

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Погодиной Анны Владимировны «Агрохимикаты в технологии возделывания полбы (*Triticum dicocum*) в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.017.01 при ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Актуальность выбранного направления исследований. Выбор направления исследований, связанного с возрождением производства полбы в условиях Среднего Поволжья, представляется обоснованным и своевременным. Автор убедительно показывает историко-агрономическую ценность культуры для региона, где в конце XIX века полба занимала значительную долю площади яровых зерновых культур. Современные тенденции органического земледелия и функционального питания определяют растущую востребованность данной культуры на рынке продовольствия. Грамотно обоснована биохимическая и нутрициологическая значимость полбы благодаря высокому содержанию белка, насыщенного незаменимыми аминокислотами, наличию монополиненасыщенных жирных кислот, богатому минеральному составу и витаминному комплексу. Логично выстроена аргументация производственной целесообразности возделывания культуры, включающая засухоустойчивость, естественную защиту зерна плодовой оболочкой от болезней и высокий экономический потенциал в условиях превышения спроса над предложением. Актуальность темы усиливается необходимостью разработки научно обоснованной системы применения агрохимикатов для преодоления основного недостатка культуры – низкой урожайности на уровне 1,5-1,8 т/га.

Новизна исследований и полученных результатов. Автор заявляет о приоритетности исследований комплексного применения расчётных норм минеральных удобрений с биопрепаратами и аминокислотным биостимулятором для полбы в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Впервые для региона изучено совместное действие минеральных удобрений, азотфиксирующих биопрепаратов-инокулянтов Азотовит, Ризоагрин и аминокислотного биостимулятора Биостим Старт на продуктивность и качество зерна полбы сорта Руно. Применён расчётный метод определения доз удобрений на планируемую урожайность 2,5 и 3,0 т/га, что соответствует современным агрохимическим подходам. Научная новизна работы заключается в

разработке системы комплексного применения агрохимикатов, обеспечивающей получение 2,85 т/га высококачественного зерна полбы с содержанием белка 16,5 % при рентабельности производства 42 % и энергетическом коэффициенте 4,2. Определено долевое участие погодноклиматических условий и изучаемых факторов в варьировании урожайности и показателей качества зерна, что позволяет прогнозировать эффективность применения агрохимикатов в различных условиях вегетационного периода. Установлены параметры выноса, коэффициенты использования и баланс основных питательных элементов при совместном использовании минеральных удобрений и препаратов, что имеет значение для оптимизации системы удобрения полбы.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 177 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 10 глав (содержит 36 таблиц, 17 рисунков и 14 приложений), заключения и рекомендаций производству. Список литературы включает 269 наименований изданий российских учёных и 40 исследователей стран дальнего и ближнего зарубежья.

Оценка обоснованности и достоверности научных положений, заключения и рекомендации производству. Достоверность результатов исследований подтверждается применением современных методов полевых и лабораторных исследований, соответствующих ГОСТам и общепринятым в агрономической науке методикам. Автор применил дисперсионный анализ по Б. А. Доспехову для определения существенности различий между вариантами опыта и корреляционно-регрессионный анализ с использованием программы Statistika 6.0 для установления взаимосвязей между изучаемыми факторами и показателями продуктивности. Обоснованность практических рекомендаций подтверждена проведением производственной проверки результатов исследований в 2023-2024 годах на серых лесных почвах, типичных для лесостепной зоны региона. Масштаб внедрения составил 215 га в трёх сельскохозяйственных предприятиях Республики Татарстан с получением среднего экономического эффекта 4364,1 руб./га, что свидетельствует о практической воспроизводимости и экономической целесообразности разработанной технологии.

Во введении отражены: актуальность темы исследования; степень разработанности изучаемой темы; четко сформулированы цель и задачи исследований; обоснована научная новизна; теоретическая и практическая значимость работы; методология и методы исследования; изложены основные положения, выносимые на защиту; достоверность результатов исследований; представлена информация об апробации работы; производственная проверка и внедрение результатов исследований.

В первой главе «Обзор литературы» рассмотрено происхождение, распространение и значение культуры, изложены биологические и агрономические особенности возделывания полбы, приведена нутрилогическая ценность зерна полбы, эффективность применения удобрений на посевах полбы, использование биопрепаратов в технологии возделывании зерновых культур.

Во второй главе «Объекты, условия и методика проведения исследований» изложены объекты и предметы изучения, используемые методики, условия проведения исследований. Описаны географическое положение и природные ресурсы района исследований. Приведены погодноклиматические условия в годы исследований. Дана агрохимическая характеристика территории. Описаны объекты, схемы опытов и методика исследований.

В третьей главе «Влияние минеральных удобрений и препаратов на урожайность полбы» убедительно показывает, что урожайность культуры определяется комплексом факторов: применяемыми средствами химизации и метеорологическими условиями вегетационного периода. Установлена существенная вариабельность урожайности по годам исследований от 1,98 до 2,39 т/га, что объективно отражает влияние погодных условий на продуктивность культуры.

Результаты четырехлетних исследований свидетельствуют о высокой эффективности применения минеральных удобрений. Показатели окупаемости удобрений зерном превышают средние значения для яровой пшеницы в Республике Татарстан, что свидетельствует о высокой отзывчивости полбы на улучшение условий минерального питания.

Предпосевная обработка семян биопрепаратами также способствовала повышению урожайности, при этом наибольшую эффективность проявил аминокислотный биостимулятор Биостим Старт с прибавкой 0,21 т/га независимо от уровня удобренности. Важным результатом является установление аддитивного характера взаимодействия минеральных удобрений и биопрепаратов, что позволяет прогнозировать эффект от их совместного применения. Долевое участие факторов в формировании урожайности показывает, что на самом результативном варианте опыта естественное плодородие почвы обеспечивало 51 % урожайности, минеральные удобрения – 42 %, аминокислотный биостимулятор – 7 %.

Анализ выхода побочной продукции выявил закономерное увеличение массы соломы при применении агрохимикатов с 1,74 до 4,19 т/га. Установлено расширение соотношения «зерно : солома» с 1:1,20 на контроле до 1:1,47 на варианте максимального применения агрохимикатов, что

свидетельствует о более интенсивном развитии вегетативной массы растений. Данный аспект имеет значение как для оценки поступления органического вещества в почву с пожнивно-корневыми остатками, так и для планирования уборочных работ с учётом возможного полегания полбы на высоких агрофонах.

В четвертой главе «Показатели продукционного процесса и структура урожая» автор последовательно раскрывает механизмы формирования продуктивности культуры через изучение отдельных морфобиологических показателей на различных этапах органогенеза. Лабораторный опыт по изучению энергии прорастания и всхожести семян выявил важную технологическую особенность: предпосевную обработку семян препаратом Биостим Старт необходимо проводить за 10-15 дней до посева, поскольку обработка непосредственно перед посевом приводит к снижению этих показателей.

Полевая всхожесть семян полбы составляла 84-87 % при густоте всходов 380-392 растения на квадратный метр. Установлено, что минеральные удобрения не оказывали достоверного влияния на полевую всхожесть, в то время как предпосевная обработка семян биостимулятором Биостим Старт повышала этот показатель до 87 % и увеличивала мощность роста всходов. Воздушно-сухая масса одного растения в фазу первого листа возрастала с 0,21 г на контроле до 0,28 г на варианте совместного применения максимальной дозы удобрений и биостимулятора, что свидетельствует об улучшении стартовых условий развития растений.

Кустистость полбы существенно возрастала под влиянием агрохимикатов: продуктивное кушение увеличивалось с 1,4 стеблей на растении на контроле до 2,8 на варианте оптимального сочетания факторов. Это обеспечивало формирование плотного продуктивного стеблестоя перед уборкой урожая на уровне 458 стеблей на квадратный метр против 401 на контроле. Автор справедливо отмечает, что столь высокая кустистость полбы определяется не только агрохимикатами, но и биологическими особенностями культуры, что выгодно отличает её от яровой пшеницы и ячменя.

Изучение формирования корневой системы показало, что применение удобрений и биостимулятора способствовало более глубокому проникновению основной массы корней в почву. Глубина активного слоя почвы в период трубкование-колошение увеличивалась с 29,6 см на контроле до 40,8 см на варианте оптимальной технологии, что обеспечивало более эффективное использование элементов питания и влаги из большего объёма почвы. Динамика формирования листовой поверхности свидетельствует о

существенном влиянии агрохимикатов на развитие ассимиляционного аппарата: площадь листьев в фазу колошения возрастала с 24,8 до 29, тыс. м²/га.

Расчёты листового фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза показали, что применение агрохимикатов увеличивало эти показатели соответственно с 0,099 до 0,117 м²/м² и с 6,9 до 9,3 г/м² в сутки. Установлена сильная корреляционная зависимость между урожайностью зерна и площадью листовой поверхности в фазу колошения, что позволяет использовать этот показатель для прогнозирования продуктивности посевов. Высота растений полбы существенно возрастала при применении агрохимикатов (с 82 до 112 см), при этом выявлена тесная корреляционная связь между углублением корневой системы и высотой растений в период трубкования-колошения.

Анализ элементов структуры урожая показал, что применение агрохимикатов способствовало увеличению длины колоса с 6,2 до 8,2 см, числа зёрен в колосе с 15 до 23 штук и массы 1000 зёрен с 24,8 до 29,0 грамм. Построенное уравнение множественной регрессии позволило установить, что наибольший вклад в формирование урожайности среди элементов структуры обеспечивает количество зёрен в колосе: одно дополнительное зерно при прочих равных условиях приводит к увеличению сбора зерна на 0,14 т/га.

В пятой главе «Влияние минеральных удобрений и препаратов на качество зерна полбы» проведена комплексная оценка основных показателей качества зерна: содержания белка и его аминокислотного состава, сырого жира, углеводов и плёчатости. Установлено, что применение минеральных удобрений и предпосевная обработка семян биопрепаратами закономерно увеличивали содержание белка в зерне полбы. Внесение N₅₉P₃₀K₄₈ повышало белковость зерна на 1,5 % в абсолютном выражении, применение N₇₁P₃₆K₅₈ – на 0,8 %.

Предпосевная обработка семян биопрепаратами также способствовала повышению содержания белка: препарат Азотовит обеспечивал прирост на 0,09 %, Ризоагрин – на 0,21 %, Биостим Старт – на 0,27 % независимо от уровня минерального питания. Наибольшая концентрация белка в зерне (17,3 %) отмечалась при использовании аминокислотного биостимулятора на фоне внесения минеральных удобрений на урожайность 2,5 т/га. Дисперсионный анализ показал, что в варьировании содержания белка 58 % приходится на погодный фактор, по 17-18 % – на применение минеральных удобрений и биопрепаратов, что свидетельствует о равнозначности вклада антропогенных факторов в формирование белковости зерна.

Валовый сбор белка возрастал более существенно за счёт роста урожайности: применение минеральных удобрений увеличивало сбор белка на

70-91 %, предпосевная обработка семян биопрепаратами – на 9-25 % в зависимости от препарата. Наибольший сбор белка (354,1 кг/га) был получен на варианте совместного применения максимальной дозы удобрений и биостимулятора Биостим Старт. Анализ аминокислотного состава белка зерна полбы выявил высокое содержание незаменимых аминокислот на уровне 32-34 % от общего количества. Расчёт аминокислотного сгора показал, что две аминокислоты (лизин и треонин) содержатся в количествах ниже эталонных значений ФАО/ВОЗ, однако остальные незаменимые аминокислоты превышают рекомендуемые нормы, что подтверждает высокую биологическую ценность белка полбы.

Содержание сырого жира в зерне полбы изменялось от 2,86 % на контроле до 3,53 % при оптимальном сочетании агрохимикатов, при этом валовый выход жира с гектара возрастал с 41,4 до 87,2 кг. Автор справедливо отмечает, что применение удобрений и биопрепаратов оказывало однонаправленное и аддитивное влияние на повышение содержания жира в зерне. Содержание углеводов закономерно снижалось при улучшении условий азотного питания растений с 67,2 % на контроле до 63,3-64,2 % на удобренных фонах. Установлена обратная зависимость между содержанием белка и углеводов в зерне: увеличение белковости на 1 % сопровождается снижением содержания углеводов на 1,28 %, что объясняется перераспределением ассимилянтов в процессе формирования зерна.

Плёнчатость зерна полбы снижалась под влиянием агрохимикатов с 28,1 % на контроле до 24,7 % на оптимальном варианте, что существенно повышает выход товарного зерна после обрушения. Выявлена отрицательная корреляция между плёнчатостью и крупностью зерна: увеличение массы 1000 зёрен на 1 грамм приводит к снижению плёнчатости на 0,43 %. Наименьшая плёнчатость и максимальный выход чистого зерна (2,15 т/га) получены на варианте совместного применения максимальной дозы удобрений с биостимулятором Биостим Старт.

В шестой главе «Роль метеорологических условий в формировании урожайности и качества зерна полбы» установлено, что определяющую роль в изменчивости урожайности полбы играли минеральные удобрения (89 %), в то время как на долю погоды и биопрепаратов приходилось суммарно 10 %, из них на биопрепараты лишь 2 %. Столь незначительное доленое участие метеорологических условий в варьировании урожайности свидетельствует о высокой пластичности полбы и её способности адаптироваться к различным условиям вегетационного периода.

Противоположная картина наблюдалась в отношении содержания белка в зерне: метеорологические условия оказывали очень большое влияние (58 %), в

то время как применение минеральных удобрений и биопрепаратов обеспечивало по 17-19 % варьирования этого показателя. Данный результат объясняется зависимостью процессов синтеза белка от температурного режима и влагообеспеченности в критические периоды налива зерна. На общий сбор белка определяющее влияние оказывали минеральные удобрения (82 %), что определялось их влиянием на величину урожая.

В седьмой главе «Влияние удобрений и препаратов на химический состав полбы и вынос питательных элементов» установлено, что применение минеральных удобрений увеличивало содержание азота и фосфора в зерне полбы, в то время как концентрация калия изменялась незначительно. Хозяйственный вынос питательных элементов варьировал от 43,6 до 97,2 кг/га азота, от 16,4 до 27,4 кг/га фосфора и от 34,9 до 64,1 кг/га калия. Определён относительный вынос элементов питания: с одной тонной зерна с учётом побочной продукции отчуждается в среднем 32,3 кг азота, 10,2 кг фосфора и 24,0 кг калия, что может служить нормативными показателями для расчёта доз удобрений.

Баланс питательных веществ при внесении расчётных норм удобрений по азоту и калию оставался отрицательным, но в допустимых пределах (интенсивность баланса 72-96 %), по фосфору наблюдался положительный баланс (117-150 %). Коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений составили по азоту 51-66 %, по фосфору 19-23 %, по калию 41-48 %. Предпосевная обработка семян биостимулятором повышала эффективность использования питательных элементов на 2-6 %.

В восьмой главе «Изменение свойств почвы при внесении минеральных удобрений и применении препаратов» выявлено, что содержание гумуса оставалось стабильным на уровне 3,4 %, реакция почвенного раствора изменялась незначительно. Содержание подвижных форм фосфора при внесении удобрений повышалось на 1-5 мг/кг, калия – на 1-3 мг/кг, что согласуется с балансом питательных веществ. Изучение микробиологической активности показало, что биопрепараты оказывали более существенное влияние на деструкцию целлюлозы (прирост 14-32 %), чем минеральные удобрения (7-21 %).

Применение агрохимикатов способствовало улучшению структурного состояния почвы: содержание агрономически ценных агрегатов возрастало с 53 % на контроле до 68 % на оптимальном варианте. Коэффициент структурности увеличивался с 1,13 до 2,12, что соответствует переходу агрегатного состояния из категории «хорошее» в категорию «отличное». Плотность сложения почвы изменялась незначительно и находилась в оптимальных пределах.

В девятой главе «Экономическая и энергетическая эффективность применения минеральных удобрений и препаратов при возделывании полбы» расчёты экономической эффективности на основе технологических карт и сложившихся цен 2023 года показали, что возделывание полбы рентабельно даже без применения удобрений с уровнем рентабельности 22 %. Применение минеральных удобрений и биопрепаратов повышало рентабельность производства до 30-42 % в зависимости от их сочетания при одновременном снижении себестоимости единицы продукции с 13,5 до 11,6 тысяч рублей за тонну.

Наилучшие экономические показатели получены на варианте внесения расчётных норм удобрений на урожайность 3,0 т/га с предпосевной обработкой семян биостимулятором Биостим Старт: чистая прибыль составила 14,0 тысяч рублей на гектар при рентабельности 42 %. Вклад минеральных удобрений в увеличение чистой прибыли составил 4,35-7,88 тысяч рублей на гектар, биопрепаратов – 0,67-1,97 тысяч рублей на гектар. В структуре общих затрат на минеральные удобрения приходилось 31-38 %, что существенно ниже, чем в технологиях возделывания яровой пшеницы интенсивного типа.

Энергетическая оценка показала, что коэффициент биоэнергетической эффективности возростал с 2,40 на контроле до 4,16 на оптимальном варианте технологии. Валовой сбор обменной энергии увеличивался с 16,34 до 42,22 ГДж/га. Установлена линейная зависимость между коэффициентом энергетической эффективности и урожайностью полбы, что позволяет прогнозировать энергетические показатели производства по планируемой продуктивности. Анализ характера взаимодействия удобрений и препаратов по алгоритму Йетса выявил синергетический эффект между минеральными удобрениями и препаратами Азотовит и Биостим Старт, в то время как с препаратом Ризоагрин наблюдался аддитивный эффект.

Сравнительная оценка окупаемости экономических и энергетических затрат показала, что окупаемость в энергетическом выражении (2,40-4,16 ГДж/ГДж) существенно превышала экономическую (1,22-1,42 руб./руб.), что объясняется диспаритетом цен на сельскохозяйственную продукцию и промышленные ресурсы. Использование энергетической оценки позволяет более объективно сравнивать технологии и избегать искажений, связанных с конъюнктурой рынка.

В десятой главе «Производственная проверка и внедрение результатов исследования» приведены результаты производственной проверки и внедрения результатов исследований в сельскохозяйственное производство. Производственная проверка в отделении «Сатышево» ООО «Саба» подтвердила результаты, полученные в полевом опыте о том, что совместное

применение минеральных удобрений и препарата Биостим Старт эффективно. Внедрение результатов исследований на площади 160 га обеспечило получение урожайности зерна полбы 2,95 т/га с техноэкономическим эффектом на сумму 422,4 тыс. руб./год.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации. Научная значимость результатов определяется вкладом в развитие агрохимии малоизученной культуры – полбы, для которой впервые в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья разработана научно обоснованная система применения минеральных удобрений и биопрепаратов. Установлены закономерности формирования продуктивности, определены нормативные показатели выноса питательных элементов и коэффициенты их использования, что расширяет теоретическую базу агрохимии зерновых культур.

Практическая значимость заключается в разработке технологических решений, обеспечивающих получение стабильных урожаев высококачественного зерна полбы на уровне 2,85 т/га при рентабельности 42 %. Рекомендации могут быть использованы сельскохозяйственными предприятиями лесостепной зоны Среднего Поволжья и сопредельных регионов, а также в учебном процессе при подготовке специалистов агрономического профиля.

Апробация работы. Результаты исследований были апробированы и получили положительную оценку на Международной научно-практической конференции, посвящённой 105-летию института «Агробιοтехнологий и землепользования» Казанского государственного аграрного университета (Казань, 2024) и VI Международной научно-практической конференции «Fundamental science innovation and technology» (Уфа, 2024), на Международной агропромышленной выставке «Агроволга, 2023», научно-практических конференциях, посвящённых памяти профессора кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ Шакирова Азата Шаеховича (Казань, 2024, 2025).

Полнота публикаций основных результатов исследований подтверждается приводимым списком опубликованных научных работ, который включает 6 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах ВАК Минобрнауки России и отражены в 2-х учебных пособиях.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о присуждении ученых степеней. Диссертация и автореферат полностью соответствуют критериям, установленным требованиями Положения о присуждении ученых степеней. Полевые опыты и лабораторные исследования проведены лично соискателем, в соответствии с требованиями общепринятых

методик и ГОСТов. Материал, изложенный в автореферате, согласуется с диссертацией по всем разделам, включенным в структуру диссертации. Весь экспериментальный материал, изложенный в диссертационной работе и в автореферате, соответствует специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Оценивая диссертационную работу Погодиной А.В. в целом положительно, следует обратить внимание автора на некоторые недостатки, которые следует учесть при проведении дальнейших научных исследований:

1. Представление материала в 10 главах нетипично для кандидатской диссертации и создаёт излишнюю фрагментацию. Целесообразно укрупнить структуру до 5-7 глав, что улучшило бы целостность восприятия и выявление причинно-следственных связей.

2. Недостаточно освещён вопрос экологической безопасности применения высоких доз удобрений. Отсутствуют данные о содержании нитратов в зерне и соломе полбы, остаточных количествах действующих веществ протравителя (тебуконазол, тиабендазол, имазалил), что критически важно для культуры, позиционируемой как компонент функционального питания и органического земледелия.

3. Таблицы 22 и 23 с погодичной детализацией содержания питательных элементов в зерне и соломе затрудняют восприятие основных закономерностей. Целесообразно представлять средние многолетние значения с указанием пределов варьирования или стандартных отклонений, а детальные погодичные данные помещать в приложения.

4. В экономических расчетах была ли учтена потребность в специальном оборудовании для обмолота и обрушения полбы, и как это повлияло на реальную экономическую целесообразность возделывания культуры?

5. С учетом того, что исследуемый сорт полбы менее устойчив к полеганию, какие меры по предотвращению полегания при высоких агрофонах можно предложить?

6. При расчёте азотного баланса не учтены поступления азота с атмосферными осадками (ориентировочно 5-8 кг/га за вегетацию) и несимбиотическая азотфиксация свободноживущими и ассоциативными микроорганизмами, что занижает реальное поступление азота в систему и завышает дефицит баланса, особенно на вариантах с применением биопрепаратов Азотовит и Ризоагрин.

7. Все исследования проведены только на одном сорте полбы – Руно. Целесообразно расширить исследования по изучению эффективности рекомендуемой технологии на другие районированные сорта полбы (Греммэ,

Янтара, Псковитянка) с различными морфобиологическими особенностями и, возможно, иными требованиями к условиям минерального питания.

Заключение. Диссертационная работа Погодиной Анны Владимировны на тему: «Агрохимикаты в технологии возделывания полбы (*Triticum dicossum*) в почвенно-климатических условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья» соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., №842, и может быть признана завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны. Учитывая актуальность, научную новизну и практическую значимость диссертации Погодина Анна Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

Официальный оппонент,
доктор сельскохозяйственных наук по специальности
06.01.01 Общее земледелие, профессор,
заведующий кафедрой пищевых технологий
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва»



Каргин
Василий Иванович
02.06.2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
г. Саранск, 430005, ул. Большевикская, д.68
Тел.: (8342) 27-27-95; E-mail: karginvi@yandex.ru

