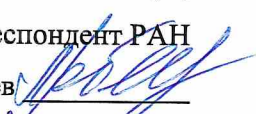



«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»
доктор технических наук,
член-корреспондент РАН
М.П. Лебедев 
«28» января 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
на диссертацию Столбиковой Александры Вячеславовны
«Физиолого-биохимические особенности карликовых форм яблони *Malus baccata* (L.)
Borkh.», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 1.5.21 – Физиология и биохимия растений

Актуальность проблемы

Объектами диссертационной работы Столбиковой Александры Вячеславовны выбраны карликовые и высокорослые формы яблони сибирской (*Malus baccata* (L.) Borkh.), условия произрастания которых значительно отличаются по водообеспеченности (лесостепная зона, близ с. Ягодное республики Бурятия). Как известно, засуха является одним из основных абиотических экологических стрессоров, который играет важную роль в географическом распространении видов, в том числе плодовых деревьев. Актуальность изучения влияния засухи возрастает в связи с глобальными климатическими изменениями и аридизацией климата. Способность растений адекватно отвечать на водный дефицит зависит от эффективности работы крайне энергозатратных защитных механизмов. Считается, что древесные формы растений в процессе своей длительной эволюции вырабатывают сложные анатомо-морфологические и физиолого-биохимические механизмы адаптации к засухе. В диссертации А. В. Столбиковой показан комплексный подход к изучению регуляции ростовых процессов у деревьев под воздействием засушливых условий. Автором были проанализированы основные физиолого-биохимические параметры, участвующие в адаптивных реакциях яблони: это фитогормоны, ответственные за рост растений; липидный и жирнокислотный составы, как показатели пластичности мембран;

пул свободных аминокислот, как низкомолекулярных осмолитов, а также состав фотосинтетических пигментов и интенсивность фотосинтеза, как основного процесса, обеспечивающего накопление биомассы растений. Актуальность исследования подтверждает тот факт, что для изучения выбранных параметров автором был применен широкий спектр методов анализа, требующий квалифицированной подготовки, а также знание специфического программного обеспечения для обработки полученных результатов.

Научная новизна исследования

В результате сравнительного анализа двух разных форм *M. baccata* автором было установлено, что в листьях карликовой формы яблони снижено общее содержание хлорофиллов (a, b) и каротиноидов, по сравнению с высокорослой формой, а также снижена относительная скорость электронного транспорта. С помощью хромато-масс-спектрометрии диссертантом впервые комплексно изучен жирнокислотный профиль разных органов двух форм яблони сибирской. В результате чего было установлено, что такой интегральный показатель как индекс ненасыщенности жирных кислот корней и листьев в карликовой яблоне ниже, чем в высокорослой. Автор работы впервые показал, что низкорослые формы *M. baccata* являются гиббереллин-чувствительными, а в молодых разворачивающихся листьях карликовой формы *M. baccata* содержание индолилуксусной кислоты в три раза ниже, чем в высокорослой, на фоне одинакового содержания абсцизовой кислоты. Также диссертантом установлено, что содержание свободных аминокислот, суммарных липидов и фосфолипидов в листьях карликовых форм яблони достоверно ниже по сравнению с высокорослой формой. На основании полученных данных А.В. Столбиковой предложена обобщающая схема путей биохимической адаптации *M. baccata* к абиотическому стрессу - умеренной длительно действующей почвенной и воздушной засухе.

Практическая значимость работы

Полученные автором данные по составу липидов и их жирных кислот в тканях яблони сибирской, а также по аминокислотному составу и содержанию фотосинтетических пигментов листьев представляют интерес в области растениеводства для отбора новых низкорослых холодостойких и засухоустойчивых подвоев яблони для климатических зон Сибири, Дальнего Востока и северных территорий России. Выявленные молекулярные маркеры засухоустойчивости также имеют важное практическое значение для понимания биохимических путей адаптации древесных растений, в том числе плодовых деревьев к длительно действующей умеренной засухе. Дополняют существующие данные фундаментальных исследований по функционированию и роли липидов, фотосинтетических пигментов и аминокислот. Полученные

данные по гормональному статусу деревьев расширяют современные представления об участии абсцизовой и индолилуксусной кислот в формировании карликовости у растений яблони в условиях длительно действующего умеренного водного дефицита.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертация имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- оглавление;
- список сокращений и условных обозначений;
- текст диссертации: введение, основная часть, заключение, выводы;
- список литературы.

Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 21 рисунок и 12 таблиц. Количество литературных источников исчисляется 228, их из них – 129 иностранных. Основные структурные элементы в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11–2011 в каждом разделе диссертации присутствуют. По теме диссертации опубликовано 5 научных статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ, некоторые из которых входят в базу Web of Science.

Материалы автореферата и 5 публикаций по теме диссертации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы. Работа А.В. Столбиковой успешно прошла апробацию на 5-ти всероссийских и международных конференциях (Современная физиология растений: от молекул до экосистем; Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы; Разнообразие почв и биоты северной и центральной Азии; Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде; Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии).

Во введении автор обосновывает актуальность исследования по выявлению физиолого-биохимических путей формирования карликовости яблони сибирской, произрастающей в условиях водного дефицита, и формулирует цель и задачи исследования. Обосновывается положение о теоретической и практической значимости работы.

Первая глава «Обзор литературы» включает 4 раздела, где последний четвертый раздел включает 4 подраздела. В первой главе автором подробно описана характеристика изучаемых объектов - карликовые и высокорослые деревья *M. baccata*. В первом разделе дано описание особенностей произрастания яблони сибирской. Вторым раздел посвящен причинам карликовости растений. В третьем разделе приведены известные данные по водному дефициту как угнетающему фактору. В четвертом разделе описаны физиолого-биохимические параметры, характеризующие адаптацию растений к водному дефициту. В последнем разделе «Выводы из

литературного обзора» сделано заключение о необходимости выяснения возможных причин формирования карликовой формы *M. baccata* на территории лесостепного экотона (Селенгинский район, республика Бурятия). В целом обзор литературы написан очень подробно с описанием всей имеющийся современной литературы на 53 страницах.

Во второй главе «Объекты и методы исследования» дается описание объектов исследования, характеристика районов исследования и описаны физиологические и биохимические методы исследования, которые автором были использованы в ходе проведенных полевых и лабораторных исследований. Глава включает 11 разделов.

Третья глава содержит описание результатов и их обсуждение. Глава состоит из шести разделов. Первый раздел посвящен условиям произрастания *M. baccata*. Второй раздел содержит результаты параметров роста карликовой и высокорослой яблони. Третий раздел содержит основные фотосинтетические параметры карликовой и высокорослой яблони. В четвертом разделе дается описание фитогормонального статуса карликовой и высокорослой яблони. В пятом разделе автором проведена сравнительная характеристика липидного и жирнокислотного профиля карликовой и высокорослой яблони. В шестом разделе обсуждены результаты состава и содержания свободных аминокислот карликовой и высокорослой яблони.

В разделе Заключение автор приводит результирующую схему путей физиолого-биохимической адаптации *M. baccata* к климатическим условиям произрастания в республике Бурятия, приводящей к формированию карликовости и очень подробно и описательно резюмирует результаты проведенного исследования.

Выводы. Полученные выводы полностью соответствуют целям и задачам работы, а их достоверность не вызывает сомнений.

Таким образом, по формальным признакам диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению работы

Из недостатков работы можно отметить проблемы в оформлении диссертации, например, различные опечатки в тексте.

- Список сокращений «ПНЖК – ненасыщенные жирные кислоты», обычно принято ПНЖК сокращать как полиненасыщенные ЖК.

- С. 14 «...где зимой бывают сильные и стойкие морозы (45–50 °С)» - пропущен символ минус «–».

- По тексту диссертации встречается либо полное название вида *Malus baccata* (L.) Borkh. или *M. baccata* (L.) Borkh. следовало бы после первого упоминания использовать сокращенное название вида *M. baccata*.

- С. 53 Опечатки в тексте диссертации: «водобеспеченности», «вызванной».

- С. 73. В разделе 3.3. Основные фотосинтетические параметры карликовой и высокорослой яблони. «В листьях яблони были проанализированы следующие пигменты, входящие в ФСА: Mg-хлорофилл а, Mg-хлорофилл b, феофитин а, феофитин b, β -каротин, т-лютеин, неоксантин, виолаксантин, т-зеаксатин, с9-зеаксатин, с13-зеаксатин», мы не нашли результатов по данным пигментам. В разделе методы исследования не приведена процедура определения выше указанных пигментов ФСА. Уточните как проводили анализ (ТСХ, ВЭЖХ?).

- С. 72. Таблица 4. Признак «количество устьиц на единицу площади листа». В методах мы не нашли описание этой процедуры. Как проводился данный анализ?

- С. 78. Таблица 6. Приводятся результаты параметров «Реальная квантовая эффективность ФС II, $Y(II)$, отн. ед.», «Скорость электронного транспорта, ETR, мкмоль/(м²·с)». Какой величине освещенности они относятся (максимальная, естественная)? Следовало бы указать это в таблице.

- Основными липидами тилакоидных мембран, где протекают процессы фотосинтеза являются гликолипиды (МГДГ, ДГДГ и СХДГ). Сравнительные данные ЖК-составу гликолипидов двух форм яблони сибирской, произрастающих в разных условиях были бы очень интересны.

- С. 89. Таблица 7. Распределение нейтральных липидов листьев и корней обеих форм *M. baccata* (с. Ягодное) на одномерной ТСХ. Не хватает иллюстрационного материала, например ТСХ хроматограммы нейтральных липидов.

К достоинству работы (по содержанию и оформлению) можно отнести очень подробное описание результатов исследования и их критическое обсуждение с привлечением современной литературы по данной проблеме. Также к достоинству работы, необходимо отметить, представленную в разделе «закключение» обобщающую схему путей физиолого-биохимической адаптации *M. baccata* к климатическим условиям произрастания в республике Бурятия, приводящей к формированию карликовости.

Мнение о научной работе соискателя в целом

Диссертация Столбиковой Александры Вячеславовны производит хорошее впечатление, несмотря на небольшие опечатки. Представленная диссертация является самостоятельной, законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему, посвященную, в широком смысле, в экологии древесных растений и растениеводстве плодовых деревьев для отбора новых низкорослых холодостойких и засухоустойчивых подвоев яблони для климатических зон Сибири, Дальнего Востока и северных территорий России, а в частности - выявлению

молекулярных маркеров засухоустойчивости яблони сибирской для понимания биохимических путей адаптации разных форм яблони к длительно действующей умеренной засухе.

Общая характеристика работы

Работу А.В. Столбиковой можно считать практически первым исследованием, где было показано влияние длительно действующей умеренной засухи на физиолого-биохимические показатели карликовых и высокорослых форм яблони сибирской *M. baccata*. Методы, включающие эксперименты в природных условиях и последующий анализ в лаборатории, достаточно трудоемкие и требующие от исследователя очень большого набора разных компетенций, т.к. соединяет в себя принципы общей биологии, экологии растений, физико-химического анализа высокого уровня, наколенный ресурс классической физиологии растений. Диссертационная работа демонстрирует очень хорошее владение автором объектами исследования и материалов, связанных с традиционными представлениями о фотосинтетических пигментах, липидах и их жирных кислотах, свободных аминокислотах и фитогормонах, а также современными взглядами на их роль в древесных растениях в условиях абиотического стресса. Совмещение этих знаний с применением физиолого-биохимического анализа позволило автору получить целый ряд новых, интересных и перспективных результатов.

Таким образом, диссертация Столбиковой Александры Вячеславовны является научно-квалификационной работой, в которой установлены физиолого-биохимические особенности карликовых форм яблони *Malus baccata* к длительно действующей умеренной засухе. По актуальности, поставленным целям и задачам, объему проведенных исследований, новизне полученных результатов, их научной и практической значимости представленная работа полностью отвечает требованиям п. 9 Положения «О порядке присуждения учёных степеней» № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Столбикова Александра Вячеславовна, несомненно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 — «Физиология и биохимия растений».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании Отдела экспериментальной биологии растений мерзлотных экосистем Института биологических проблем криолитозоны СО РАН — обособленного подразделения ФНЦ ЯНЦ СО РАН, протокол №1 от «22» января 2025 г. и на заседании Якутского отделения общества физиологов растений (ЯО ОФР).

Нохсоров Василий Васильевич,

- кандидат биологических наук (03.01.05 — физиология и биохимия растений), доцент (1.5.21 — физиология и биохимия растений), старший научный сотрудник отдела

экспериментальной биологии растений мерзлотных экосистем
Института биологических проблем криолитозоны Сибирского
отделения Российской академии наук – обособленного
подразделения Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Якутский научный центр Сибирского отделения Российской
академии наук» (ИБПК СО РАН – обособленное
подразделение ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН»), Председатель
Якутского отделения Общества физиологов растений России

677000, г. Якутск, пр. Ленина, 41, каб. 510; тел. 8 (4112)
335690, e-mail: vv.nokhsorov@mail.ru

В.В. Нохсоров

Подпись Нохсорова В.В. заверяю:



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК", 677980, Республика Саха
(Якутия), город Якутск, улица Петровского, 2. Приемная: +7(4112) 39-05-00 Эл. почта:
prezidium@prez.ysn.ru