

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ
ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ
им. К.А. Тимирязева
Российской академии наук

127276, г. Москва, ул. Ботаническая, д.35
Тел.: (499) 678-54-00 Факс: (499) 678-54-20
E-mail: office@ifr.moscow; ifr@ippras.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФР РАН

Лось Д.А.

2026 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук» (ИФР РАН) на диссертационную работу ПЕЧЁРИНОЙ Анны Александровны «Индукцированные засолением дистанционные сигналы и их роль в изменении активности фотосинтеза у картофеля», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – Биофизика (биологические науки).

Актуальность работы. Сельское хозяйство сталкивается с различными проблемами, одной из которых является засоление. В результате изменения климата и неправильного землепользования площади засоленных земель быстро увеличивается, а уменьшение площади плодородных земель вынуждает осваивать ранее непригодные земли, в том числе солончатые. Большинство культурных растений являются солечувствительными, поэтому проблема засоления является особенно острой.

Влияние засоления на физиологические процессы, рост, развитие и продуктивность растений активно изучается и результаты исследований описаны в многочисленных статьях. Большое внимание уделяется изучению фотосинтеза в условиях засоления, поскольку этот процесс во многом определяет урожайность. Несмотря на многочисленные исследования механизмы влияния засоления на работу фотосинтетического аппарата во многом остаются неизвестными. Подавляющее большинство выполненных на сегодня исследований сфокусированы на долговременных последствиях

засоления, остаются упущенными возможные ранние изменения активности фотосинтеза. Такие изменения могут быть вызваны, в том числе, быстрыми дистанционными сигналами, распространяющимися из корня в побег. Возможность индукции засолением подобных сигналов, в частности гидравлического сигнала, была показано ранее. Однако влияние распространяющихся из корня в побег сигналов на активность фотосинтеза остается практически не исследованным.

Получение новых знаний об индукции засолением распространяющихся сигналов и влиянии их на активность фотосинтеза, особенно в работах с использованием растений, относящихся к важным для сельского хозяйства культурам, таким как картофель, будет не только способствовать расширению теоретических представлений о формировании устойчивости растений к неблагоприятным условиям, но и разработке новых практических решений для повышения солеустойчивости культурных растений. В совокупности это обуславливает высокую актуальность диссертационного исследования ПЕЧЁРИНОЙ А.А.

Научная новизна. Диссертантом было обнаружено, что вызванные действием соли изменения фотосинтетической активности имеют многофазный характер. На сопоставления динамики изменения активности фотосинтеза, транспирации и накопления натрия установлено, что вторая и третья фазы ответа фотосинтеза являются следствием осмотического и ионного стресса соответственно. В работе было впервые показано, что наиболее ранняя фаза ответа фотосинтеза индуцирована распространяющимися сигналами из корня в побег дистанционным сигналом. Получение новых знаний об индукции и передаче сигналов при засолении стало возможным благодаря использованию растений картофеля с генетически-кодируемыми сенсорами для изучения пространственно-временной динамики внутриклеточной концентрации ионов кальция и активных форм кислорода, создание которых явилось частью диссертационной работы ПЕЧЁРИНОЙ А.А.

Структура и содержание диссертации. Диссертационная работа ПЕЧЁРИНОЙ Анны Александровны построена по традиционному плану, состоит из введения, обзора литературы, раздела «Материалы и методы», описания результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов и списка литературы. Работа изложена на 156 страницах, содержит 34 рисунка и 479 источников литературы, 473 из которых – на английском языке.

Во введении диссертант обосновывает актуальность исследования, определяет его цель и задачи, формулирует научную новизну и приводит положения, выносимые на защиту.

В обзоре литературы диссертант дает подробную характеристику влияния засоления на морфологические и анатомические характеристики, физиологические процессы с акцентированием эффектов на фотосинтез и работу сигнальных систем. В данном разделе также проанализированы временные характеристики изменения активности фотосинтеза и работы устьичного аппарата при засолении. Анализ источников дает представление о современном уровне знаний в области исследования и выявляет нерешенные вопросы.

В главе «Материалы и методы» описаны использованные в работе объекты исследования, материалы и оборудование. Приведена характеристика исследуемых объектов – растений картофеля (*Solanum tuberosum*) сорта Невский – и условия их выращивания. Дано описание широкого спектра использованных в работе классических и новых методов, в частности, агробактериальной трансформации картофеля для создания растений с флуоресцентными генетически кодируемыми сенсорами, флуоресцентного имиджинга сигнальных молекул, регистрации динамики флуоресценции хлорофилла в импульсно модулированном режиме, тепловизионного имиджинга для регистрации транспирации и др.

В главе «Результаты и методы» диссертант приводит результаты апробации созданных трансгенных растений с флуоресцентными сенсорами и примеры реакции этих сенсоров на различные воздействия. Далее приводится

характеризация вызванного солью фотосинтетического ответа, развивающегося в несколько фаз. Исследована динамика накопления ионов Na^+ в растении и динамика изменения транспирации, с последующим сопоставлением их с динамикой ответа фотосинтеза. Дополнительно было проведено исследование роли осмотической и ионной компонент солевого стресса в изменении активности фотосинтеза. Установлена передача гидравлического и кальциевого сигнала в побег при действии соли на корень растений. С использованием ингибиторного анализа доказывалась роль распространяющегося Ca^{2+} -сигнала в ранних изменениях активности фотосинтеза.

В Заключении ПЕЧЁРИНА А.А. подводит итог проведенному исследованию, в котором суммирует полученные в работе результаты и данные литературы и приводит схему формирования многофазных изменений активности в ответ на засоление. Схема отражает потенциальный вклад определенных компонент солевого стресса на активность процессов фотосинтеза.

Все полученные результаты обсуждены и подкреплены сопоставлением с имеющимися в литературе данными, полученными ранее. Выводы базируются на полученных в работе результатах. Автореферат и опубликованные диссертантом работы отражают основные результаты. Автором опубликовано 19 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, индексируемых Scopus/Web of Science (первый квартиль), входящих в список ВАК, в которых соискатель является первым автором.

Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. В работе использовано резкое увеличение концентрации NaCl в среде для моделирования засоления. Такое воздействие не полностью соответствует засолению в естественных условиях произрастания. Каковы возможные различия в эффектах в случаях постоянного произрастания на засоленных почвах и резкого увеличения концентрации NaCl в среде? На основании чего выбраны использованные концентрации NaCl ?

2. Как вызванное дистанционным сигналом переходное снижение активности фотосинтеза может способствовать снижению неблагоприятных эффектов засоления?

3. В работе обнаружено индуцированное солью повышение уровня АФК в корне, но не обнаружено распространение волны АФК в побег. Как эти результаты соотносятся с результатами других исследований?

4. О вызванных действием соли изменениях транспирации судили по изменению температуры листа. Непосредственная регистрация транспирации с помощью газоанализатора является более корректным подходом.

5. В тексте встречаются опечатки, несогласованные обороты, частый повтор слов. Например: во Введении (стр. 6) слово «засоление» встречается восемь раз, на стр. 7 («клетки»), на стр. 12 («снижение»), стр. 13 («каратиноидов»), стр. 15 («сказывать» вместо «сказываться»), 16 («которые» вместо «которых»), стр. 17 («снижается уровень» вместо «снижает уровень», «повышается активность генов, участвующих во вторичном метаболизме и связанных с синтезом клеточной стенки и фенилпропаноидного пути»), стр. 23 («уровня»), стр. 25 («что ощущается механочувствительными катионными каналами, например, белками..., белки, двухпоровые каналы тонопласта и индуцированным гиперосмолярностью каналом»), стр. 59 («флуоресценции»),

Однако вышеперечисленные замечания не снижают общую высокую оценку работы. Диссертация ПЕЧЁРИНОЙ А.А. представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, которая выполнена на высоком научно-теоретическом уровне. Экспериментальные данные и методические подходы диссертационной работы могут быть использованы при разработке специальных курсов в вузах Российской Федерации и для создания практических подходов защиты и увеличения устойчивости к засолению у культурных растений.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.5.2 – «Биофизика». Работа отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 16.10.2024), а ее автор ПЕЧЁРИНА Анна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – «Биофизика» (биологические науки).

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на расширенном научном семинаре лаборатории управляемого фотобиосинтеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева «15» января 2026 г., протокол №24.

Главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией
управляемого фотобиосинтеза ИФР РАН,
доктор биологических наук,
член-корреспондент РАН



Аллахвердиев Сулейман Ифхан-оглы

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт физиологии растений
им. К.А. Тимирязева Российской
академии наук (ИФР РАН)

127276, г. Москва,
ул. Ботаническая, д. 35
Тел.: +7 (499) 678-54-00
E-mail: ifr@ippras.ru

Подпись д.б.н. Аллаhverдиева С.И. заверяю.

Ученый секретарь ИФР РАН



к.б.н. Лобус Николай Васильевич