

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора биологических наук Шишовой Марии Федоровны**

на диссертационную работу **Муртузовой Александры Владимировны**  
«Роль киназных комплексов TOR и SnRK1 *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в  
устойчивости к дефициту калия и солевому стрессу»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук  
по специальности 1.5.21 – Физиология и биохимия растений

Растительные организмы постоянно координируют рост и развитие, адаптируясь к действию самого широкого спектра внешних и внутренних факторов, которые достаточно легко трансформируются в стрессовые. В настоящее время идентифицировано достаточно большое число сигнальных систем, которые имеют как широкое распространение у различных организмов, так и специфичных для растений. К числу таких универсальных протеинкиназных систем можно отнести TOR (Target Of Rapamycin) и SnRK1 (Sucrose non-fermenting 1-Related protein Kinase 1). Согласно современным представлениям TOR-киназа преимущественно участвует в регуляции процессов роста и развития в нормальных условиях, а SnRK1 – при действии стрессовых факторов. Понимание механизмов взаимовлияния этих двух важнейших систем может иметь как теоретическое, так и практическое значение. Последнее может быть востребовано при разработке новых сортов с высокой стрессоустойчивостью, однако обладающих высокой интенсивностью роста.

Следует отметить, что большинство исследований в этом направлении сфокусировано на изучении отдельных компонентов этих систем при действии того или иного стрессового фактора. С этой точки зрения рассматриваемая диссертационная работа представляет собой яркое исключение. Диссертант поставил амбициозную цель – охарактеризовать активность киназ TOR и SnRK1 в ходе развития модельного растения арабидопсиса, а также при действии таких факторов как дефицит калия и засоление. Автора интересовали такие проявления, как автофагия и активности фотосинтетического аппарата.

Суммируя все вышеизложенное можно утверждать, что представленное

исследование Муртузовой А.В. обладает необходимыми новизной и актуальностью.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации и построена по традиционному плану. Она состоит из введения, обзора литературы, материалы и методы, результаты, обсуждения, выводов, списка литературы. Диссертация изложена на 145 страницах, иллюстрирована 27 рисунками, содержит 4 таблицы. Список литературы включает 292 источника.

Во введении автор обосновывает актуальность проведения данного исследования, определяет его цель и задачи.

В обзоре литературы систематизированы сведения о строении и функциональном значении киназных комплексов TOR и SnRK1. Анализируя преимущественно литературные источники последних 10 лет, диссертант уделил особое внимание современным представлениям о вовлечении этих систем в регуляцию метаболических процессов, а также в развитии автофагии – уникального процесса, как в норме, так и при стрессе. Заключительная часть обзора посвящена роли ионов калия в метаболизме и стрессоустойчивости растений. Представленный диссертантом анализ позволяет в полной мере оценить значение проведенного исследования.

Раздел Материалы и методы обширен и предоставляет полную информацию как о многочисленных объектах исследования (растения дикого типа и трансгенные линии), так и очень разнообразном спектре использованных методов. К числу последних относятся как хорошо апробированные методы, так и методы, специально модифицированные для реализации настоящего диссертационного проекта. Первая задача, поставленная в работе, подразумевает отработку метода подтверждения активности киназы TOR по уровню фосфорилирования одного из субстратов TOR, белка S6K, с помощью иммуноблоттинга. В связи с этим диссертант уделил особое внимание выявлению зависимости интенсивности регистрируемого сигнала от концентрации белка и поиску линейного диапазона изменения концентраций.

Все проведенные эксперименты имели достаточное число биологических и аналитических повторностей. Достоверность обсуждаемых результатов подтверждена статистически.

Следующий раздел диссертационной работы посвящен рассмотрению полученных данных. Первая часть включает в себя анализ действия недостатка калия на развитие проростков арабидопсиса, его энергетический обмен, регуляцию активности киназных комплексов TOR и SnRK1, а также процессов автофагии. Вторая часть раздела направлена на доказательство роли SnRK1 в модуляции активности фотосинтетического аппарата, формирования электрохимического градиента и синтеза АТФ. Раздел хорошо проиллюстрирован. Следует отметить, что некоторые представленные материалы могли бы украсить демонстрационные учебные пособия.

Далее следует достаточно краткое обсуждение. Указывая на то, что полученные результаты во многом задают перспективы будущих исследований, Муртузова А.В. предложила схему выявленных в ходе выполнения диссертационной работы зависимостей. На схеме учтены два основных направления: особенности регуляции киназы TOR уровнем клеточного калия, а также роль киназы SnRK1 в регуляции энергетической активности фотосинтетического аппарата.

Завершают работу выводы, которые полностью основаны на представленных результатах. Однако отметим несколько нетрадиционную форму представления выводов работы.

Рассматриваемая работа изложена хорошим языком, что облегчает восприятие представленного материала, однако текст не лишен некоторых неудачных выражений. Например, не всегда понятна разница между стрессом и стрессовым фактором; не совсем корректно предложение «Ауксин активирует TOR ... путем прямого фосфорилирования TOR» (стр. 18). Также следует отметить, что список литературы составлен не по ГОСТу.

Положительно оценивая рассматриваемую диссертационную работу, хотелось бы задать автору несколько **вопросов:**

1. С чем связаны различия времени стерилизации семян арабидопсиса разных генотипов?
2. Чем обусловлен выбор генов интереса, кодирующих ферменты, на которых проверяли действие дефицита калия?
3. Почему содержание АТФ в одних вариантах измеряли в корнях, а в других – во всем проростке?
4. Что подразумевает автор под термином «автофагический поток» и всегда ли можно его интенсивность определять по числу автофагосом?

Следует отметить, что заданные вопросы носят уточняющий и дискуссионный характер и не умоляют значение результатов, полученных автором.

Работа Муртузовой А.В. была апробирована на нескольких всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации и включенных в международные базы цитирования.

Автореферат полностью отражает основные положения, представленные в диссертации.

Диссертация Муртузовой Александры Владимировны «Роль киназных комплексов TOR и SnRK1 *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. в устойчивости к дефициту калия и солевому стрессу», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, является целостной, завершенной, научной квалификационной работой, в которой содержатся новые и научно-обоснованные результаты, имеет важное теоретическое и практическое значение. Диссертационная работа и автореферат соответствуют требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 18.03.2023 г.), а её автор, Муртузова Александра Владимировна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – физиология и биохимия

растений.

### Официальный оппонент

Шишова Мария Федоровна

Профессор кафедры  
физиологии и биохимии растений  
Санкт-Петербургского  
Государственного Университета,  
доктор биологических наук  
специальность 1.5.21.  
физиология и биохимия растений

Шишова М.Ф.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»,  
биологический факультет

199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9,  
биологический факультет, кафедра физиологии и биохимии растений СПбГУ

Тел.: 8(812)328-96-95

m.shishova@sbpu.ru; mshishova@mail.ru  
http://sbpu.ru/

«27» декабря 2023 г.

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ

*М.Ф. Шишова*  
ЗАВЕРЯЮ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ СПбГУ

Н.К. КОРЕЛЬСКАЯ

24.12.23.

