

В диссертационный совет
24.2.340.06, созданный на базе
Нижегородского
государственного университета
им. Н.И. Лобачевского

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
к.х.н., А.Я. Полле



2023 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации на диссертационную работу
Гринберг Марины Антоновны
«Влияние хронического облучения на электрические сигналы растений и их роль в формировании устойчивости к стресс-факторам»
представленную к защите на соискание учёной степени кандидата
биологических наук по специальности
1.5.2 - биофизика

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Марины Антоновны Гринберг посвящена изучению влияния хронического воздействия β -излучения в малых дозах на электрические сигналы растений и их роль в формировании устойчивости к стресс-факторам. Кроме того, в работе исследованы морфофункциональные изменения в растениях, подвергшихся такому облучению.

Диссертация затрагивает значимую, актуальную и малоизученную тему влияния низкоинтенсивного ионизирующего излучения на электрические дистанционные сигналы в растениях и на механизмы адаптации к абиотическому стрессу. Работа несёт в себе ценный вклад в знания в данной области. Автором выполнен оригинальный комплекс экспериментальных исследований, в которых использованы современные методы биофизики, физиологии и биохимии растений. Показано, что хроническое низкоинтенсивное воздействие β -излучения может модифицировать параметры дистанционных электрических сигналов, возникающих при действии локального перегрева тканей, а также вызываемые ими

функциональные ответы, связанные с фотосинтезом, транспирацией и устойчивостью к общему тепловому стрессу. Автором выявлены основные механизмы, лежащие в основе эффектов облучения на электрические сигналы и вызываемые ими ответы, такие как изменение активности протонной АТФазы, сдвиги рН и концентрации ионов кальция. Обсуждена связь данных механизмов с обнаруженными в других исследованиях радиационно-индукционными гормональными изменениями и изменениями в транскриптоме растений.

Достоверность представленных в работе данных не вызывает сомнений, так как для каждого эксперимента были использованы достаточные размеры выборок и применён адекватный статистический аппарат. Кроме того, основные эффекты обнаружены на двух видах растений.

Основные результаты работы прошли апробацию в виде обсуждения на четырёх международных и пяти всероссийских конференциях с заявленной тематикой, соответствующей диссертационному исследованию. Кроме того, по результатам, представленным в работе, написано 13 публикаций, в том числе четыре статьи в журналах, индексируемых в WoS CC и Scopus. Почти во всех публикациях Марина Антоновна является первым автором, что подтверждает личный вклад автора в представленную диссертационную работу.

Структура рукописи

Диссертационная работа представлена рукописью, содержащей:

1. «Введение», отражающее актуальность исследования, чётко сформулированные цели и задачи, научную новизну, научно-практическую значимость, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, достоверность научных результатов, апробацию работы, число публикаций по результатам исследования, описание структуры и объёма рукописи и благодарности.
2. Главу 1 «Обзор литературы», описывающий известные к моменту написания работы представления о влиянии ИИ в малых дозах на основные морфофизиологические параметры растений, и дистанционные электрические сигналы, генерируемые в их тканях.
3. Главу 2 «Материалы и методы», описывающую экспериментальный дизайн, процедуры и статистическую обработку данных с детализацией, достаточной для воспроизведения экспериментов.
4. Главу 3, описывающую и обсуждающую полученные в работе данные о влияние низкоинтенсивного β -излучения на морфофункциональное состояние растений в покое.
5. Главу 4, описывающую и обсуждающую полученные в работе данные о влияние низкоинтенсивного β -излучения на вариабельный

потенциал, генерируемый в ответ на локальный перегрев тканей, и вызываемые им функциональные ответы

6. Главу 5, описывающую и обсуждающую полученные в работе данные о влиянии облучения на вызываемую вариабельным потенциалом устойчивость к тепловому стрессу.

Работа так же содержит оглавление, список сокращений, заключение, выводы и список литературы.

Вопросы и замечания

1. Начиная с введения, формулировки целей и задач и до самого конца в работе не уделяется внимания тому факту, что облучение производилось β -излучателем. Несмотря на исчерпывающее описание процесса облучения в Главе 2 «Материалы и методы», во введении рукописи и в обсуждении результатов, применяется сокращение «ИИ». Между тем, очевидно, что при одной и той же дозе облучения, эффекты, индуцированные излучением разных типов (γ , β или α) могут принципиально отличаться ввиду различной проникающей способности и плотности передачи энергии веществу. В формулировке целей и задач, а также в некоторых местах по тексту следовало уточнять природу излучения, а при сравнении эффектов ИИ в малых дозах, обнаруженных в представленной работе, с эффектами, обнаруженными в других исследованиях, уточнять природу излучения, использованного в последних. То же касается режима облучения (острое и хроническое) при обсуждении результатов представленной работы в контексте с другими исследованиями следовало указывать режим облучения в последних.
2. В работе использовалось облучение растений при одной мощности дозы (31,3 мкГр/час). Накопленная доза была одна для пшеницы (11 мГр) и одна для табака (32 мГр), соответственно продолжительности облучения каждого из объектов. При этом повсеместно по тексту диссертации в промежуточных и итоговых выводах и в общем заключении используется формулировки «ИИ в малых дозах» и «ИИ с низкой мощностью дозы», обобщающие эффекты на некий диапазон. Очевидно, что автор использует данные формулировки в контексте с результатами других исследований, и никакой фактической ошибки здесь нет, однако констатируя результаты представленной работы, следовало уточнять мощность дозы.
3. Не совсем корректно употреблены некоторые термины. Термин «Уровень ассимиляции CO_2 », судя по используемым методикам и оборудованию, принято обозначать как «скорость нетто-фотосинтеза» или «скорость видимого CO_2 -газообмена». При обозначении

морфометрических параметров используется термин «масса», а не «вес» (рис. 5, с. 14, 45, 37, 46). Вес – это векторная величина, сила, с которой тело действует на опору или подвес (единица измерения – ньютон).

4. Немного смущают несколько пониженные величины реального квантового выхода (Φ_{PSII}), у табака при использовании данного уровня актиничного света - $239 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ (рис. 3 Б). С чем это может быть связано? В каких световых условиях выращивались растения? В диссертации и автореферате не приведена эта информация. Возможно, при выращивании использовалась более низкая освещенность, а уровень актиничного света был выше этих значений? На это указывает и немного заниженная величина Fv/Fm , которая в оптимальных для роста условиях равна 0.8
5. В главе 3 речь идет о влиянии ИИ на такие физиологические процессы как активность фотосинтеза и транспирации. Оба процесса взаимосвязаны, а движения устьиц и транспирационная активность определяется комплексом факторов. Автор показывает одновременное увеличение скорости фотосинтеза и транспирации. А усиление транспирации объясняет только с точки зрения изменения баланса фитогормонов. Возможно ли, что снижение концентрации CO_2 в межклетниках вследствие повышения скорости поглощения CO_2 при действии ИИ стало причиной открытия устьиц и увеличения активности транспирации?
6. При изучении влияния ИИ на параметры вызванных ВП функциональных ответов показано (глава 4), что в условиях облучения активность $\text{H}^+-\text{ATФ-азы}$ повышена: в присутствии ингибитора АТФ-азы при действии ИИ происходило усиление сдвигов рН в кислую сторону. Вместе с тем, ИИ снижало устьичную проводимость, вызываемую прохождением ВП. Как можно связать оба события, учитывая, что активация $\text{H}^+-\text{ATФ-азы}$ на плазмалемме приводит, как правило, к открытию устьиц? Возможно, изменение направленности этих процессов связано со сдвигом соотношения метаболитов (фосфоенолпирувата и малата), преобразующих их ферментов, содержания ионов калия и кальция, что, безусловно, может стать целью будущих исследований.
7. В рукописи встречаются технические недочёты. Например, при указании на использование программы ImageJ следует добавлять рекомендованную разработчиками ссылку на публикацию, описывающую возможности программы, так как это некоммерческий проект. В разделе «Структура и объём диссертации» говорится, что «список литературы включает 216 источников, в том числе 213 работ иностранных авторов», тогда как множество англоязычных ссылок

относятся к опубликованным в международных журналах работам российских исследователей.

Заключение

Несмотря на некоторые неточности в формулировках, указанные в замечаниях, все выводы, сделанные по результатам исследования, а также выносимые на защиту положения, полностью обоснованы. Диссертация отличается высоким научным уровнем, актуальностью и новизной полученных результатов, а также практической значимостью. Результаты работы зарождают ряд новых вопросов, однако от этого диссертация не перестаёт быть цельным и логически завершённым научным трудом.

На основании вышесказанного можно заключить, что диссертация Марины Антоновны Гринберг соответствует требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям по действующему «Положению о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – биофизика.

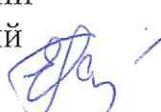
Отзыв на диссертационную работу заслушан и утверждён на заседании Отдела радиоэкологии Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (протокол №8 от 30 октября 2023 г.).

Отзыв составили:

К.б.н., с.н.с. отдела радиоэкологии
ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

 Велегжанинов Илья Олегович

Д.б.н., в.н.с. лаборатории
экологической физиологии растений
ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН



Гармаш Елена Владимировна

Зав. отделом радиоэкологии
ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
к.б.н.



Ракоша Оксана Вениаминовна

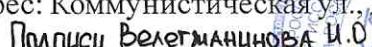
Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

Сайт: <http://www.komisc.ru>

E-mail: info@frc.komisc.ru

Тел.: (8212) 24-10-26, факс: (8212) 24-22-64

Почтовый адрес: Коммунистическая ул., д. 24, Сыктывкар, ГСП-2, Республика Коми, 167982

 Подпись Велегжанинова И.О.

 Гармаш Е.В.

 Ракоша О.В. ЗАВЕРЯЮ.

Начальник общего отдела
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
30.10.2023

