

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Фэн Цзин «Действие регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и урожайность зернового амаранта в оптимальных условиях и при стрессе», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности.

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Актуальность исследований.** Амарант (*Amaranthus* L.) – ценная и перспективная сельскохозяйственная культура многоцелевого назначения, в последнее время набирающая популярность в РФ. Обладает большим генетическим разнообразием, фенотипической пластичностью. Является представителем группы «псевдозлаковых» растений, рекордсменом по содержанию полноценного безглютенового белка в семенах и листьях с оптимальным соотношением аминокислот, определяющих его высокую пищевую ценность, а также масла и полиненасыщенного углеводорода сквалена. Культура теплолюбивая, при этом обладает экологической пластичностью. Лимитирующими факторами для возделывания являются низкие температуры и недостаток почвенной влаги. Крайне актуальным направлением исследований является изучение влияния предпосевной обработки семян амаранта различными регуляторами роста и развития растений с целью улучшить приспособительные возможности культуры. Изучение влияния регуляторов роста и мутагенов на физиолого-биохимические показатели растений на ранних этапах онтогенеза в различных стрессовых условиях имеет фундаментальное значение. Создание и изучение мутантных линий амаранта с повышенной листовой биомассой, семенной продуктивностью закладывает основу для селекции новых сортов.

**Научная новизна.** Впервые проведена комплексная оценка действия регуляторов роста и химических мутагенов на рост, физиолого-биохимические показатели и продуктивность зернового амаранта в условиях Московской области. Показано, что аскорбиновая, янтарная и гиббереллиновая кислоты, хлорид кальция и Альбит обеспечивают адаптацию проростков амаранта к холодному и засушливому стрессам. Прослежена динамика их влияние на пигменты фотосинтеза и антиоксиданты. Доказана эффективность использования химического мутагенеза для получения мутантных форм с повышенной биомассой, урожайностью и содержанием каротиноидов.

**Краткая характеристика диссертации.**

Диссертационная работа состоит из списка сокращений, введения, обзора литературы, описания условий проведения экспериментов, материалов и методов исследований, собственно экспериментальной части (результаты и

обсуждение), заключения, рекомендаций к производству, списка цитируемой литературы и приложений. Диссертация тщательным образом структурирована, имеет внутреннюю логику, изложена на 153 страницах печатного текста. Список литературы включает 287 источников, из которых 247 - на иностранных языках. Работа содержит 8 таблиц, 39 рисунков, наглядно иллюстрирующих полученные результаты, и 2 приложения, включающих 8 таблиц.

**Во введении** диссертантом обоснован выбор темы исследований, ее актуальность и степень разработанности, изложены цель и задачи исследований, методология и методы исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности, определена доля личного участия соискателя, апробация результатов.

**Первая глава** посвящена обзору литературных источников по теме исследования и включает особенности истории происхождения и возделывания амаранта, его хозяйственное значение и применение. Приводятся современные инновационные подходы к оптимизации урожайности и скороспелости, описано воздействие абиотических факторов на рост и развитие растений. Подробно рассмотрена роль регуляторов роста в модуляции физиологических и биохимических процессов. Раскрыта тема применения химических мутагенов для изменения морфотипа и генетической структуры амаранта. Обзор литературы проведен в достаточном объеме и отражает основные сведения по исследованной проблеме.

**Вторая глава** посвящена описанию природно-климатических условий Московской области и характеристике опытного участка. Приведены общие климатические особенности региона, а также детальная характеристика метеорологической обстановки в вегетационные сезоны 2021-2024 гг., непосредственно в которых проводились полевые опыты. Четко определен объект исследования, подробно изложены схема эксперимента, полевые и лабораторные методики его проведения, что обеспечивает воспроизводимость и научную обоснованность полученных результатов.

**Третья глава** содержит результаты собственных многолетних полевых и лабораторных исследований, посвященных оценке эффективности применения различных регуляторов роста на зерновой амарант. Особое внимание уделено определению эффективных концентраций регуляторов роста в условиях низкотемпературного стресса и водного дефицита, оценке их влияния на разных этапах онтогенеза. Представлены данные влияния обработки регуляторами роста в стрессовых для растений ситуациях на содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), амарантина и аскорбиновой кислоты.

Отдельно рассмотрено влияние химических мутагенов (этилметансульфоната, диметилсульфата и диэтилсульфата) на рост, развитие, семенную продуктивность, морфологические характеристики, содержание фотосинтетических пигментов и аскорбиновой кислоты у трех поколений мутантных линий (М1-М3). Полученные данные подтверждают эффективность использования определенных концентраций регуляторов роста и химического мутагенеза для адаптации зернового амаранта к условиям умеренно континентального климата Центральной России.

**В заключении** автор подводит итоги проделанной работы и делает обобщение. Выводы основаны на экспериментальных данных, полученных лично автором диссертации. Сделан вывод, что комбинация предпосевного праймирования и мутагенеза позволяет получать формы амаранта с повышенной продуктивностью, устойчивостью к абиотическим стрессам и улучшенным биохимическим составом.

Экспериментальный материал, проанализированный автором, весьма обширен. Работа написана хорошим литературным языком, в ней выдержана логическая нить повествования. Расхождений в содержании автореферата и диссертации мною не выявлено.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Получены новые знания о физиолого-биохимических механизмах адаптации зернового амаранта вида *A. hypochondriacus* L. к абиотическим стрессам (холодовому и засухе) при применении предпосевной обработки семян регуляторами роста, что вносит вклад в понимание роли экзогенных регуляторов в формирование стрессоустойчивости культуры в условиях умеренного климата. Практическая сторона работы - разработка и обоснование применения оптимальных концентраций регуляторов роста для предпосевной обработки семян с целью повышению продуктивности и устойчивости. Результаты будут востребованы сельхозпроизводителями для совершенствования агротехнологии выращивания зернового амаранта в нетипичных условиях прохладного климата, а также селекционерами для создания высокоурожайных и стрессоустойчивых исходных форм.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Научные положения, выводы и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и опираются на достоверные экспериментальные данные, полученные автором в ходе полевых и лабораторных исследований. В работе представлен всесторонний анализ эффективности современных регуляторов роста растений и мутагенов для повышения устойчивости амаранта к абиотическим факторам. Особое внимание уделено разработке и научному обоснованию применения оптимальных концентраций регуляторов роста для предпосевной обработки семян. Все

основные положения диссертации логически вытекают из полученных результатов, а выводы и рекомендации - научно обоснованы, достоверны и имеют практическую ценность.

Основные результаты исследований доложены на четырех научно-практических конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 5 - в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science.

**Замечания и недостатки по диссертационной работе.** Диссертационная работа является законченным научным трудом, достоверность полученных результатов не вызывает сомнения. Вместе с тем, имеются некоторые замечания и недостатки, требующие пояснений, но принципиально не влияющие на общую положительную оценку:

1. В работе встречаются несогласованные предложения, неудачные выражения, стилистические и орфографические ошибки.

2. Во введении диссертации (стр.4) и автореферата (Актуальность темы исследования) встречается фраза «род примечателен...способностью выдерживать суровые климатические условия». Однако на стр.18 и 21 автор пишет «амарант относится к теплолюбивым культурам». Поясните разночтение.

3. Стр. 4 «семена амаранта отличаются низким содержанием глютена». Семена амаранта не содержат глютен, на что указывает и сам автор в дальнейшем тексте диссертации.

4. На рис.6 отсутствуют осадки за 2023 год (стр. 41).

5. Представляется целесообразным уточнить схему расположения растений в открытом грунте: расстояние между растениями? рядовой посев? расстояние между рядами? количество учетных растений на 1 кв.м?

6. Стр. 48. «Листья отбирали на четырех фазах». Уточните в какие фазы онтогенеза проводился забор листьев на анализ.

7. Стр. 63. Как объяснить существенное повышение (в 2021 г) и снижение (в 2023 г) семенной урожайности при предпосевной обработке семян водой по сравнению с контролем?

8. Ст. 65. Что имеется ввиду под термином «экономическая продуктивность»?

9. Стр.106. «Обработка семян этилметансульфонатом (ЭМС) в концентрациях 0,03, 0,06 и 0,08 мг/мл привела к снижению массы 1000 семян у мутантных растений амаранта поколения  $M_1$  на 6,12 %, 5,10 % и 5,10 % соответственно по сравнению с контролем». Стоило привести статистические показатели существенности различий. По рисунку 37 непонятно различия в рамках ошибки опыта или достоверно отличались.

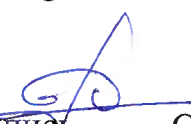
10. Стр.107. Чем можно объяснить такие различия по урожайности семян у контроля (1129,95 и 706,5)?

11. В приложениях 1 и 2 нет расшифровки сокращений, присутствуют многочисленные орфографические ошибки.

Однако, сделанные замечания и отмеченные недостатки не затрагивают принципиальные положения диссертации и не снижают научной и практической ценности проведенных исследований. Считаю, что диссертационная работа «Действие регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и урожайность зернового амаранта в оптимальных условиях и при стрессе», соответствует критериям, установленным п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней, в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН 22.01.2024 г., протокол № УС-1, а её автор - Фэн Цзин — заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.

**Официальный оппонент:** Соколова Диана Викторовна, кандидат биологических наук по специальности 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений», старший научный сотрудник Отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекций свеклы, шпината и амаранта Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)». 190031, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, Тел: +7(812)312-51-61 Факс: +7(812)570-47-70, e-mail: d.sokolova@vir.nw.ru, сайт: <https://www.vir.nw>

дата 27.04.2026

  
подпись

Соколова Диана Викторовна

Подпись старшего научного сотрудника Отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур ВИР им. Н.И. Вавилова Соколовой Дианы Викторовны заверяю:

Директор ВИР, доктор  
биологических наук,  
член-корреспондент РАН



Е.К. Хлесткина

«27» 04 2026 г.