

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Санкт-Петербургский  
государственный университет



С.В. Микушев

29 сентября 2023 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертацию МУРГАН Ольги Константиновны «Сравнительное исследование физиологических механизмов защитного действия 24-эпибрассинолида и 24-эпикастастерона у растений картофеля при солевом стрессе», представленную на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21. «Физиология и биохимия растений».

**Актуальность работы.** Для эффективного выращивания большинства культурных растений важна не только их потенциальная продуктивность, но также способность противостоять различным стрессовым ситуациям и адаптироваться к ним. Засоление почв, как природное, так и вторичное в условиях орошаемого земледелия, проявляется в накоплении легкорастворимых солей, которые в малых концентрациях приводят к ухудшению плодородия почвы, а в больших – к опустыниванию. Повреждения, вызываемые засолением, сходны с теми, что наблюдаются при засухе. Засоление вызывает прежде всего нарушение водного и минерального обмена растения. Повреждающий эффект избыточной концентрации солей объясняется как осмотическими эффектами, так и специфическим влиянием отдельных ионов. Одним из способов защиты растений от избыточной концентрации солей может быть обработка стероидными гормонами растений – брассиностероидами (БС). Одной из особенностей БС, отличающей их от других фитогормонов, является способность стимулировать ростовые процессы в очень низких концентрациях. В низких концентрациях БС оказывают влияние не только на процессы роста и развития растений, но также повышают их устойчивость к различным стрессовым воздействиям. Поэтому брассиностероиды рассматриваются как наиболее перспективная группа фитогормонов для растениеводства, поскольку их можно применять в ничтожных количествах как для регулирования процессов роста и развития, так и для защиты



растений. Учитывая вышесказанное, актуальность работы О.К. Мурган не вызывает сомнений.

**Научная новизна работы.** О.К. Мурган впервые определила эндогенное содержание brassinosterоидов в «микрклонах» растений картофеля и продемонстрировала, что суммарное количество лактон- и кетон-содержащих brassinosterоидов в «микрклонах», полученных из почек, практически не различается. В работе впервые показано, что обработка 24-эпибрассинолидом и 24-эпикастастероном в нано-молярных концентрациях вызывает пролонгирующие ростовые эффекты у растений картофеля. Впервые охарактеризованы ростовые реакции растений картофеля в зависимости от химической структуры, концентрации и продолжительности действия БС. Выявлена более высокая биологическая активность лактонсодержащего brassinosterоида 24-эпибрассинолида по сравнению с 24-эпикастастероном. О.К. Мурган изучено также влияние засоления на ряд физиолого-биохимических параметров растений. Установлено, что обработка растений картофеля NaCl в концентрациях 75-200 мМ приводила к снижению осмотического потенциала клеток листа, накоплению пролина и соединений, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой. В результате сильного солевого стресса происходило торможение ростовых процессов, снижалось содержание фотосинтетических пигментов и изменялись некоторые фотохимические параметры, характеризующие функционирование фотосистемы II. О.К. Мурган впервые показано, что brassinosterоиды в нано-молярных концентрациях повышают устойчивость растений картофеля к хлоридному засолению, по-видимому, за счет активации синтеза пролина и ряда антиоксидантных ферментов.

**Научная и практическая значимость работы.** Полученные в работе результаты могут стать фундаментальной основой для разработки новых технологий использования brassinosterоидов разной химической структуры с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур на засоленных территориях. Совокупность полученных данных и сделанных на их основе теоретических обобщений могут использоваться в лекционных и практических курсах «Физиология растений», «Гормональная регуляция и сигнальные системы высших растений», «Физиологические основы устойчивости растений к факторам среды» и «Экологическая физиология растений» для бакалавров и магистрантов ВУЗов страны.

**Структура и содержание диссертационной работы.** Диссертационная работа О.К. Мурган изложена на 157 страницах машинописного текста, иллюстрирована 50 рисунками и 37 таблицами. Диссертация построена по традиционному плану и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части и обсуждения результатов, заключения, выводов и списка цитируемой литературы, включающего 101 источник, в основном англоязычных.

Во Введении обосновывается актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, приведены положения, выносимые на защиту, показана их научная новизна и практическая значимость.



Первая глава содержит обзор литературы, в котором изложены представления об экологических аспектах возникновения засоленных территорий и классификация растений по солеустойчивости. Достаточно подробно автором обсуждаются физиологические реакции растений на солевой стресс. Излагаются механизмы повреждающего действия засоления, в основе которых лежит осмотический эффект солей и их токсическое действие. Негативными эффектами солевого стресса также являются окислительный стресс и нарушение ионного гомеостаза. Проанализирована научная литература о метаболизме brassinosterоидов и механизмах адаптации растений к засолению.

Во второй главе представлена характеристика объектов и методы исследования. В этой главе автор подробно излагает используемые в работе методы анализа. При выполнении диссертационной работы соискатель применял широкий набор современных методов анализа, включающих физиологические, биохимические и молекулярные методы. Следует обратить внимание на то, что автор довольно активно использует схематическое изображение постановок экспериментов, что облегчает восприятие представленных данных.

В третьей главе представлены экспериментальные результаты и их интерпретация. Исследования выполнялись по трем направлениям:

- (1) Изучение действия brassinosterоидов на ряд физиолого-биохимических параметров растений картофеля в культуре *in vitro* и *in vivo*;
- (2) Оценка ответных реакций растений картофеля на хлоридное засоление;
- (3) Анализ влияния длительного и кратковременного экзогенного воздействия brassinosterоидами на устойчивость растений картофеля к хлоридному засолению.

В заключении автором представлено обобщение данных, показывающее новизну проведенных исследований. Выводы диссертации аргументированы и обоснованы.

**Достоверность выводов и полученных результатов.** Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне. Экспериментальные данные, полученные О.К. Мурган подтверждены корректной статистической обработкой и адекватно интерпретированы.

**Замечания и вопросы по диссертационной работе.** В целом диссертационная работа производит благоприятное впечатление. В то же время имеются вопросы и некоторые замечания:

1. Как изменяется эндогенное содержание brassinosterоидов в ответ на хлоридное засоление?
2. В работе показано, что brassinosterоиды стимулируют аккумуляцию пролина (как осмопротектора). Возникает вопрос - только пролин обеспечивает поддержание осмотического статуса клетки при солевом стрессе. Может ли при этом происходить накопление других осмолитов?

3. Как анализировался «уровень транскриптов стресс-протекторных генов растений картофеля»? В диссертации это описано слишком кратко. В частности, при описании Полимеразной цепной реакции в реальном времени не указана программа амплификации (температурный и временной режим).
4. Почему гену *PDH* соответствуют 2 ID (Таблица 3).
5. Почему для анализа выбраны гены *APX1* и *APX3*? Обычно этот фермент кодируется семействами генов. У арабидопсиса и риса — их 8, а у томата — 7. Поэтому возникает вопрос, почему выбраны именно эти два?
6. В представленных Табл. 21 и 22 не указаны единицы измерения интенсивности экспрессии, а также неясен уровень экспрессии, принятый за 100%.
7. Каков может быть возможный механизм защитного действия brassinosteroidов при солевом стрессе?

Выводы следовало бы написать четче и конкретнее. Слабо описана теоретическая значимость работы. В частности, можно было указать, что *впервые выявлена протекторная роль brassinosteroidов при адаптации растений к засолению*. В тексте диссертации и автореферата встречаются неудачные выражения и лабораторный сленг:

1. Динамика изменений *уровней транскриптов генов метаболизма* пролина, флавоноидов и антиоксидантных ферментов (Таблица 21).
2. Динамика изменений *интенсивности экспрессии  $Na^+/H^+$  транспортеров* и накопление осмопротектора пролина при хлоридном засолении (Таблица 22).
3. *Уровень экспрессии генов синтеза аскорбатзависимой пероксидазы не изменялся*». Возможно, речь идет о гене, кодирующим этот фермент? (С. 117).
4. Влияние brassinosteroidов при *отложенном действии хлорида натрия* (с. 142)
5. Кетонсодержащий brassinosteroid, в свою очередь, *снижал ростовые характеристики* растений (с.122).

Однако высказанные замечания не снижают научно-практической значимости и общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Автореферат и опубликованные диссертантом работы отражают основные результаты исследования. По материалам диссертации автором опубликовано 7 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*.

Рукопись автореферата соответствует содержанию диссертации, результатам и положениям, выносимым на защиту.



