

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ
ЦИТОЛОГИИ и ГЕНЕТИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ИЦиГ СО РАН)**

Пр-т. Академика Лаврентьева, д. 10, Новосибирск, 630090
Телефон: (383) 363-49-80
Факс (383) 333-12-78
E-mail: icg-adm@bionet.nsc.ru
<https://www.icgbio.ru>
ИНН 5408100138/КПП 540801001
ОКПО 03533895 ОГРН 1025403657410

от 02.04.2026 № 15345-29-38/484
на № _____ от _____



«УТВЕРЖДАЮ»
директор ИЦиГ СО РАН
академик РАН
Кочетов А.В.
«02» апреля 2026 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Быковой Анастасии Владимировны**
**«Структурно-функциональная характеристика генов, определяющих
устойчивость картофеля к холодному стрессу»**, представленную к защите в
Диссертационный совет 24.1.235.01 при Всероссийском институте
генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова на соискание ученой
степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7 – Генетика

Актуальность исследований

Картофель (*Solanum tuberosum*) считается одной из наиболее важных сельскохозяйственных культур. Клубни этого растения являются ценным продовольственным, техническим и кормовым сырьем. В условиях РФ необходимым этапом послеуборочного содержания клубней является длительное (6-8 месяцев) хранение в условиях пониженных температур, что приводит к изменению содержания первичных и вторичных метаболитов в клубнях картофеля, прежде всего, приводя к понижению содержания крахмала и накоплению редуцирующих сахаров, что значительно снижает ценность и питательные характеристики продукции.

За последние десятилетия физиологические и биохимические процессы, происходящие в клубнях при холодовом стрессе, также как и генетический контроль этих процессов, достаточно подробно изучался. Однако в большинстве этих исследований клубни картофеля подвергались воздействию пониженных температур обычно не более 1-2 месяцев (максимально не более четырех месяцев), поэтому биохимические и молекулярно-генетические изменения, происходящие в клубнях картофеля при более длительном холодовом хранении, остаются практически неизученными. Дополнительный научный интерес представляет другой малоизученный процесс - ответная реакция проростков картофеля на кратковременный холодовой стресс, характерный для периода весенних возвратных холодов.

В связи с этим актуальность исследования, цель которого состоит в изучении структурно-функциональной характеристики генов углеводного обмена и биосинтеза вторичных метаболитов (каротиноиды, антоцианы) у картофеля не вызывает сомнений.

Научная новизна исследования

Научная новизна работы не вызывает сомнений, так как диссертантом впервые проведен транскриптомный анализ клубней картофеля при длительном низкотемпературном стрессе. Для ряда генов углеводного обмена (SWEET-унипортеров (SWEET10, 12 и 15), глюкан эндо-1,3- β -глюкозидаз 8 и 13, α -галактозидазы 3 (AGAL3), галактуронозил трансферазы 8 (GAUT8), фруктозо-1,6-бифосфатазы (FBPase), фосфоглюканфосфатазы (DSP4)) впервые показано участие в ответе на холодовой стресс в клубнях картофеля. Впервые было определено изменение содержания основных углеводов (крахмал и моносахариды), а также вторичных метаболитов (каротиноиды, антоцианы) при длительном холодовом хранении в клубнях картофеля (+3°C, 4 и 7 месяцев). Кроме этого, диссертантом впервые проанализированы паттерны экспрессии основных генов метаболизма крахмала и биосинтеза каротиноидов и антоцианов в клубнях и листьях картофеля при кратковременном (+3°C, 48 ч) и

длительном холодовом стрессе (+3°C, 4 и 7 месяцев). Диссертантом также впервые были охарактеризована изменчивость генов α -амилаз, ингибиторов амилаз и фитоинсинтаз у видов и сортов картофеля. Показана активация экспрессии всех трех генов фитоинсинтаз в листьях картофеля в ответ на кратковременный холодовой стресс.

Достоверность и значимость результатов диссертационной работы

Обоснованность результатов представленной диссертационной работы определяется четко сформулированной целью и задачами, а также адекватным использованием экспериментальных подходов, биоинформатических и статистических методов анализа полученных результатов. Для реализации поставленных задач были использованы наиболее современные методы молекулярной генетики, биохимического и биоинформатического анализов. Достоверность результатов исследований подтверждается большим объемом экспериментального материала, представленного в диссертационной работе и в статьях. Быковой А.В. был обработан существенный объем теоретического и методического материала по теме диссертационной работы. научные положения, выносимые на защиту, в полной мере подтверждены результатами проведенных исследований, продемонстрированными в виде таблиц и рисунков. Все основные результаты получены диссертантом самостоятельно. Диссертант лично осуществил анализ литературных данных, планирование экспериментов, проведение лабораторных исследований, обработку экспериментальных данных.

Полученные Быковой А.В. результаты имеют большое фундаментальное значение для понимания молекулярных механизмов, лежащих в основе адаптации растений картофеля к действию холодowego стресса, и позволяют выявить гены-кандидаты для создания молекулярных маркеров, ассоциированных с устойчивостью картофеля к холодовому осахариванию. Определенные аллельные варианты гена ингибитора амилаз могут быть использованы для молекулярной паспортизации сортов картофеля.

Оценка и характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа Быковой А.В. имеет традиционное строение и состоит из введения, основной части, заключения, приложений, списка литературы (включает 310 источников), представлена на 156 страницах, содержит 4 таблицы, 44 рисунка и Приложение.

Во введении сформулированы актуальность и степень разработанности темы исследования, основные научные проблемы, цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическое и практическое значение полученных результатов.

В главе 1 «*Обзор литературы*» подробно освещаются данные о структуре и свойствах картофельного крахмала и генах его контролирующих. Затронута проблема холодового осахаривания клубней при длительном низкотемпературном хранении. Значительная часть обзора посвящена описанию основных ферменты метаболизма крахмала и их участие в ответе растения на холодовый стресс. Необходимо отметить, что Быкова А.В. провела весьма значительную работу по анализу большого числа преимущественно зарубежных статей, в том числе опубликованных в последние годы. Прделанный диссертантом анализ научной литературы позволил оптимально спланировать экспериментальную часть работы.

Материалы и методы, использованные в исследовании, современны и полностью адекватны поставленным задачам.

В Главе 3 «*Результаты и обсуждение*» подробно представлены и анализированы полученные данные по каждому этапу работы.

Раздел 3.1 посвящен анализу транскриптома картофеля сорта Леди Клер и оценке функциональной активности генов в клубнях картофеля в ответ на воздействие длительного низкотемпературного стресса, имитирующего хранение в картофелехранилище. В результате транскриптомного анализа обнаружено, что наиболее существенные изменения происходят в период первых 3,5 месяцев холодового хранения. Определены дифференциально

экспрессируемые гены, связанные с углеводным обменом, биосинтезом каротиноидов и антоцианов, которые показали более чем двукратное изменение транскрипции. Данные гены были отобраны для дальнейшего более детального экспрессионного анализа на большем количестве сортов. Для ряда генов/семейств генов впервые показана их связь с ответом на холодный стресс.

В разделах 3.2 и 3.3 диссертант приводит биохимические данные по изменению содержания крахмала, моно- и дисахаридов. динамике экспрессии генов углеводного обмена в клубнях пяти сортов картофеля при длительном холодном хранении. Далее на основе транскриптомных и литературных данных были выбраны гены углеводного обмена, связанные с холодным стрессом, для более детального анализа. Для некоторых генов углеводного обмена (*StGWD*, *StAmy23*, *StBAM1*, *StBAM9*, *StAI*) показана корреляция с изменением содержания крахмала и моносахаров при длительном холодном стрессе.

В разделе 3.4 представлены данные по структурно-функциональной характеристике гена ингибитора амилаз. Впервые автором была проведена подробная идентификация и характеристика полногеномных последовательностей генов гомологов AI и их белковых последовательностей у образцов 12 видов картофеля. Были впервые определены профили экспрессии в различных органах видов растений картофеля. Кроме того, впервые были клонированы и секвенированы последовательности и проведен подробный анализ вариабельности генных и белковых последовательностей и определение аллельных вариантов *StAI* у 36 отечественных сортов картофеля. Показана высокая межвидовая вариабельность гена, а также крайне высокий нуклеотидный и аминокислотный полиморфизм у сортов.

В разделе 3.5 приводятся данные по определению содержания углеводов и анализ экспрессии другого углеводного гена - α -амилазы *StAmy23* в органах и тканях растений сортов картофеля. Диссертантом было показано, что данный ген транскрибируется не только в листьях и клубнях, как это было показано ранее, но также и в других органах (стебель, плод, стolon, корень), связь с

биохимическими данными установила положительную корреляцию между уровнем транскрипции этого гена и содержанием крахмала в клубнях.

Раздел 3.6 полностью посвящен вторичным метаболитам, таким как каротиноиды и антоцианы, а также анализу динамики активности генов их кодирующих. Несмотря на показанное участие этих метаболитов в ответ на холодостресс, у картофеля структурные гены их биосинтеза ранее практически не были изучены. В случае каротиноидов соискателем впервые были подробно охарактеризованы последовательности ключевых генов каротиногенеза - трех генов фитоинсинтаз *StPSY*, включая анализ их *cis*-регуляторных сайтов в промоторах. Была впервые показана вовлеченность всех трех генов фитоинсинтаз, включая ген *PSY3*, у проростков картофеля в ответ на кратковременный холодостресс, имитирующий возвратные весенние холода.

Хотелось отметить проведенную диссертантом работу по определению изменения содержания общих каротиноидов и экспрессии 16 генов, охватывающих весь путь каротиногенеза, на клубнях пяти сортов картофеля в ответ на длительный холодостресс.

Также диссертантом были получены и проанализированы профили экспрессии генов биосинтеза антоцианов в листьях и клубнях *S. tuberosum* при кратковременном и долговременном холодострессе. Анализ экспрессии пяти структурных генов и двух регуляторных в листьях картофеля с разным содержанием антоцианов при кратковременном холодострессе показал значительную активацию транскрипции генов пути с разным временным ответом.

Все проведенные Быковой А.В. исследования выполнены методически грамотно, с использованием современных методов анализа и адекватной статистической обработкой, что свидетельствует о достоверности результатов исследований. Научные положения и сформулированные выводы подкреплены обширным иллюстративным материалом, таблицами и рисунками.

Сформулированные соискателем выводы сделаны на основе глубокого научного анализа и логично вытекают из полученных результатов научных исследований. Содержание и структура диссертации адекватно отражена в автореферате.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В «Обзоре литературы» отсутствует глава, посвященная роли вторичных метаболитов (каротиноидов и антоцианов), и кодирующих их генов в ответе на холодовой стресс. Краткая информация по этой теме присутствует в главе «Результаты и обсуждение», однако уместнее было расширить эту информацию и перенести в «Обзор литературы», сформировав отдельную главу. Также, в «Обзоре литературы» приведена крайне ограниченная информация о картофеле как об объекте исследования.

2. Из текста диссертации не ясно, чем определялся выбор сорта картофеля для анализа транскриптома, выбор пяти сортов для биохимического (измерение углеводов, каротиноидов, антоцианов) и экспрессионного анализа клубней картофеля при длительном холодовом стрессе, а также сортов для оценки variability гена AI.

3. Были ли данные транскриптомного анализа подтверждены RT-PCR?

4. Рисунок 6 и 7 содержат практически неразличимые надписи на рисунке.

5. По тексту диссертации встречаются отдельные опечатки (например: стр. 3. SWIN – клеточная инвертаза (cell wall invertase) вместо CWIN; стр.48. «гетротетрометов» вместо гетеротетрамеров)

Высказанные вопросы и замечания не снижают значимости проведенного исследования. Впечатляет огромный объем проведенной работы, логично выстроенный общий план исследования, использование широкого спектра методов, тщательная постановка экспериментов, детальный анализ и обсуждение полученных результатов.

Заключение

Обоснованность основных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, обусловлена высоким методическим уровнем исследования с использованием современных молекулярных, биохимических и биоинформационных методов анализа. Результаты, полученные в диссертационной работе, обладают несомненной научной значимостью и новизной. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Научные положения и выводы полностью аргументированы, объективны и соответствуют поставленным задачам. Автореферат полностью соответствует диссертации. Результаты работы представлены в 7 статьях, опубликованных в журналах индексируемых в Web of Science\Scopus и рекомендованных ВАК МОН. Результаты диссертационной работы обнародованы на восьми международных конференциях.

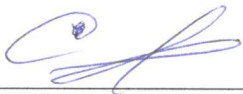
По актуальности проблемы, уровню методов, объему обработанного материала и научной новизне полученных результатов исследования, диссертационная работа Быковой Анастасии Владимировны «Структурно-функциональная характеристика генов, определяющих устойчивость картофеля к холодовому стрессу» является научно-квалификационной работой, полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ, № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертационной работы Быкова Анастасия Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. – Генетика.

Отзыв заслушан и утвержден на межлабораторном семинаре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского

отделения Российской академии наук” (протокол № 2 от 05.03.2026 г. заседания Межлабораторного семинара Отделения генетики растений).

« 31 » марта 2026 г.

чл.-корр. РАН



Салина Елена Артемовна

доктор биологических наук по специальности 1.5.7. - "Генетика"

руководитель отдела Генетики и агробιοтехнологии растений, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения “Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук” (ИЦиГ СО РАН).

Телефон: +7-913-9245421

Email: salina@bionet.nsc.ru