ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Миловской Ирины Георгиевны «Плазматическая мембрана как компонент первичного восприятия холодового стресса у растений томата», представленной на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений

Актуальность диссертационного исследования, выполненного И.Г. Миловской, обусловлена перманентной важностью вопроса устойчивости высших растений к холодовому стрессу, в частности, к действию низких положительных температур. Одно из главных явлений, сопровождающих рост климатической нестабильности в мире в последнее время, — внесезонные температурные флуктуации, такие как резкие похолодания и возвратные заморозки. Эти явления не только сдерживают освоение потенциально пригодных для растениеводства земель в северных регионах, но и регулярно наносят ущерб урожаю теплолюбивых культур в умеренных и даже южных областях России и других стран. Одним из перспективных способов ослабления риска повреждения растений низкими положительными температурами является селекция, в том числе маркерная и (или) ускоренная, на устойчивость к действию низких положительных температур. Для решения этой задачи ключевое значение имеет понимание механизмов холодоустойчивости растений, её физиологических и генетических детерминатов, а также поиск и исследование видов — потенциальных доноров признака холодоустойчивости. Эти вопросы и составили основную проблематику диссертационного исследования И.Г. Миловской.

Научная новизна исследования И.Г. Миловской определяется, во-первых, объектами исследования (в качестве таковых были выбраны три генотипа томата — два культурных сорта и одни дикий родственный вид) и,

во-вторых, комплексным характером изучения детерминантов холодостойкости этих объектов (анализ дифференциальной экспрессии транскрипционных факторов *CBF1–3*, получение биохимической и функциональной характеристики объектов). Особенно следует отметить прямое исследование текучести мембран в этих объектах с использованием спектроскопии ЭПР и в связи с мониторингом жирнокислотного профиля липидов мембран.

Общая оценка работы. Представленная на отзыв диссертация построена по плану, близкому к традиционному, изложена на 111 страницах, состоит из введения, трёх глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 189 источников. Текст содержит 4 таблицы и 11 рисунков.

Во «Введении» дается краткий очерк предметной области работы и обоснование актуальности исследования. Автором также обозначена цель работы и сформулирован список задач, подлежащих решению в ходе исследования; формулировки целей и задач являются вполне обоснованными. Наряду с этим охарактеризована научная новизна и практическая значимость работы и перечислены основные положения, выносимые на защиту; показана степень достоверности результатов; приведен перечень научных конференций, на которых апробировались результаты работы. В этом разделе также содержится описание структуры и объема диссертации, оценка личного вклада автора в диссертационное исследование, который представляется весьма существенными.

Глава «Обзор литературы» включает несколько разделов, в которых освещаются современные представления о механизмах холодоустойчивости растений, молекулярных механизмах ответа растений на холодовой стресс. Особый интерес представляет собой обсуждение природы и функционирования первичного сенсора холода у цианобактерий в параллели таковым у высших растений. Далее обсуждаются физиологические проявления холодового стресса, в частности нарушения баланса поглощения энергии света фотосинтетическим аппаратом растений и её фотохимической

утилизации. Затем рассматриваются стратегии повышения холодоустойчивости, а также биосинтез жирных кислот в клетке и роль фоторецепторов в восприятии температуры.

В главе «Материалы и методы» дано детальное описание объектов и методов исследования. Выбор методов представляется обоснованным и достаточным для получения разносторонней информации о состоянии экспериментальных растений в норме и при холодовом стрессе. При этом полученные результаты позволяют оценить проявления стресса на разных уровнях — от субклеточного (молекулярного) до уровня целого растения, от момента восприятия холодового сигнала до развития фенотипических проявлений ответа на него. Особенно следует отметить использованные методы выделения мембранных фракций в сочетании с применением ЭПР для оценки микровязкости мембран.

В главе 3 приводится подробное описание результатов экспериментальной работы, их интерпретация и обсуждение. План экспериментов отличается тщательной проработкой, логичной структурой и тщательной реализацией. В начале главы приводятся результаты визуального анализа состояния экспериментальных растений как интегральный критерий интенсивности и результата воздействия на них стрессора (экспозиции на низких положительных температурах). Далее рассматриваются структурно-функциональные нарушения мембран, проявляющиеся в виде утечки электролитов из поврежденных клеток, а также влияние этих и иных повреждений на функциональный статус фотосистемы II растений. Затем представлены результаты анализа дифференциальной экспрессии исследованных генов семейства CBF и анализа жирных кислот суммарных липидов клеток листьев растений томата в норме и при холодовом стрессе. Отдельно автор диссертации останавливается на фракционировании клеточных мембран и их анализе, включая анализ жирнокислотного профиля и анализ микровязкости мембран с использованием спектроскопии ЭПР. Важным представляется выявленное диссертантом у холодоустойчивого

(дикого) вида высокое содержание полиненасыещенной альфа-линоленовой ЖК не только в тилакоидных мембранах, но и в других мембранах клетки. Также существенной особенностью холодоустойчивого вида явился контрастный паттерн дифференциальной экспрессии генов из семейства CBF.

В заключении автор диссертации обобщает полученные результаты в контексте восприятия и трансдукции сигнала холодового стресса у видов, контрастных по устойчивости к этому стрессору.

На основании полученных результатов и их обсуждения диссертантом сформулировано семь выводов, соответствующих поставленным целям и задачам.

Вопросы и замечания по диссертации

– Аннотации на рисунках, цитированных в литобзоре, не полностью переведены на русский язык.

– Не очевидна новизна второго положения, вынесенного на защиту: связь текучести мембран клеток и холодоустойчивости организма хорошо известна и лежит в основе понятия гомеовискозной адаптации растений.

– Метод ГЖХ-МС описан неполно: не указаны модель и производитель колонки и детектора.

– В тексте присутствуют отдельные неудачные термины и выражения («тотальные жирные кислоты», путаница с терминами «стресс» и «стрессор»).

– Структура литобзора не вполне логична: имело бы смысл подраздел 5 сделать завершающим данную главу.

– Описание статистической обработки также выглядит запутанным: обычно критерий нормальности распределения применяют сначала, чтобы установить характер распределения данных.

При этом следует отметить, что сделанные замечания не носят принципиального характер, относятся к представлению результатов, а не к изложению их сути, а значит не снижают высокой оценки исследования, выполненного И.Г. Миловской. Диссертация является логично построенным, самостоятельным и завершенным научным исследованием, соответствует

паспорту специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений, содержание автореферата соответствует основным положениям и выводам диссертации, а основные её результаты отражены в опубликованных автором работах. Выводы, сформулированные по результатам исследования, достоверны и обоснованы. Содержание автореферата полностью соответствует идеям и выводам диссертации. Научная и практическая значимость выводов диссертации несомненна.

Диссертация "Плазматическая мембрана как компонент первичного восприятия холодового стресса у растений томата" соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9–14 Положения о присуждении научных степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями от 11.09.2021 г.), а автор работы, Миловская Ирина Георгиевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21. Физиология и биохимия растений.

Доктор биологических наук, доцент, профессор
кафедры биоинженерии биологического
факультета Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова

Соловченко
Алексей Евгеньевич

«20» апреля 2026 г.

119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12,
Биологический факультет МГУ.
телефон: +7(903)593-40-44
e-mail: solovchenkoae@my.msu.ru

Подпись А.Е. Соловченко удостоверяю:
Заместитель декана биологического факультета МГУ
профессор _____А.М. Рубцов