевы без применения гербицида имели некоторое снижение себестоимости зерновой продукции 10828-12157 руб./т (10,8-12,2 руб./кг) зерновой, но были с запредельной засорённостью: в 2021 г. – до 11– 21, из них – 10– 11 шт./м², или 48-61 % – многолетними видами; в 2022 г. – до 27– 71, из них– 35–42 шт./м², или 56-59 % – многолетниками; в 2023 г. – до 16-41, из них –14-17 шт./м², или 41-47 % – многолетние сорняки. Такое агротехническое состояние смешанного посева на зерновые цели нельзя считать нормальным.

При энергетической оценке возделывания вико-пшеничной смеси в соотношении нормы высева 55+45 % отмечаются все варианты с максимальным значением коэффициента энергетической эффективности 2,25 при сплошном внесении удобрений и без обработки гербицидом.

При дифференцированном внесении удобрения коэффициент энергетической эффективности варьирует в интервале 1,86–2,08. Средние показатели посева со средне-рекомендуемой дозой удобрения по коэффициенту энергетической эффективности объективно выше (1,92–2,30), чем при дифференцированном применении удобрения (1,73–1,98), в силу меньших хозяйственно-технических затрат.

Дифференцированное применение удобрения и гербицида с цифровой коррекцией дозы и сплошное опрыскивание нормой гербицида превалирует по кормовому качеству продукции в смешанном посеве вики посевной с яровой пшеницей (55+45 %), где концентрация питательных веществ в 1 кг зерновой продукции составляет – 1,26-1,27 к. ед. и 139-149 г переваримого протеина.

Средний сбор кормовых единиц и переваримого протеина с каждого гектара в смешанном агроценозе вики посевной с яровой пшеницей, рационален и стабилен, при соотношении компонента нормы высева 55+45 %. Комплексное дифференцированное применение удобрения и гербицида обеспечило выход 2,08 тыс. к. ед. и 230 кг/га переваримого протеина. При этой же норме и соотношении компонента, сплошное применение удобрения с дифференцированной нормой гербицида, способствовало на 8% превышению выхода питательных веществ и составило 2,25 тыс. к. ед. и 248 кг/га переваримого протеина.

Внедрение вико-пшеничной смеси в соотношении нормы высева 55+45 % с использованием дифференцированного применения удобрений и гербицида в ООО «Предуралье» на площади 10 га, обеспечило увеличению рентабельности до 43 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате трёх лет исследований (2021-2023 гг.) установлена оптимальная норма высева (1,1+2,7 млн. шт./га) при соотношении вико-пшеничной смеси 55+45 % (с урожайностью зерновой продукции в интервале 1,46–1,87 т/га, или 73–75 % от расчётного уровня). Плановая урожайность зерна 2,49-2,75 т/га вико-пшеничной смеси (55+45 %) получена только в благоприятном 2022 г.

2. Наибольшие средние урожаи за три года (2021-2023 гг.) получены при сплошном применении средне-расчётной дозы удобрения без опрыскивания гербицидом –1,87 т/га и 1,64 т/га – при дифференцированном внесении дозы удобрения и нормы гербицида с цифровой коррекцией на основе дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий, что сокращает расход гербицида и удобрения. Дифференцированное внесение удобрения с цифровой коррекцией приёмов агротехники, благоприятствует увеличению массы 1000 семян вики посевной на 10-13 % (75,37-79,29 г) и яровой пшеницы на 9-20 % (36,46-44,29 г).

3. Сплошное и дифференцированное применение гербицида Линтаплант (КС) – 0,8 л/га, в среднем за три года (2021-2023 гг.), уничтожает сорняки в посевах вики посевной и яровой пшеницы в два раза – с 38-41 до 18-19 шт./м². Дифференцированная доза удобрения и норма гербицида с цифровой коррекцией при соотношении компонента 55+45% вики посевной и яровой пшеницы уменьшает в 2,2 раза засорённость посева с 37-44 до 17-18 шт./м².

4. Запасы продуктивной влаги в начале вегетации вики посевной и яровой пшеницы были достаточными в 2022 г. и 2023 г. – 19,1–44,1 мм, против 2021 г. – 4,73–35,9 мм, но закономерно снизились до 7,4–21,6 и 16,1–22,8 мм к концу сезона. 2021 г. характеризовался удовлетворительным запасом продуктивной влаги, но к концу вегетационного периода снизился до минимального среднего показателя – 8,5-13,9 мм.

5. Наивысшие показатели NDVI достигнуты в июле 2022 г., соответственно – 0,70, 0,46 и 0,49. Наибольшая урожайность зерновой продукции вики посевной с нормой 2 млн. шт./га (100+0 %) –1,47, яровой пшеницы 6 млн. шт./га (0+100 %) – 2,10 и смеси вики с пшеницей – 1,1+1,7 млн. шт./га (55+45 %) –2,49 т/га получена, когда индексы NDVI в июне составили с нарастанием, соответственно – 0,25-0,73; 0,24-0,57 и 0,23 – 0,77; в июле – 0,60-0,72; 0,54-0,33 и 0,69-0,49 с закономерно нисходящими показателями в августе – 0,50; 0,18 и 0,25, из-за созревания бобово-злаковых культур в посевах. Аналогичная динамика NDVI сохраняется в 2021 г. и 2023 г.

6. Соотношение компонента зерновой смеси вики и пшеницы 55+45 %, в среднем за три года (2021–2023 гг.), обеспечило наибольшую рентабельность 43-49 % и себестоимость продукции 10828–11381 руб./т, или 10,8-11,4 руб./кг при дифференцированном применении удобрения и гербицида с цифровой коррекцией. Себестоимость зерновой продукции в этом варианте была на 11 % меньше, чем при сплошном внесении средней дозы удобрения без применения гербицида, соответственно –12157 руб./т (12,2 руб./кг) и 35 %. Посева вико – пшеничной смеси без применения гербицида незначительно уменьшают себестоимость зерновой продукции (10828-12157 руб./т), но способствуют сильной засорённости посевов – до 27– 71 шт./м², из них – 35–42 шт./м² (или 56-59 %) многолетними сорняками.

7. Дифференцированное применение удобрения и гербицида с цифровой коррекцией дозы и сплошное опрыскивание нормой гербицида, превалирует по кормовому качеству продукции в смешанном посеве вики посевной с яровой пшеницей (55+45 %), где концентрация питательных веществ в 1 кг зерновой продукции состав-

ляет – 1,26-1,27 к. ед. и 139-149 г переваримого протеина. Средний сбор кормовых единиц и переваримого протеина с каждого гектара в смешанном агроценозе вики посевной с яровой пшеницей, рационально стабилен, при соотношении компонента нормы высева 55+45 %. Комплексное дифференцированное применение удобрения и гербицида обеспечило выход 2,08 тыс. к. ед./га и 230 кг/га переваримого протеина. При этой же норме и соотношении компонента (55+45 %), сплошное применение удобрения с дифференцированной нормой гербицида, способствовало на 8 % превышению выхода питательных веществ и составило 2,25 тыс. к. ед./га и 248 кг/га переваримого протеина.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

На дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Среднего Предуралья для получения стабильной и гарантированной урожайности кормового зерна в смешанном посеве вики посевной и яровой пшеницы, не ниже 1,70–1,87 т/га с концентрацией питательных веществ в 1 кг продукции – 1,26-1,27 к. ед. и 139-149 г переваримого протеина следует:

– возделывать вико-пшеничную смесь с нормой высева 1,1-1,7 млн. шт./га в соотношении компонента 55+45 % – при дифференцированном применении удобрения с ДЗЗ и гербицида Линтаплант (КС) – 0,8 л/га, или при сплошном внесении минерального удобрения со средней дозой при дифференцированном применении нормы гербицида Линтаплант (КС) - 0,8 л/га, исходя из агробиологических и экономических возможностей;

– при выращивании вико-пшеничной смеси на зерно и поддержание плодородия почв – исключить агротехнический приём без применения гербицида;

– для увеличения экономии материальных затрат на 10-30 % и повышения рентабельности зерновой продукции на 10-15 %, необходимо использовать дифференцированное применение удобрения и гербицида с ДЗЗ.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из перечня российских рецензируемых научных журналов, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. **Новикова, Т.В.** Агрометеорологические факторы формирования сорного компонента в агроценозе вики посевной с яровой пшеницей в Среднем Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Т.В. Новикова // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 1 (37). – С. 39-49.

2. **Новикова, Т.В.** Применение данных дистанционного зондирования земли с элементами точного земледелия при возделывании бобово-злаковых смесей с разным соотношением компонентов / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Т.В. Новикова, С.С. Поляуова, Дм.С. Фомин // Пермский аграрный вестник.- 2023. - № 1 (41). - С. 20-28.

3. **Новикова, Т.В.** Возделывание вики посевной и яровой пшеницы в чистом и смешанном посеве с разным соотношением компонентов и применением данных дистанционного зондирования с цифровой коррекцией агротехнических приёмов в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова, Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин // Пермский аграрный вестник.- 2024 .- № 1 (42) – С. 24-32.

Публикации в других научных изданиях

4. **Новикова, Т.В.** Сравнительная оценка методика дифференцированного внесения удобрений с элементами NDVI под предпосевную обработку почвы на однолетнем бобово - пшеничном агрофитоценозе в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова,

Д.С. Фомин, Ю.Н. Зубарев // Сборник трудов II-й Всероссийской научно-практической конференции «Технологии земледелия и защиты растений: интеллектуальные, инновационные и цифровые ресурсы», посвящённая 95-летию Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Михаила Николаевича Гуренёва (Пермь, 25 ноября 2021 года). – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2021. – С. 95-98.

5. **Новикова, Т.В.** Комплексная система защиты яровой пшеницы в Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Т.В. Новикова, Дм. С. Фомин // Техноклад 6.0. Цифровая трансформация АПК и продовольственная безопасность: Материалы Международной научно-практической конференции. – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2021. – С. 278-288.

6. **Новикова, Т.В.** Оценка эффективности использования новых в Пермском крае средств защиты растений / Т.В. Новикова, Д.С. Фомин, Ю.Н. Зубарев // Материалы X-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию Кубанского государственного аграрного университета.- Краснодар, 2021. – С. 257-259.

7. **Новикова, Т.В.** Возделывание яровой пшеницы в одновидовом и смешанном посеве с вики яровой в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова, Д.С. Фомин, Ю.Н. Зубарев // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и обучающихся, посвящённой Году науки и технологий в Российской Федерации. – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2021.- С. 126-129.

8. **Новикова, Т.В.** Влияние сорного компонента на урожайность однолетней зерновой смеси вики посевной и яровой пшеницы в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова, Д.С. Фомин, Ю.Н. Зубарев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Молодёжная наука 2022: технологии, инновации», посвящённой 120 летию со дня рождения профессора А.А. Ерофеева (28.03-01.04.2022).- Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2022.- Ч.1.- С. 97- 100.

9. **Новикова, Т.В.** Урожайность семян однолетней смеси вики посевной и яровой пшеницы в зависимости от приёма дифференцированного ухода за посевом в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова, Д.С. Фомин, Ю.Н. Зубарев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Молодёжная наука 2022: технологии, инновации», посвящённой 120 летию со дня рождения профессора А.А. Ерофеева (28.03-01.04.2022). – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2022. -Ч.1.- С. 100-106.

10. **Новикова, Т.В.** Урожайность озимой пшеницы Скипетр по зонам продуктивности в Среднем Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Дм.С., Фомин, С.С. Полякова, Т.В. Новикова // Материалы международной научной конференции «Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводстве», ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия 14-15.04.2022.- С. 856-861.

11. **Новикова, Т.В.** Урожайность зерна в смешанных посевах вики посевной и яровой пшеницы при разном соотношении компонентов смеси с применением элементов точного земледелия по данным дистанционного зондирования в Среднем Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин Т.В., Новикова // Материалы Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции «Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации» (10-13.10.2023). – Пермь, 2023. – С. 9-17.

12. **Новикова Т.В.** Урожайность зерна в смешанных посевах вики посевной и яровой пшеницы с использованием элементов точного земледелия в Среднем Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Д.С. Фомин, Т.В. Новикова // Материалы Всероссийской науч-

но-практической конференции «ВЕКовое растениеводство», посвящённой 100-летию кафедры растениеводства (15.12.2023) - Пермь, 2023.- С. 84-89.

13. **Новикова, Т.В.** Опыт цифровой коррекции агротехнологических приёмов основной обработки почвы, внесения удобрения и гербицида при возделывании яровых зерновых и зернобобовых культур в Среднем Предуралье / А.В. Шитикова, Ю.Н. Зубарев, А.Н. Чиркова, Д.С. Фомин, Т.В. Новикова, Д.С. Фомин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «ВЕКовое растениеводство», посвящённой 100-летию кафедры растениеводства (15.12. 2023) - Пермь, 2023.- С. 181- 193.

14. **Новикова, Т.В.** Урожайность зерна в смешанных посевах вики посевной и яровой пшеницы при разном соотношении компонентов смеси с применением элементов точного земледелия по данным дистанционного зондирования в Среднем Предуралье / Ю.Н. Зубарев, Ю.Н., Д.С. Фомин, Т.В. Новикова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Агротехнологии XXI века: стратегия развития, технологии и инновации» (10-13.10.2023), Пермь. - 2023. – С. 9-17.

15. **Новикова, Т.В.** Влияние агроклиматических условий на формирование урожайности зерно - бобовых смесей в Среднем Предуралье / Т.В. Новикова, Н.А. Зеленков, Ю.Н. Зубарев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодёжная наука – 2024: технологии, инновации (08-12 апреля 2024 г.), Пермь.- 2024. – С. 15-20.