

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра биохимии

ВОЛОСАТИКОВА Анастасия Викторовна

**ТРАНСПОРТ АНИОНОВ ЧЕРЕЗ ПЛАЗМАТИЧЕСКУЮ МЕМБРАНУ
КЛЕТОК КОРНЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

Дипломная работа

Научный руководитель:
кандидат биологических наук
П.В. Гриусевич

Допущена к защите

«__» _____ 2025 г.

Заведующий кафедрой биохимии

кандидат биологических наук, доцент И.В. Семак

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 49 страниц, 13 рисунков, 49 источников.

Ключевые слова: *ARABIDOPSIS THALIANA*, *TRITICUM AESTIVUM*, КОРЕНЬ, ИОННЫЙ КАНАЛ, ALMT1, ОРГАНИЧЕСКИЕ АНИОНЫ, МАЛАТ, АСКОРБАТ, ХЛОР

Целью представленной работы был электрофизиологический анализ анионных токов через плазматическую мембрану клеток корня высших растений на примере *A. thaliana* и *T. aestivum*.

В качестве объекта исследования использовались корни проростков *A. thaliana* дикого типа и линии, лишенной анионного канала ALMT1, и линии *T. aestivum*, с пониженной экспрессией данного канала.

В работе были применены современные методы биологии растений, в частности, культивирование растений в стандартизированных условиях на питательной среде Мурасиге и Скуга, выделение протопластов ферментативным способом, электрофизиологическая техника локальной фиксации потенциала (пэтч-кламп).

В настоящей работе была продемонстрирована проницаемость плазматической мембраны клеток корня *A. thaliana* к хлорид-анионам. Хлорный ток характеризовался низкой потенциал-зависимостью, доминированием быстрой кинетической компоненты и чувствительностью к 9-антраценкарбоновой кислоте. Нокаутирование ALMT1 не приводило к снижению величины тока. Вероятно, хлорный ток в клетках корня *A. thaliana* опосредуется функционированием анионных каналов семейства SLAC, также экспрессирующихся в плазматической мембране клеток корня высших растений.

Показано, что плазматическая мембрана клеток корня *T. aestivum* у линии, слабо экспрессирующей ALMT1, обладает высокой проницаемостью к малат-анионам в отличие от аскорбата. Токи малата и аскорбата по своим биофизическим свойствам были схожи с ранее измеренными токами анионов у *A. thaliana*, что указывает на вовлечение анионных каналов семейства ALMT в их транспорт.

Работа имеет фундаментальное значение. Полученные результаты расширяют теоретические знания о проницаемости каналов семейства ALMT у высших растений для ионов Cl^- , малата и аскорбата.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа: 49 старонак, 13 малюнкаў, 49 крыніц.

Ключавыя словы: *ARABIDOPSIS THALIANA*, *TRITICUM AESTIVUM*, КОРАНЬ, ІЁННЫ КАНАЛ, ALMT1, АРГАНІЧНЫЯ АНІЁНЫ, МАЛАТ, АСКАРБАТ, ХЛОП

Мэтай прадстаўленай работы быў электрафізіялагічны аналіз аніённых токаў праз плазматычную мембрану клетак кораня вышэйшых раслін на прыкладзе *A. thaliana* і *T. aestivum*.

У якасці аб'екта даследавання выкарыстоўваліся карані праросткаў *A. thaliana* дзікага тыпу і лініі, пазбаўленай аніённага канала ALMT1, і лініі *T. aestivum*, з паніжанай экспрэсіяй дадзенага канала.

У рабоце былі ўжытыя сучасныя метады біялогіі раслін, у прыватнасці, культываванне раслін у стандартызаваных умовах на пажыўным асяроддзі Мурасіге і Скуга, вылучэнне пратапластаў ферментатыўным спосабам, электрафізіялагічная тэхніка лакальнай фіксацыі патэнцыялу (пэтч-кламп).

У сапраўднай рабоце была прадэманстравана пранікальнасць плазматычнай мембраны клетак кораня *A. thaliana* да хларыд-аніёнаў. Хлорны ток характарызаваўся нізкай патэнцыял-залежнасцю, дамінаваннем хуткай кінэтычнай кампаненты і адчувальнасцю да 9-антрацэнкарбанавай кіслаты. Накаўтаванне ALMT1 не прыводзіла да зніжэння велічыні току. Верагодна, хлоркавы ток у клеток кораня *A. thaliana* апасродкуецца функцыянаваннем аніённых каналаў сямейства SLAC, таксама экспрэсіруюцца ў плазматычнай мембране клетак кораня вышэйшых раслін.

Паказана, што плазматычная мембрана клетак кораня *T. aestivum* у лініі, слаба экспрэсуючай ALMT1, валодае высокай пранікальнасцю да малат-аніёнаў у адрозненне ад аскарбата. Токі малата і аскарбата па сваіх біяфізічных уласцівасцях былі падобныя з раней вымеранымі токамі аніёнаў у *A. thaliana*, што паказвае на ўцягванне аніённых каналаў сямейства ALMT у іх транспарт.

Праца мае фундаментальнае значэнне. Атрыманыя вынікі пашыраюць тэарэтычныя веды аб пранікальнасці каналаў сямейства ALMT у вышэйшых раслін для іёнаў Cl^- , малату і аскарбату.

ABSTRACT

Diploma work: 49 pages, 13 figures, 49 sources.

Keywords: *ARABIDOPSIS THALIANA*, *TRITICUM AESTIVUM*, ROOT, ION CHANNEL, ALMT, ORGANIC ANIONS, MALATE, ASCORBATE, CHLORIDE

The aim of the presented work was the electrophysiological analysis of anion currents through the plasma membrane of higher plant root cells using *A. thaliana* and *T. aestivum* as examples.

The roots of seedlings of *A. thaliana* wild-type were used as an object of study.

A. thaliana wild type and line devoid of anion channel ALMT1, and *T. aestivum* line with reduced expression of this channel.

Modern methods of plant biology, in particular, cultivation of plants under standardized conditions on Murashige and Skoog nutrient medium, isolation of protoplasts by enzymatic method, and electrophysiological technique of local potential fixation (patch-clamp) were applied in this work.

In the present work, the permeability of the plasma membrane of *A. thaliana* root cells to chloride anions was demonstrated. The chloride current was characterized by low potential-dependence, dominated by a fast kinetic component, and sensitive to 9-anthracenecarboxylic acid. Knockout of ALMT1 did not decrease the magnitude of the current. It is likely that chlorine current in *A. thaliana* root cells is mediated by the functioning of SLAC family anion channels, also expressed in the plasma membrane of higher plant root cells.

It was shown that the plasma membrane of *T. aestivum* root cells in a line weakly expressing ALMT1 is highly permeable to malate anions in contrast to ascorbate. Malate and ascorbate currents were similar in their biophysical properties to previously measured anion currents in *A. thaliana*, indicating the involvement of ALMT family anion channels in their transport.

The work is of fundamental importance. The results obtained expand the theoretical knowledge on the permeability of ALMT family channels in higher plants for Cl⁻, malate and ascorbate ions.