

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра клеточной биологии и биоинженерии растений

ЦЫРКУНОВИЧ
Мария Сергеевна

**РОЛЬ КАТИОННЫХ КАНАЛОВ, АКТИВИРУЮЩИХСЯ
ЦИКЛИЧЕСКИМИ НУКЛЕОТИДАМИ, В ТРАНСПОРТЕ
ПОЛИВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ В КОРНЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

Аннотация к дипломной работе

Научный руководитель:
ст. преподаватель В.В. Самохина

Допущена к защите

« ____ » _____ 2022 г.

Зав. кафедрой клеточной биологии и биоинженерии растений
кандидат биологических наук, доцент И.И. Смолич

Минск, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень условных обозначений.....	3
Реферат.....	4
Введение.....	7
Глава 1. Обзор литературы.....	9
1.1 Физиологическая роль незаменимых металлов у растений	9
1.1.1 Медь.....	9
1.1.2 Железо.....	10
1.1.3 Марганец.....	12
1.1.4 Цинк.....	13
1.2 Общая характеристика и строение каналов, активирующихся циклическими нуклеотидами.....	15
1.3. Основные функции каналов CNGC у растений	16
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	20
2.1 Объекты исследования.....	20
2.2 Ростовые тесты на прорастание.....	21
2.3 Техника ростовых тестов с заменой среды.....	21
2.4 Изучение архитектуры кончика корня.....	22
2.5 Определение содержания железа в проростках арабидопсиса.....	23
2.6 Статистическая обработка данных.....	24
Глава 3. Результаты и их обсуждение.....	26
3.1 Изменение ростовых показателей корней арабидопсиса, выращенного на средах с дефицитом незаменимых микроэлементов.....	26
3.2 Изменение архитектуры корней арабидопсиса после замены среды на аналогичную с дефицитом меди и железа.....	31
3.3 Содержание железа в проростках арабидопсиса.....	33
Заключение.....	35
Список использованных источников.....	36

РЕФЕРАТ

Дипломная работа составляет 39 страниц, 12 рисунков, 3 таблицы, 51 источник литературы.

МЕДЬ, ЖЕЛЕЗО, ЦИНК, МАРГАНЕЦ, CNGC, КОРЕНЬ, АРАБИДОПСИС, РОСТОВЫЕ ТЕСТЫ.

В ходе работы использовались корни 10-дневных проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. экотипа Columbia-0 (Col-0) и линий *cngc1* и *cngc10* (отсутствуют гены, кодирующие каналы, активирующиеся циклическими нуклеотидами CNGC1 и CNGC10 соответственно).

Цель данной работы – установление роли катионных каналов CNGC в транспорте поливалентных катионов в корне высших растений.

Методы исследования: культивирование проростков арабидопсиса в вертикальной культуре на гелевой среде; техника ростового теста с заменой среды; анализ основных параметров архитектуры корня *A. thaliana* при помощи инвертированной световой микроскопии, атомно-абсорбционная спектрофотометрия.

Дефицит цинка и марганца оказывал наибольший ингибирующий эффект у линии *cngc1*, что свидетельствует о важности данного канала для поглощения цинка и марганца в условиях низкой обеспеченности среды данными микроэлементами. Недостаток железа и меди снижал прирост длины корней в наибольшей степени у арабидопсиса линии *cngc10*. Вероятно, каналы CNGC1 и CNGC10 обладают различной селективностью к двухвалентным катионам. Анализ изменения архитектуры корня при выращивании в условиях недостатка меди и железа показал, что наибольшую чувствительность демонстрирует зона роста растяжением. При этом, по сравнению с диким типом Col-0 нокаутная линия арабидопсиса *cngc1* оказалась более устойчива к дефициту меди и железа по проанализированным морфологическим параметрам архитектуры корня. Содержание железа не отличалось от контрольного уровня при выращивании арабидопсиса на средах МС с исключением меди, марганца и цинка. Однако, при культивировании арабидопсиса дикого типа экотипа Columbia на среде с исключением железа его уровень в листьях уменьшился в 1,8 раза по сравнению с контролем и составил 0,9 мг/л.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа складае 39 старонак, 12 малюнкаў, 3 табліцы, 51 крыніца літаратуры.

МЕДЗЬ, ЖАЛЕЗА, ЦЫНК, МАРГАНЕЦ, CNGC, КОРАНЬ, АРАБІДАПСІС, РАСТАВЫЯ ТЭСТЫ.

У ходзе даследавання выкарыстоўваліся карані 10-дзённых праросткаў *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. экатыпа Columbia-0 (Col-0) і лініі *sngc1* і *sngc10* (адсутнічаюць гены, якія кадзіруюць каналы, што актывуюцца цыклічнымі нуклеатадымамі CNGC1 і CNGC10 адпаведна).

Мэта дадзенай работы – устанаўленне ролі катыённых каналаў CNGC у транспарце полівалентных катыёнаў у карані вышэйшых раслін.

Метады даследавання: культываванне праросткаў арабідопсісу ў вертыкальнай культуры на гелевым асяроддзі; тэхніка раставага тэста з заменай асяроддзя; аналіз асноўных параметраў архітэктурны караня *A. thaliana* пры дапамозе інвертаванай светлавой мікраскапіі, атамна-абсарбцыйная спектрафотаметрыя.

Дэфіцыт цынку і марганцу аказваў найбольшы інгібіруючы эфект у лініі *sngc1*, што сведчыць аб важнасці дадзенага канала для паглынання цынку і марганцу ва ўмовах нізкай забяспечанасці асяроддзя дадзенымі мікраэлементамі. Недахоп жалеза і медзі зніжаў прырост даўжыні каранёў у найбольшай ступені ў арабідопсісу лініі *sngc10*. Верагодна, каналы CNGC1 і CNGC10 валодаюць рознай селектыўнасцю да двухвалентных катыёнаў. Аналіз змены архітэктурны караня пры вырошчванні ва ўмовах недахопу медзі і жалеза паказаў, што найбольшую адчувальнасць дэманструе зона росту расцяжэннем. Пры гэтым, у параўнанні з дзікім тыпам Col-0 накаўтная лінія арабідопсісу *sngc1* аказалася больш устойлівая да дэфіцыту медзі і жалеза па прааналізаваных марфалагічных параметрах архітэктурны караня. Утрыманне жалеза не адрознівалася ад кантрольнага ўзроўню пры вырошчванні арабідопсісу на асяроддзях МС з выключэннем медзі, марганцу і цынку. Аднак, пры культываванні арабідопсісу дзікага тыпу экатыпу Columbia на асяроддзі з выключэннем жалеза яго ўзровень у лісці паменшыўся ў 1,8 разы ў параўнанні з кантролем і склаў 0,9 мг/л.

ABSTRACT

The thesis consists of 39 pages, 12 figures, 3 tables, 51 sources of literature.

COPPER, IRON, ZINC, MANGANESE, CNGC, ROOT, ARABIDOPSIS, GROWTH TESTS.

The object used in the study is the roots of 10-day-old seedlings of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. ecotypes Columbia-0 (Col-0) and line *cngc1* and *cngc10* (lacking gene encoding channels activated by cyclic nucleotides CNGC1 and CNGC10, respectively).

The purpose of this work is to reveal is to establish the role of CNGC cation channels in the transport of polyvalent cations at the root of higher plants.

Research methods: cultivation of *Arabidopsis* seedlings in vertical culture on a gel medium; growth test technique with medium change; analysis of the main parameters of the root architecture of *A. thaliana* using inverted light microscopy, atomic absorption spectrophotometry.

Zinc and manganese deficiency had the greatest inhibitory effect in line *cngc1*, indicating the importance of this channel for zinc and manganese uptake under conditions of low environmental provision with these trace elements. Lack of iron and copper reduced the root length growth to the greatest extent in *Arabidopsis* line *cngc10*. Probably, CNGC1 and CNGC10 channels have different selectivity for divalent cations. Analysis of the changes in the root architecture during cultivation under conditions of copper and iron deficiency revealed that the root elongation zone showed the highest sensitivity compared to the wild type Col-0. The *Arabidopsis cngc1* knockout line appeared to be more resistant to copper and iron deficiency by the analyzed morphological parameters of the root architecture. The iron content did not differ from the control level when *Arabidopsis* was grown on MS media with the exclusion of copper, manganese, and zinc. However, when *Arabidopsis* wild-type Columbia ecotype was cultivated on medium with iron exclusion, its level in leaves decreased 1.8-fold as compared with the control and amounted to 0.9 mg/l.