

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ставицкой Златы Олеговны
«Пути накопления и рециркуляции аскорбиновой кислоты в плодах *Malus baccata* (L.) Borkh. и ее гибридов F1», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – Физиология и биохимия растений

Актуальность темы диссертации. Аскорбиновая кислота вносит большой вклад в обеспечение устойчивости растения к неблагоприятным факторам среды, а также принимает участие в регуляции процессов роста и развития растения. Общеизвестно, что аскорбиновая кислота накапливается в большинстве органов и тканей растения, включая плоды, а ее содержание широко варьирует и зависит от типа ткани, возраста растения и др. У большинства растений основным биосинтетическим путем является путь Смирнова-Уилера. Однако, существуют несколько иных путей синтеза аскорбиновой кислоты, которые могут активироваться в ответ на различные факторы среды и обеспечивать дополнительное накопление аскорбиновой кислоты в тканях для обеспечения эффективного антиоксидантного ответа. Регуляция всех путей синтеза неразрывно связана с экспрессией генов ключевых точек пути Смирнова-Уилера, экспрессией генов цикла рециркуляции аскорбиновой кислоты, активностью соответствующих ферментов.

Создание высокоурожайных, адаптивных сортов плодовых культур для обеспечения населения функциональными продуктами питания с высоким содержанием витаминов является важнейшей задачей во всем мире. Яблоня является одной из самых распространенных и доступных плодовых культур. Актуальной тенденцией в селекции является скрещивание яблони домашней (*M. domestica*) с дикими видами – донорами полезных признаков. К таким видам относится, в частности, яблоня сибирская (*M. baccata*). Изучение роли и функций аскорбиновой кислоты в растениях является важной задачей, включающей фундаментальные аспекты физиологии и биохимии растений. Генетическая модификация растений для увеличения синтеза и накопления аскорбиновой кислоты может стать важным фактором в повышении урожайности и качества сельскохозяйственных культур, особенно в условиях изменяющегося климата.

Научная новизна и практическая значимость диссертации. Впервые изучена динамика накопления АК в кожице и мякоти яблони сибирской и ее гибридов F1 на разных стадиях развития плодов: определена относительная экспрессия генов *GGP1*, *GGP3*, *MDHAR1*, *DHAR3*, изучена активность ферментов МДГАР, ДГАР, АПО, динамика накопления растворимых углеводов и пектинов. Впервые установлено, что яблоня сибирская имеет отличную от яблони домашней стратегию накопления АК в плодах. Увеличение содержания АК происходит уже на раннем этапе развития плода и продолжается до этапа зрелости. При этом к зрелости плодов *M. baccata* определяющее значение для накопления АК приобретает работа генов и ферментов системы рециркуляции.

На основании полученных результатов предложен перспективный ген-кандидат *MDHAR1* для маркерной селекции в целях получения плодов яблони с высоким содержанием АК.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа изложена на 137 страницах, иллюстрирована 10 таблицами и 36 рисунками. Диссертация имеет классическую структуру, состоит из разделов «Введение», «Обзор литературы», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Выводы», «Список литературы», а также включает в себя оглавление и список сокращений. Список цитируемой литературы включает в себя 213 наименований, в том числе 186 на иностранных языках.

Во «**Введении**» рассматривается степень разработанности темы, аргументируется актуальность исследования, формулируются цели и задачи исследования, освещается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. В завершении данного раздела автор формулирует 2 положения, выносимых на защиту, указывает степень достоверности работы, приводит личный вклад автора, описывает апробацию исследования на научных конференциях и указывает число публикаций по теме исследования.

Глава 1 «**Обзор литературы**» представляет собой обзор литературных источников по теме исследования. В первом разделе автор описывает историю изучения биосинтеза аскорбиновой кислоты в растительных тканях, приводит характеристику основных путей ее накопления, рециркуляции и утилизации. Описаны особенности накопления АК различными тканями, транспорт АК между различными органами растения. Во втором разделе приводится подробное описание предшественников синтеза аскорбиновой кислоты. В третьем разделе автор описывает классификацию рода *Malus*, особенности введения в культуру этого рода в Сибири. Обзор литературы проведен полно и отражает основные сведения о проблеме.

В Главе 2 «**Материалы и методы**» описаны объекты исследования, методология работ. Выбор объектов и методов адекватен для решения поставленных задач. Материалы раздела изложены подробно. Используемые методы актуальны. Глава включает 16 разделов, в последнем описаны методы статистической обработки данных.

В Главе 3 «**Результаты и обсуждение**» автором представлены результаты исследований и их обсуждение. Глава разделена на 5 разделов.

Раздел 1 содержит данные экспериментов по содержанию аскорбиновой кислоты в тканях плодов яблони сибирской, ее гибридов F1 и яблони домашней. В разделе 2 приводятся данные по экспрессии генов *GGP1*, *GGP3*, *DHAR3*, *MDHAR1* в тканях на разных стадиях развития плодов. В разделе 3 разделе приведены результаты изучения удельной активности ферментов рециркуляции. Раздел 4 посвящен результатам анализа предшественников синтеза АК в тканях на разных стадиях развития плодов. Раздел посвящен описанию результатов модельного эксперимента по инкубации тканей плодов с метаболитами-предшественниками разных путей синтеза АК. Очевидно, что автором было проведено комплексное исследование по изучению особенностей накопления и рециркуляции аскорбиновой кислоты в тканях

плодов яблони сибирской. Описан большой объем экспериментальных данных. При обсуждении полученные результаты исследований сравниваются автором с актуальными научными данными.

В разделе «**Заключение**» автор резюмирует основные результаты работы и приводит к рассмотрению результирующую схему особенностей биосинтеза, накопления и рециркуляции АК в тканях *M. baccata* на разных этапах развития плодов.

Выводы диссертации соответствуют поставленным задачам и вытекают из полученных результатов.

Иллюстративные материалы диссертации наглядны.

Степень обоснованности и достоверности полученных выводов и положений. Научные выводы и положения, сформулированные в диссертации, достоверны и обоснованы глубоким анализом литературы по исследуемой проблеме, использованием в работе современных методов, статистическим анализом полученных результатов, апробацией результатов на международных и научно-практических конференциях, публикацией 13 научно-исследовательских работ, в том числе 4 - в журналах, рекомендованных ВАК, 3 - в журналах из баз данных WoS и Scopus.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации. Текст автореферата в полной мере отражает содержание диссертации Ставицкой З.О. Автор имеет достаточное количество публикаций, в которых отражены основные результаты защищаемой работы.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. В работе не приводится описание идеи отбора сортов (Добрыня, Ранетка, Пальметта) для осуществления исследования, без чего этот этап эксперимента выглядит как случайный выбор объектов (или выбор «из того, что было»). То же замечание к отбору природной популяции *M. baccata*. В работе нет сведений о возрасте растений.

2. Исследование динамики накопления аскорбиновой кислоты и углеводных групп проведено для кожуры / кожицы и мякоти плодов, в ходе которого выявлены различные уровни содержания целевых соединений. Ввиду отсутствия объяснения идеи подобного разделения, а также обсуждения полученных результатов в контексте различной концентрации соединений в разных тканях плодов, непонятно для чего это было осуществлено.

3. В разделе 3.4 представлены данные об углеводном составе плодов 6 объектов, однако связь этих данных с основной темой диссертационного исследования неочевидна по причине отсутствующего обсуждения. Логичным заключением в этом разделе было бы построение корреляций между содержанием углеводов и аскорбиновой кислоты в тканях, что могло бы выявить возможные зависимости между показателями.

4. Результаты раздела 3.5 содержат результаты модельного эксперимента по инкубации тканей плодов с метаболитами-предшественниками, выполненные на 2 и 3 этапах зрелости в течение 3 лет. Данные таблиц 5-10 указывают на отсутствие ежегодной воспроизводимости эффектов от применения предшественников для одних и тех же объектов.

Соискатель расплывчато объясняет это явление наличием факторов, подавляющих синтез АК на каком-то из его этапов. О каких конкретно факторах может идти речь?

5. Анализ соответствия содержания диссертации и основных публикаций по теме работы указывает на недостаточную представленность в открытой печати сведений из оппонируемой работы. Чем объясняется такое осторожное публикационное поведение автора?

Заключение. Диссертационная работа Ставицкой Златы Олеговны по актуальности проблемы, научной новизне и значимости полученных результатов соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу. Автор диссертации, Ставицкая Злата Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.21 – физиология и биохимия растений.

Официальный оппонент, доктор фармацевтических наук (14.04.02), заведующий лабораторией медико-биологических исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей и экспериментальной биологии» Сибирского Отделения Российской академии наук (ИОЭБ СО РАН), 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6, тел. (3012)434211; 434575, факс (3012) 433034, e-mail: ioeb@biol.bsnet.ru, сайт: <https://igeb.ru/>

14 апреля 2026г.



Оленников Даниил Николаевич

Я, Оленников Даниил Николаевич, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела З.О. Ставицкой.



Оленников Даниил Николаевич

Подпись удостоверяю
Заместитель секретаря Института
Общей и экспериментальной
Биологии СО РАН *Копф*
Козирева С.П.