

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Алёшина Матвея Алексеевича «Регулирование азотного питания зерновых бобовых и злаковых культур в агроценозах Предуралья», представленную в диссертационный совет 24.1.006.01 на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

### **Актуальность научных исследований**

Возделывание зернобобовых культур является актуальным для сохранения плодородия дерново-подзолистых почв Среднего Предуралья. На изучение поставлены фундаментальные вопросы регулирования круговорота азота в системе почва – растение – атмосфера, оптимизации азотного питания зернобобовых культур, использования биопрепаратов на основе ризобий для предпосевной инокуляции семян и возделывания зернобобовых в смешанных агроценозах с зерновыми злаками, изучения механизма разложения соломы зерновых культур. Возделывание бобовых культур в одновидовых и смешанных посевах способствует решению проблемы получения кормового и продовольственного белка, улучшению качества объёмистых и концентрированных кормов для животных. Сегодня биологический потенциал бобовых культур в севооборотах используется не полностью, поскольку не учитываются видовая и сортовая специфичность растений в отношении формируемых агроценозов и применяемых удобрений, взаимодействия бобовых растений с почвенной микрофлорой и штаммами микроорганизмов, используемыми для инокуляции семян. Дозы азотных удобрений под одновидовые и смешанные посева необходимо научно обосновать, чтобы их применение не оказывало ингибирующего влияния на способность растений потреблять биологический азот. Выполненные исследования затрагивают перспективные научные вопросы эффективного использования минерального и биологического азота для сохранения и повышения плодородия почв, повышения урожайности культур, снижения количества вносимых минеральных удобрений.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выносимые на защиту, соответствуют поставленной цели и задачам исследований и обоснованы полученными результатами полевых и лабораторных наблюдений и исследований. Экспериментальный и теоретический материал, полученный в 4 полевых и 4 модельных опытах, проводимых автором в период 2012 – 2022 гг. на



зернобобовых культурах в одновидовых и смешанных посевах позволил предложить научно-обоснованную систему азотного питания зерновых бобовых и злаковых культур в агроценозах Среднего Предуралья:

-установлено, что инокуляция семян симбиотическими ризобактериями, с учётом сортовой принадлежности растений гороха, позволяет увеличить урожайность зерна на 0,14...0,21 т/га, что равноценно использованию 30 кг/га азотных удобрений. Внесение азота в дозе 60 кг/га повышает урожайность продовольственного сорта гороха *Агроинтел* до 2,42 т/га. При внесении азотного удобрения по 30 кг/га продуктивность зернокормового сорта *Вельвет* увеличилась до 2,95 т/га. Увеличение доз азота до N90-120 приводит к переходу растений гороха на автотрофный тип питания и использованию азота удобрения.

-выявлены различия между сортами гороха по структуре и функционированию симбиотического аппарата на корневой системе растений при внесении N-удобрения на фоне инокуляции семян ризобактериями. Отмечено увеличение массы клубеньков на корнях растений продовольственного сорта *Красноуфимский 11* в период бутонизация - цветение и формирование бобов за счёт внесения N-удобрения, у сорта *Вельвет* – только на начальных этапах вегетации.

- показано, что степень окультуренности дерново-подзолистой почвы определяет отзывчивость гороха на применение азотного удобрения. На слабоокультуренной почве формирование симбиотического аппарата на корнях гороха в фазу ветвления стебля происходит только без внесения N-удобрения. На среднеокультуренной почве симбиотический аппарат развивается более активно при внесении N-удобрения.

- отмечено, что при внесении N30 на сорте *Агроинтел* и N30-105 на сорте *Вельвет* проявляется синергический эффект от инокуляции и N-удобрения в отношении накопления сырого протеина в зерне гороха (+16,3...29,9 г/кг). Азотные удобрения увеличивают содержание сырого протеина в зерне пшеницы (на 4,2...9,5 г/кг) и гороха (на 4,8...8,8 г/кг) смешанных агроценозов яровых зерновых культур, а также в зерносенаже (на 6,8...25,2 г/кг) и зерне тритикале (на 7,4...21,7 г/кг) смешанных агроценозов озимых зерновых культур.

-выявлено, что при инокуляция семян гороха ризобактериями и внесении N-удобрения в одновидовых посевах увеличивается поступление в почву углерода с ПКО на 855 кг/га. В смешанных посевах гороха поступление углерода в почву возрастает до 3127 кг/га. В посевах озимой вики использование N-удобрения в качестве ранневесенней подкормки обеспечивает поступление органического углерода в почву до 5,67 т/га.



-установлено, что в одновидовых и смешанных агроценозах с преобладанием гороха в почву поступает 62,6...128,4 кг/га общего азота, в том числе 33,8...73,1 кг/га симбиотического. Возделывание озимой вики в смешанных агроценозах обеспечивает накопление в почве 151,7...202,7 кг/га азота при уборке на зерно, в том числе от 25,3 до 73,8 кг/га симбиотически фиксированного азота.

-показано, что инокуляция семян симбиотическими ризобактериями увеличивает количество продуцируемой закиси азота в посевах безлисточковых сортов гороха на 0,10...0,30 кг N-N<sub>2</sub>O/год. При внесении азотных удобрений в дозе 30-60 кг д.в./га объём эмиссии закиси азота из почвы в одновидовых агроценозах гороха посевного составил 1,87...3,23 кг N-N<sub>2</sub>O/га, вики озимой 2,08...3,91 кг N-N<sub>2</sub>O/га. Применение в одновидовых посевах гороха более высоких доз азотного удобрения (N75-120) способствовало увеличению суммарной эмиссии N-N<sub>2</sub>O в 1,2-1,7 раза.

-выявлено, что внесение N-удобрения и инокуляции семян ризобактериями повышает вынос азота урожаем до 126,4...138,9 кг/га в одновидовых и до 118,8...129,7 кг/га в смешанных агроценозах. Математически доказано, что эффективность использования азота из удобрения в одновидовых агроценозах семян гороха ризобактериями, увеличилась на 16,3...47,8%. Максимальная окупаемость N-удобрения прибавкой урожая зерносенажа составила 22,0...24,3 кг/кг, зерна 6,5...9,3 кг/кг в смешанных агроценозах гороха. В смешанных агроценозах вики более высокая окупаемость N-удобрения составляла 19,0...36,9 кг/га при уборке на зерносенаж.

-при изучении механизма трансформации соломы зерновых культур установлено увеличение общей численности микроорганизмов, культивируемых на различных питательных средах в 1,20-1,88 раза. Выявлено повышение содержания Сорг через 120 суток инкубирования на 0,24...0,46%, содержания легкоразлагаемого органического вещества Сэгв в среднем на 14...79 мг/кг почвы, Слов – на 0,14...0,21%. Отмечено, что интенсивное формирование микробной биомассы (Смик) сопровождается усилением иммобилизации почвенного азота и повышением продуцирования С-CO<sub>2</sub>. Установлено, что при заделке в почву более обеспеченных азотом растительных остатков гороха продолжительность иммобилизации почвенного азота не превышала 1,5 месяца, для соломы зерновых культур-3-4 месяца.

## **Научная новизна и достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Проведенные научные исследования имеют высокую степень новизны. В диссертационной работе изучено влияние инокуляции семян и внесения азотного удобрения на урожайность гороха посевного и вики озимой, определен биохимический состав и технологические показатели качества урожая в одновидовых и смешанных посевах. Выявлены различия в азотном питании разных сортов гороха и изменения параметров фотоассимилирующей поверхности и структуры симбиотического аппарата на корнях растений гороха при внесении N-удобрения. Рассчитано поступление свежего органического вещества и биологического азота с пожнивно-корневыми остатками в почву, определена азотфиксирующая способность сортов гороха посевного и вики озимой при инокуляции семян симбиотическими ризобактериями и внесении азотного удобрения. Произведены расчёты количества C-CO<sub>2</sub> дополнительно секвестрируемого зернобобовыми культурами и поступающего в почву за счёт усиления азотфиксирующей способности. Установлена эффективность потребления азота бобовыми культурами при инокуляции семян и внесении азотного удобрения, определена азотфиксирующая способность этих культур в одновидовых и смешанных посевах. Значительный научный и практический интерес представляет оценка действия биологического азота, накопленного в почве горохом и викой в одновидовых и смешанных посевах, для формирования урожайности последующей зерновой культуры в севообороте.

Описана структура и динамика развития микробиома на поверхности соломы зерновых культур в начальный период её разложения в почве, изучен процесс трансформации углерода и азота в почве при разложении соломы зерновых культур.

Все полученные результаты подробно изложены и объяснены в работе хорошим научным языком. Достоверность результатов исследований подтверждается закладкой и проведением полевых и модельных опытов, большим объемом полевых и лабораторных исследований с соблюдением количества повторений, ежегодной приемкой полевых опытов. Степень достоверности подтверждается использованием современных методов лабораторных анализов в соответствии с ГОСТами, публикацией основных положений диссертации в журналах, рецензируемых ВАК, докладами основных результатов диссертационной работы на всероссийских и международных научно-практических конференциях. Полученные



результаты в полевых и модельных опытах обработаны методом дисперсионного анализа с помощью программы MS Excel 2010.

### **Практическая и теоретическая значимость работы**

Результаты исследований важны для разработки научно-обоснованной системы удобрения бобовых и злаковых культур в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны России и Среднего Предуралья в частности. В условиях дефицита пищевого и кормового белка особо остро стоит проблема расширения площадей под бобовыми культурами в одновидовых и смешанных посевах. Автором работы установлены дозы азотных удобрений под одновидовые и смешанные посевы зернобобовых, не оказывающие ингибирующего влияния на способность растений потреблять биологический азот. Выявлены условия совместного использования биопрепаратов на основе ризобий для предпосевной инокуляции семян и применения N-удобрения. В диссертации рассчитан вклад зернобобовых культур в накопление свежего органического вещества, общего и биологического азота, поступающих в почву агроценозов. Количество аккумулированного CO<sub>2</sub> и эмиссия N<sub>2</sub>O в агроценозах с бобовыми является важной информацией для контроля за выбросами парниковых газов. Выявлена эффективность инокуляции семян зернобобовых культур на потребление азота и влияние биологического азота на урожайность, и качество продукции. Внесен значимый вклад в развитие теории трансформации растительных остатков в почве, в частности изучен процесс изменения фракций углерода и азота в почве при разложении соломы зерновых культур, описан состав, структура и динамика развития микроорганизмов на поверхности соломы зерновых культур в начальный период её разложения в почве.

### **Структура работы**

Диссертационная работа Алёшина Матвея Алексеевича «Регулирование азотного питания зерновых бобовых и злаковых культур в агроценозах Предуралья» изложена на 478 страницах печатного текста. Состоит из введения, 9 глав, заключения, списка литературы, включающего 884 наименований, в том числе – 310 на иностранных языках. Работа содержит 109 таблиц, 20 рисунков, 75 приложений.

**В главе 1 «Обзор литературы»** обобщены результаты исследований известных российских и зарубежных ученых по вопросам влияния азотных удобрений на биологическую фиксацию молекулярного азота на разных стадиях развития бобовых культур. Показано, что внесение минерального азота в дозах, не превышающих физиологическую потребность растений,



усиливает азотфиксацию биологического азота. Описаны различия в отзывчивости бобовых культур на внесение азотных удобрений на уровне видов и сортов. Показано влияние инокуляция семян бобовых культур симбиотическими ризобактериями совместно с N-удобрением на процесс азотфиксации. Глубоко проработаны вопросы формирования симбиотического аппарата на корневой системе растений. Показаны преимущества смешанных агроценозов, в которых благодаря взаимодействию корневых систем бобовых и злаковых компонентов происходит оптимизация потребления элементов питания, что способствует повышению урожайности и качества урожая возделываемых культур.

**В главе 2 «Условия и методика проведения исследований»** дана агроклиматическая характеристика региона исследования и вегетационных периодов в годы проведения опытов, описана агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы, на которой заложены опыты. Подробно описана методика закладки полевых и модельных опытов, все полевые опыты проведены в четырехкратной повторности. Представлен перечень ГОСТов и нормативных материалов для определения агрохимических показателей почвы и растительной продукции.

**В главе 3 «Урожайность зерновых бобовых и злаковых культур в одновидовых и смешанных агроценозах»** показано, что инокуляция семян гороха в среднем по сортам способствовала повышению урожайности на 6,2% и 8,8%. Отзывчивость сорта гороха *Агроинтел* на обработку семян ризобактериями была ниже в 2,0-2,4 раза, максимальная прибавка зерна наблюдалась при внесении 60 кг N/га. Использование N-удобрения и увеличение его дозировки приводило к снижению отзывчивости растений гороха на инокуляцию семян симбиотическими ризобактериями перед посевом, что объясняется ингибированием процесса азотфиксации со стороны N-удобрения. Автором работы рассмотрены параметры и интенсивность развития фотосинтетической поверхности растений гороха, и симбиотического аппарата на корневой системе, представлены рисунки, отражающие морфобиометрические параметры фотосинтетического и симбиотического аппарата у растений гороха сорта *Красноуфимский 11* и сорта *Вельвет* по фазам развития.

Выявлены значительные различия между сортами гороха относительно использования азота из минеральных удобрений. Отмечена различная отзывчивость растений на использование азотного удобрения на почвах разной степени окультуренности. Согласно полученным результатам, урожайность зерна гороха на среднеокультуренной почве была в 1,24-1,25 раза выше, чем в условиях слабоокультуренной почвы. Прибавка урожая от



обработки семян гороха микробным препаратом перед посевом составила от 1,31 г/сосуд на слабокультуренной почве, до 1,66 г/сосуд на среднекультуренной почве. Показано, что использование N-удобрения совместно с инокуляцией семян симбиотическими ризобактериями стимулировало работу и развитие корневой системы, способствовало накоплению в её составе азота. Сделан вывод о том, что внесение высоких доз азотного удобрения оказывают угнетающее действие на развитие симбиотического аппарата, формирующегося на корневой системе бобовых растений.

Установлено, что долевое соотношение компонентов в рецептуре высеваемой смеси является ключевым параметром для получения урожая зерна при возделывании злаковых и бобовых культур в составе смешанных агроценозов.

**В главе 4 «Биохимический состав и технологические показатели качества урожая зерновых культур в одновидовых и смешанных агроценозах»** описано, что инокуляция семян и внесение N-удобрения оказало влияние на биохимический состав зерна гороха. Увеличение содержания сырого протеина в зерне, благодаря инокуляции семян гороха бактериальным препаратом, в среднем по опыту составило на сорте *Агроинтел* 1,7 г/кг, *Вельвет* – 6,5 г/кг. Существенная прибавка от инокуляции семян препаратом ризобактерий (28,3 г/кг) получена только на сорте *Вельвет*, при использовании N-удобрения в дозе 75 кг д.в./га, при внесении 120 кг N/га выявлено существенное снижение содержания сырого протеина в зерне гороха. Установлен синергический эффект от совместного использования инокуляции посевного материала и минерального азота в отношении накопления сырого протеина в зерне на сорте *Вельвет* при внесении от 75 до 105 кг N/га. Автором выявлены различия в содержании клетчатки, жира, золы в зерне гороха в зависимости от дозы азотного удобрения и инокуляции семян.

Представлены показатели качества гороховой крупы и дана оценка ее кулинарных достоинств. Более высокая кулинарная оценка (4,2...4,4) для крупы гороха из зерна сорта *Вельвет*, получена при инокуляции семян перед посевом микробным препаратом. Азотные удобрения не повлияли на кулинарную оценку гороховой крупы. Подробно описан биохимический состав корма (зерносенажа) из гороха и смеси гороха с яровой пшеницей.

Установлено, что более высокое содержание сырого протеина в зерне (127,1...135,3 г/кг) получено при равном долевом участии компонентов (пшеница 50% + горох 50%) или с превалированием гороха (пшеница 25% + горох 75%) в составе высеваемой смеси. Доказано, что зерно гороха,



полученное в смешанных агроценозах, значительно превосходит по биохимическому составу и питательности корм в одновидовом посеве. Для переработки на комбикорма и для скармливания сельскохозяйственным животным и птице рекомендовано зерно, полученное только в смешанном агроценозе пшеница 75% + горох 25%, при внесении N30 или без N-удобрения.

По результатам исследований установлено, что наличие в смешанных агроценозах озимой тритикале стимулировало процесс симбиотической азотфиксации у озимой вики и накопление азотсодержащих соединений в составе урожая. Внесение азотного удобрения снижало возможность озимой вики к симбиотрофному питанию и самообеспечению азотом.

**В главе 5 «Накопление свежего органического вещества и биологического азота в почве в одновидовых и смешанных агроценозах зернобобовых культур»** представлены экспериментальные данные по накоплению C и N в урожае основной и побочной продукции гороха сортов *Агроинтел* и *Вельвет* при возделывании на зерно и зерносегаж в составе одновидового и смешанного агроценозов и определена азотфиксирующая способность бобовых культур при инокуляции семян симбиотическими ризобактериями и внесении азотного удобрения. Диссертантом описан вклад биологического азота гороха в азотный баланс почвы, при возделывании в составе горохо-пшеничных смесей и одновидовом посеве, в зависимости от вида конечной продукции (зерносегаж, зерно). Проведен учёт количества симбиотически фиксированного азота и поступающего в почву с ПКО свежего органического вещества. При инокуляции биопрепаратом семян гороха отмечено увеличение азотфиксирующей способности и продуктивности растений гороха, повышение аккумуляции потребляемого из атмосферы C-CO<sub>2</sub> и дополнительное поступление в почву органического углерода.

Показано, что смешанный посев (пшеница 25% + горох 75%) в 1,5-1,6 раза превосходил монопосев гороха по фиксации атмосферного азота, при этом в пожнивно-корневых остатках накапливается от 10 до 56 кг/га азота воздуха. Определен дополнительный объём C-CO<sub>2</sub>, секвестрируемый горохом при усилении азотфиксации за счёт возделывания в составе смешанного агроценоза, который составил 207,8...1142,9 кг/га. По данным автора работы азотные удобрения в смешанных агроценозах усиливали потребление C-CO<sub>2</sub> на 158,5...301,5 кг/га, а в чистых посевах гороха снижали эффективность N<sub>2</sub>-фиксации и объёмы секвестрируемого углекислого газа в процессе фотосинтеза.



Выявлено, что максимальное количество симбиотически фиксированного азота с пожнивными и корневыми остатками озимой вики поступало в почву при составе высеваемой смеси тритикале 25% + вика 75% и составило 57,7...74,6 кг/га, органического углерода в составе ПКО от 2,3 до 3,3т/га. Установлено, что возделывание озимой вики в смешанных агроценозах с озимой тритикале, усиливает азотфиксацию и потребление дополнительного объёма С-СО<sub>2</sub>. Внесение азотного удобрения приводит к снижению N<sub>2</sub>-фиксации и объёмов секвестрируемого углекислого газа в процессе фотосинтеза.

**В главе 6 «Эмиссия закиси азота в агроценозах зерновых бобовых и злаковых культур»** представлены данные по суммарным антропогенным выбросам N<sub>2</sub>O (прямым и косвенным) из почвы под одновидовыми посевами гороха сортов *Агроинтел* и *Вельвет*, которые составили 1,44...3,35 кг/га, 1,74...3,04 кг/га в год соответственно. Азотные удобрения увеличивали эмиссию закиси азота на 30-50%. Суммарные косвенные выбросы N<sub>2</sub>O, в среднем по обоим сортам 0,39...0,64 кг N-N<sub>2</sub>O/год. Выявлено, что инокуляция семян не оказала существенного влияния на эмиссию азота. Объяснен механизм формирования косвенных выбросов закиси азота.

Применение азотного удобрения в дозах от 30 до 75 кг д.в./га на сорте гороха *Агроинтел* и от 30 до 60 кг д.в./га на сорте *Вельвет* способствовало продуцированию до 1500 кг/га СО<sub>2</sub>. По величине эмиссионного фактора (ЭФN<sub>2</sub>O) в одновидовом посеве гороха сортов *Агроинтел* и *Вельвет*, установлено, что горох относится к группе с высоким риском эмиссии N<sub>2</sub>O.

Показано, что максимальное значение эмиссии в опыте (3,12 кг N-N<sub>2</sub>O/га) характерно для смешанного агроценоза (пшеница 25% + горох 75%) при внесении азотного удобрения в дозе 60 кг д.в./га. Выявлено, что смешанные агроценозы (пшеница 50% + горох 50%, пшеница 25% + горох 75%) имеют более высокие значения эмиссионного фактора (2,19...2,42%), относительно одновидового посевов и относятся к группе с высоким риском эмиссии N<sub>2</sub>O.

**В главе 7. «Баланс азота в почве и эффективность его использования зерновыми культурами в одновидовых и смешанных агроценозах»** выявлены различия в сортовой отзывчивости гороха на использование биопрепарата *Ризоторфин* при предпосевной обработки семян и внесение азотного удобрения. На сорте *Агроинтел* вынос азота урожаем составил 81,4...120,0 кг/га, на сорте *Вельвет* – 64,6...138,9 кг/га. Инокуляция семян увеличивала вынос азота по сортам на 11,2 кг/га и 21,4 кг/га соответственно. Увеличение дозы азотного удобрения свыше 75 кг д.в./га привело к снижению урожайности зерна и выноса азота. Определено,



что использование *Ризоторфина* и азотного удобрения не привело существенному изменению концентрации N в зерне.

Наиболее высокий коэффициент использования азота из удобрения горохом сорта *Агроинтел* (60,4%) зафиксирован при использовании *Ризоторфина* и внесении N30. Более высокая агрономическая оценка азотного удобрения прибавкой урожая зерна гороха получена при внесении N30 (9,5...19,5 кг/кг) на сорте *Вельвет*. При использовании *Ризоторфина* максимальная окупаемость N-удобрения была на сорте *Вельвет* и составила 5,5...10,0 кг/кг.

Положительный баланс азота (+8,5...17,3 кг/га) был сформирован практически во всех смешанных и одновидовых агроценозах безлисточковых сортов гороха при внесении N-удобрения в дозе 60 кг д.в./га. Определено, что более эффективно использовался потребленный азот на формирование прибавки зерносенажа (12,7 кг) в смешанном посеве гороха с пшеницей с равным соотношением компонентов (50% + 50%) при использовании N-удобрения в дозе 60 кг д.в./га. Диссертантом рассчитаны коэффициенты использования азота удобрения пшеницей и горохом.

В смешанных посевах (тритикале 50% + вика 50%), оплата 1 кг N была на уровне 36,9 кг зерносенажной массы. По всем смешанным и одновидовым агроценозам тритикале с викой наблюдался отрицательный баланс азота. Автор пришел к выводу, что за счёт биологической азотфиксации нельзя полностью восполнить газообразные и инфильтрационные потери, вынос азота из почвы с урожаем гороха посевного, возделываемого на зерносенаж и зерно в одновидовых и смешанных агроценозах. Возделывание другой бобовой культуры - озимой вики на зерно в одновидовом и смешанном агроценозе (тритикале 25% + вика 75%) способно компенсировать вышеназванные статьи затрат обозначенных статей затрат за счёт фиксированного симбиотическим путём азота.

#### **В главе 8. «Оценка действия биологического азота, накопленного зернобобовыми культурами в одновидовых и смешанных агроценозах»**

Определен вклад биологического азота гороха и вики в одновидовых и смешанных посевах для формирования урожайности последующей зерновой культуры в севообороте. Представлено расчётное количество усвоенного биологического азота и величины прибавок урожайности зерна овса при возделывании после одновидовых и смешанных агроценозов гороха. Показано, что инокуляция семян гороха увеличивает расчётное количество используемого овсом симбиотически фиксированного азота на 0,8...2,4 кг/га, а использование N-удобрения не оказало положительного влияния на этот показатель. Прибавка урожайности зерна овса, после сортов *Агроинтел* и



*Вельвет* составила 0,32...0,47 т/га и 0,27...0,55 т/га. Сорта гороха, обработка семян биопрепаратом симбиотических ризобактерий и последствие доз азотного удобрения по-разному повлияли на биохимический состав и показатели качества зерна и соломы овса и ячменя. Благодаря инокуляции семян гороха сорта Агроинтел, без внесения N-удобрения, получено зерно овса 1 класса качества. Низкое содержание сырого протеина в зерне овса (< 110 г/кг) отмечалось при его возделывании после гороха сорта Вельвет.

Автором определены технологические показатели зерна овса (кислотность, натура, плёнчатость). Выявлено, что размещение ярового ячменя после смешанных и одновидового посева зернобобовой культуры имело существенное преимущество по урожайности, прибавка составила 0,18...0,56 т/га и 0,74 т/га соответственно. Установлено, что внесение азотного удобрения (N45-60) в смешанном посеве способствовало большему усвоению биологического азота последующей зерновой культуры, чем после одновидового посева бобовой культуры. Описано влияние азота, фиксированного клубеньковыми бактериями озимой вики, на урожайность и биохимический состав зерна яровой пшеницы.

**В главе 9 «Активность и структура микробного сообщества, содержание и трансформация форм биогенных элементов (С, N) в почве при разложении соломы зерновых культур»** проведены исследования по интенсивности разложения соломы полевых зерновых культур в рамках лабораторного модельного эксперимента. Выявлены различия в скорости разложения соломы злаковых зерновых и гороха, связанные с химическим составом субстрата. Выполнен сравнительный анализ динамики и структуры развития микробных сукцессий на соломе пшеницы и гороха, что позволило определить влияние биохимического состава субстрата и эпифитного микробного сообщества соломы на процесс ее деструкции. Описаны различные таксономические группы заселяющие поверхность соломы на разных этапах ее разложения.

Рассмотрена динамика развития микробного сообщества на поверхности соломы гороха и пшеницы посредством измерения микробной метаболической активности. Установлено, что в течение суток метаболическая активность увеличилась более чем в 2 раза, т.е. наблюдается значительный прирост биомассы бактерий, в период до 15 суток протекала фаза стационарного роста, затем метаболическая активность снижалась. Выявлено, что метаболическая активность на поверхности соломы гороха выше, чем на соломе пшеницы более чем в 2 раза, что связано с биохимическим составом разлагаемого субстрата.



Определена численность микроорганизмов в дерново-подзолистой почве при внесении соломы зерновых культур (озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, овес, горох) через 30, 60, 90 и 120 суток компостирования и проведено сравнение с исходным образцом почвы. Показано, что к 30 суткам инкубирования выявлены существенные изменения состава почвенного микробиома, особенно при внесении соломы гороха и овса, в которой содержится больше легкогидролизуемых соединений. Сделан вывод, что на конечном этапе инкубирования микробное биоразнообразие почвенного сообщества дерново-подзолистой почвы оставалось неизменным вне зависимости от биохимического состава вносимого соломистого субстрата.

Дана оценка дыхательной активности почвы в динамике при внесении соломы зерновых культур, показана динамика содержания углерода микробной биомассы и углерода трансформируемых фракций органического веществ в почве, при разложении соломы зерновых культур. Диссертант указывает на слабое закрепление углерода в биомассе микроорганизмов при разложении соломы зерновых злаков в почве. Представлен фракционный состав соединений азота дерново-подзолистой почвы. Определено, что минимальная по продолжительности нетто-иммобилизация характерна для варианта с соломой гороха.

**В разделе «Выводы»** представлены обобщающие результаты научных исследований, которые согласуются с поставленной целью, задачами, положениями, выносимыми на защиту, и экспериментальным материалом, представленным в главах 3-9. Каждый из девяти выводов сформулирован четко и компактно, полностью отражает полученные результаты.

**«Приложения»** диссертации в количестве 75 штук содержат большой дополнительный материал для более полного восприятия и интерпретации данных.

### **Вопросы и замечания по диссертации**

1. В диссертационной работе не представлены экспериментальные данные по влиянию одновидовых и смешанных посевов бобовых культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы полевых опытов, в частности, влияние различных доз азотных удобрений, инокуляции семян бобовых, состава смешанного агроценоза на кислотность почвы, содержание органического углерода и соединений азота в почве. Эффективность инокуляции семян азота напрямую зависит от кислотности почвы. Только в двух модельных



опытах изучена трансформация минерального азота, в одном – рассмотрено влияние соломы на накопление фракций органического углерода в почве.

2. Слишком много уделено внимания технологическим показателям качества гороха и муки из гороха, кулинарным достоинствам крупы, биохимическому составу зерна и соломы бобовых и злаковых культур. Эти параметры более характерны для растениеводческой тематики. Только содержание азота (протеина) в продукции имеет прямое отношение к решению поставленной цели исследований.
3. Автор использует очень большой объем научной информации из литературных источников для объяснения полученных результатов, собственные рассуждения автора диссертации теряются в этом потоке информации.
4. По данным таблицы 3.11 (стр. 88) диссертантом сделан неверный вывод. Снижение соотношения зерно: солома, при внесении N-удобрения означает не повышение зерновой продуктивности, а ее снижение наряду с отмеченным ростом выхода соломы и пожнивно-корневых остатков.
5. Гост 13496.4-93 на определения азота и сырого протеина в растительной продукции заменен на ГОСТ 13496.4-2019.
6. Не указан метод определения базального и субстрат-индуцированного дыхания.
7. Автор диссертации пишет, что лабильный пул углерода в растительных остатках составляет 15-17%, а устойчивый -73-85% от общего. Если это собственные данные, то каким методом они были получены?
8. Диссертант представил научное обоснование, но не сделал конкретных рекомендаций для производства по регулированию азотного питания зерновых бобовых и злаковых культур в агроценозах Предуралья.

#### **Положительные стороны научных исследований**

Алёшиным Матвеем Алексеевичем получен ценный экспериментальный материал и сделаны важные научные выводы. Выявлены различия в азотном питании сортов гороха посевного в зависимости от окультуренности почвы и сортовых особенностей культуры, определены изменения параметров фотоассимилирующей поверхности и структуры симбиотического аппарата на корнях растений гороха при внесении N-удобрения, показана оптимизация азотного питания злакового компонента в смешанных посевах.



Рассчитан потенциальный объём свежего органического вещества, общего и биологического азота, накапливаемый в почве при разных сроках уборки зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях Предуралья.

Проведены расчёты количества С-СО<sub>2</sub> дополнительно секвестрируемое зернобобовыми культурами и количество углерода, поступающее в почву за счёт усиления азотфиксирующей способности. Установлен объём эмиссии закиси азота из почвы при разных уровнях азотного питания зернобобовых культур. Отмечено влияние биологического азота зернобобовых культур на увеличение урожайности зерна овса, ячменя и пшеницы и содержания в нём сырого протеина.

Ценным в научном плане является изучение процессов азотфиксации и секвестрации атмосферного углерода бобовыми культурами, структуры и динамики развития микробиома на поверхности соломы зерновых культур в начальный период её разложения в почве. Важным для внедрения в производство является установление оптимальных доз азотного удобрения и совместного применения биопрепаратов на основе ризобий для предпосевной инокуляции семян и возделывание зернобобовых в смешанных агроценозах с зерновыми злаками.

Результаты исследований подтверждаются публикациями 57 работ, в том числе 16 научных статей в научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Указанные замечания и вопросы не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

По результатам исследований сделаны выводы, которые не вызывают сомнений и представляют научную и практическую значимость. Диссертация написана хорошим научным языком, содержит много рисунков и таблиц. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Научные публикации отражают основные теоретические и практические результаты работы. Список публикаций результатов диссертационного исследования свидетельствует о весомом личном вкладе диссертанта.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертация Алёшина Матвея Алексеевича «Регулирование азотного питания зерновых бобовых и злаковых культур в агроценозах Предуралья» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научных задач по эффективному использованию



минерального и биологического азота для сохранения и повышения плодородия почв, повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Новые научные результаты способствуют решению народно-хозяйственной проблемы получения кормового и продовольственного белка. Диссертационная работа по актуальности, научной новизне и практической значимости полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Алёшин Матвей Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

доктор биологических наук  
(специальность 06.01.04 – агрохимия),

главный научный сотрудник  
лаборатории агротехнологий

«Пермского НИИСХ» –

филиала ПФИЦ УрО РАН

Завьялова Нина Егоровна

Подпись Н.Е. Завьяловой заверяю:

Главный научный секретарь  
ПФИЦ УрО РАН, к. ф.-м.н.

Вотинова А.Г.

04 октября 2023 г.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» – филиал Пермского Федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН «Пермский НИИСХ»-филиал ПФИЦ УрО РАН)), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, дом 12, контактный телефон: +7(342) 9 297-62-40, e-mail: pniish@rambler.ru.