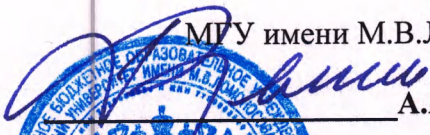


3

«Утверждаю»

Проректор – начальник Управления научной политики

МГУ имени М.В.Ломоносова

  
А.А.Федянин

«12» января 2023 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

## ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертационной работы  
Ахтямовой Зарины Асхатовны  
«Влияние ризосферных бактерий на содержание гормонов, рост и водный обмен растений  
пшеницы и ячменя в оптимальных условиях и на фоне засоления», представленной на  
соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности  
1.5.21. – физиология и биохимия растений.

### **Актуальность избранной темы.**

Многие бактерии, обитающие в ризосфере растений, способны стимулировать рост растений как в благоприятных для них условиях, так и в стрессовых. Это их свойство нашло применение в растениеводстве, где для повышения урожайности и устойчивости возделываемых растений все шире применяют бактериальные препараты. Однако использование таких препаратов не всегда приводит к ожидаемым результатам, что можно объяснить недостаточной изученностью механизмов действия на растения ризосферных бактерий. Так недостаточно сведений о влиянии бактерий на гормональную систему растений. Хотя способность продуцировать фитогормоны была зарегистрирована у многих бактерий, и это их свойство считается одним из наиболее важных, от которых зависит действие бактерий на рост растений, влияние таких бактерий на содержание гормонов в растениях изучено недостаточно. Кроме того, мало внимания уделялось роли водного обмена в стимуляции роста растений под влиянием бактерий. Между тем, активация роста растений под влиянием бактерий неизбежно приводит к увеличению размера листьев, с поверхности которых испаряется вода, и для поддержания водного баланса необходимо увеличение притока воды из корней. Хотя этот аспект действия бактерий на растения упоминается в ряде работ, механизм повышения притока воды в растения при действии бактерий, в основном объясняют активацией роста корней. Лишь в

немногих статьях рассматривалось влияние бактерий на гидравлическую проводимость корней. Хотя способность ризобактерий влиять на солеустойчивость растений, обнаружена многими исследователями, а механизмы влияния бактерий на устойчивость растений к засолению, интенсивно изучаются, один из аспектов действия бактерий оставался неизученным до начала работ З.А.Ахтямовой. Это роль апопластных барьеров в повышении солеустойчивости растений при действии бактерий. Способности апопластных барьеров ограничивать пассивное проникновение токсичных ионов натрия при засолении уделяется в последнее время много внимания, но не в связи с действием бактерий. Диссертация З.А. Ахтямовой направлена на восполнение пробелов знаний в этой области, что определяет ее актуальность.

**Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Диссертантом впервые изучено влияние ризосферных бактерий на формирование апопластных барьеров у растений пшеницы на фоне засоления и показано ускорение образования поясков Каспари и укрепление апопластных барьеров под влиянием бактерий, что наиболее заметно проявлялось при обработке растений штаммом псевдомонад. Обнаружено, что влияние *Pseudomonas mandelii* IB-Ki14 на формирование апопластных барьеров сопровождалось и очевидно было причиной пониженного накопления токсичных ионов натрия при засолении.

Диссертант впервые обратила внимание на влияние на анализ содержания абсцизовой кислоты (АБК) в корнях бактеризованных растений. До сих пор во всех статьях на эту тему приводились только данные о содержании АБК в листьях обработанных бактериями растений. Впервые проведено сравнение реакции на бактеризацию у дефицитного по АБК мутанта ячменя (Az34) и растений его родительного сорта Steptoe. Продемонстрировано повышение уровня АБК в корнях растений ячменя под влиянием *Bacillus subtilis* штамма IB22 у растений обоих генотипов ячменя, что объясняется как способностью бактерий данного штамма продуцировать этот гормон, так и влиянием бактерий на экспрессию генов, контролирующих метаболизм АБК в тканях корней растений (повышение уровня экспрессии гена, контролирующего синтез АБК, и снижение – у гена, ответственного за распад данного гормона). Впервые показано, что обработка бактериями предотвращает снижение оводненности побегов дефицитного по АБК мутанта ячменя. Анализ данных литературы и результатов собственных исследований позволил диссертанту объяснить оптимизацию водного баланса способностью бактерий влиять на уровень АБК в растениях. Результаты, полученные

диссертантом при изучении дефицитных по АБК растений ячменя, отличались от данных, полученных в экспериментах с растениями томатов (Porcel et al., 2014). В отличие от дефицитных по АБК растений томатов, у которых инокуляция бактерий *Bacillus megaterium* не стимулировала рост (в отличие от растений исходного генотипа), активация роста была зарегистрирована диссертантом при инокуляции *Bacillus subtilis* IB22 в ризосферу как дефицитного по АБК мутанта ячменя, так и растений его родительского генотипа.

**Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов.**

В диссертационной работе Ахтямовой выявлено влияние ризосферных бактерий на содержание гормонов стимулирующего типа действия (ауксинов и цитокининов) в побегах и корнях растений пшеницы и ячменя. Эти изменения сопровождались и очевидно способствовали активации роста растений, что подтверждает значение фитогормонов в рост стимулирующем действии бактерий и указывают на важность их анализа для прогноза эффективности бактериальных препаратов.

Как для расширения знаний о механизмах действия бактерий на солеустойчивость растений, так и для применения этих знаний для отбора штаммов бактерий и прогноза их эффективности, имеют значение полученные З.А.Ахтямовой сведения о способности ризосферных бактерий влиять на формирование апопластных барьеров. Выявленная связь формирования апопластных барьеров с уменьшением уровня накопления токсичных ионов натрия при засолении может быть использована для отбора штаммов с помощью простого метода окрашивания препаратом берберина приготовленных вручную срезов корней обработанных бактериями растений.

Значимы также результаты определения гидравлической проводимости корней, обработанных бактериями растений. Диссертантом показано, что у обработанных бактериями растений способность корней обеспечивать побег водой не снижалась, несмотря на усиленное бактериями формирование апопластных барьеров. Опираясь на данные литературы, это свойство бактерий З.А.Ахтямова объясняет влиянием повышенного под действием бактерий уровня АБК в корнях на активность водных каналов аквапоринов. Эти результаты свидетельствуют о важности анализа показателей водного обмена при отборе штаммов бактерий и прогноза их эффективности.

## Обоснованность положений, выводов и заключения диссертации.

Положения, выводы и заключение диссертации З.А.Ахтямовой были сделаны на основе применения разнообразных методов анализа показателей водного обмена, гистохимии, иммуноанализа гормонов, метода RT PCR, результаты которых обрабатывались статистически, а также воспроизводимостью результатов повторения экспериментов.

### Замечания:

1. Уровень суберинизации корня постепенно увеличивается по мере его взросления. Более дистальные области корней характеризуются большей суберинизацией. Поэтому важно исследовать срезы корней контрольных и экспериментальных растений на одинаковом расстоянии от кончика корня. В работе указывается, что «Для визуализации лигнина и суберина...вырезали поперечные срезы из сегментов базальной части корней». Хотелось бы увидеть более точное описание положения срезов. Кроме того, автор не указал количества исследованных корней (рис. 7, 8, 11).

2. На стр. 75 диссертации написано: «при обработке бактериями .... клеточные стенки эндодермы становились более толстыми». Это утверждение надо либо убрать, либо подтвердить экспериментально. В представленной работе не приводятся данные измерений толщины клеточных стенок эндодермы.

3. У растений ячменя, обработанных бактериями штамма *B. subtilis* IB-22 масса корней была больше, а длина самого длинного корня меньше чем в контроле. Возможно, увеличивалось количество корней? Производился ли подсчет количества корней?

Приведенные замечания не снижают высокой оценки данной работы. Она была тщательно продумана и выполнена на высоком методическом уровне с применением разнообразных методов, в результате чего были выявленные новые важные аспекты влияния бактерий и их значения для стимуляции роста растений.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации, а полученные диссертантом результаты приведены в двух статьях, опубликованных в журналах базы WoS (первого и второго квартиля) и журнале из списка ВАК. Результаты, полученные в данной диссертации, могут быть использованы при проведении исследований, связанных с изучением и применением бактерий, стимулирующих рост растений, в **следующих коллективах**: Всероссийский НИИ сельскохозяйственной

31

микробиологии, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН (г. Саратов), Казанский институт биохимии и биофизики и многих других.

Таким образом, диссертация З.А.Ахтямовой является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи выявления влияния гормонпродуцирующих ризосферных бактерий на гормональный баланс растений пшеницы и ячменя и значения этого эффекта в регуляции роста и развития растений, их водного обмена и солеустойчивости, имеющей важное значение для развития физиологии и биохимии растений. По актуальности, новизне, научно-практической значимости диссертационная работа З.А. Ахтямовой полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г №842 (с изменениями в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 №335, от 02.08.2019 г. №748), предъявляемых к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21. – физиология и биохимия растений.

Отзыв о научно-практической значимости диссертации З.А.Ахтямовой «Влияние ризосферных бактерий на содержание гормонов, рост и водный обмен растений пшеницы и ячменя в оптимальных условиях и на фоне засоления» обсужден и одобрен на заседании кафедры физиологии растений биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, протокол заседания № 11 от 19 декабря 2022 года.

Старший научный сотрудник кафедры физиологии растений биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,  
Кандидат биологических наук,

Т.Н. Бибикова

Зав. кафедрой физиологии растений биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова,  
Доктор биологических наук, профессор

А.М. Носов