

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра клеточной биологии и биоинженерии растений

КЛИМ

Яна Валерьевна

**ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО И АЛЮМИНИЕВОГО
СТРЕССА НА АРХИТЕКТУРУ КОРНЯ *ARABIDOPSIS*
THALIANA L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO***

Аннотация дипломной работы

Научный руководитель:
ст. преподаватель В.В. Самохина

Допущена к защите

«___» _____ 2021 г.

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

Минск, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень условных обозначений.....	3
Реферат.....	4
Введение.....	7
Глава 1. Обзор литературы.....	8
1.1 Характеристика окислительного стресса и его влияние на рост и развитие высших растений	8
1.1.1 Определение понятия стресса. Теория Ганса Селье	8
1.1.2 Активные формы кислорода и их влияние на растения.....	10
1.1.3 Воздействие алюминия на рост и развитие высших растений.....	14
1.1.4 Окислительный стресс, вызываемый алюминием, и антиоксидантная защита растений.....	16
1.2 Особенности строения и развития корневой системы арабидопсиса.	17
1.3. Калиевые каналы растений.....	22
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	23
2.1 Объекты исследования.....	23
2.2 Техника ростовых тестов с заменой среды.....	23
2.3 Изучение архитектуры кончика корня.....	24
2.4 Статистическая обработка данных.....	25
Глава 3. Результаты и их обсуждение.....	26
3.1 Изменение ростовых показателей корней арабидопсиса при добавлении смеси, генерирующей гидроксильные радикалы, в среду выращивания.....	26
3.2 Изменение архитектуры корней арабидопсиса при воздействии окислительного стресса.....	29
3.3 Выявление эффектов перекиси водорода на параметры роста корней арабидопсиса.....	31
3.4 Воздействие перекиси водорода на архитектуру корней арабидопсиса.....	34
3.5 Влияние различных концентраций алюминия на ростовые показатели корней арабидопсиса.....	36
3.6 Изменение архитектуры корней арабидопсиса при воздействии алюминиевого стресса.....	38
Заключение.....	40
Список использованных источников.....	41

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АМК – апикальная меристема корня;
АФК – активные формы кислорода;
СОД – супероксиддисмутаза;
САТ – каталаза;
ПЦ – покоящийся центр;
АРХ – аскорбатпероксидаза;
AsA – аскорбат; DHAR – дегидроаскорбатредуктаза;
G-POX – гваяколпероксидаза;
GR – глутатионредуктаза;
GSH – глутатион;
GST – глутатион-S-трансфераза;
LRP – латеральный участок корня;
MDHAR – монодегидроаскорбатредуктаза;
RCJ – соединения между корнем и корневым чехликом.

РЕФЕРАТ

Дипломная работа составляет 44 страницы, 9 рисунков, 4 таблицы, 55 источников литературы.

K⁺-КАНАЛ GORK, АКТИВНЫЕ ФОРМЫ КИСЛОРОДА, АЛЮМИНИЙ, РОСТОВЫЕ ТЕСТЫ, КОРЕНЬ.

В работе использовались корни 5-10-дневных проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. экотипа Wassilevskija (WS-0) и линия *gork1-1*, у которой отсутствует ген, кодирующий наружу-выпрямляющий K⁺-канал GORK.

Цель данной работы – выявить закономерности воздействия алюминия и активных форм кислорода на рост и архитектуру корней проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. дикого типа и с модифицированной структурой K⁺-канала GORK.

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.

Перекись водорода в концентрации 0,1-1 мМ не оказывала существенного влияния на рост корней арабидопсиса, в то время как 3 мМ H₂O₂ и Al³⁺ вызывает половинное ингибирование. Воздействие 1 мМ Al³⁺ на растения арабидопсиса ws-0 вызывало набухание корней в зоне деления и в зрелой зоне корня. Наибольшую чувствительность при добавлении алюминия демонстрирует зона роста растяжением, что, вероятно, связано с угнетением роста корневых волосков для ограничения попадания алюминия в организм растения. Растения арабидопсиса *gork 1-1*, у которых отсутствует ген, кодирующий наружу-выпрямляющий K⁺-канал, оказались более устойчивы к воздействию $\cdot\text{OH}$, H₂O₂ и Al³⁺, что свидетельствует о вовлечении данного канала в ответ растений на окислительный стресс. Результаты данной работы имеют значение для улучшения понимания механизмов ответа высших растений на окислительный стресс, что может быть также применено на практике для создания устойчивых сортов культурных видов растений и при подборе оптимальных условий их выращивания.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа складае 44 старонкі, 9 малюнкаў, 4 табліцы, 55 крыніц літаратуры.

K⁺-КАНАЛ GORK, АКТЫЎНЫЯ ФОРМЫ КІСЛАРОДУ, АЛЮМІНІЙ, РАСТАВЫЯ ТЭСТЫ, КОРАНЬ.

У ходзе даследавання выкарыстоўваліся карані 5-10-дзённых праросткаў *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.экатыпа Wassilevskija (WS-0) і лінія *gork1-1* (адсутнічае ген, што кадуе вонкі-выпростаючы K⁺-канал).

Мэта дадзенай работы – выявіць заканамернасці ўздзеяння алюмінія і актыўных формаў кіслароду на на рост і архітэкттуру каранёў праросткаў *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. дзікага тыпу і з мадыфікаванай структурай K⁺-канала GORK.

Метады даследавання: культываванне праросткаў арабідопсіса ў вертыкальнай культуры на гелевай асяроддзі; тэхніка роставага тэсту з заменай асяроддзя, аналіз асноўных параметраў архітэкттуры кораня *Arabidopsis thaliana* пры дапамозе інвертаванай светлавой мікраскапіі.

Перакіс вадароду ў канцэнтрацыі 0,1-1 мМ не аказвала істотнага ўплыву на рост каранёў арабідопсіса, у той час як 3 мМ H₂O₂ і Al³⁺ выклікае палавіннае інгібіраванне. Ўздзеянне 1 мМ Al³⁺ на расліны арабідопсіса ws-0 выклікала набуханне каранёў у зоне дзялення і ў зоне ўсмоктвання кораня. Найбольшую адчувальнасць пры даданні алюмінія дэманструе зона росту расцяжэннем, што, верагодна, звязана з адсутнасцю росту каранёвых валаскоў для абмежавання траплення алюмінія ў арганізм расліны. Расліны арабідопсіса *gork 1-1*, у якіх адсутнічае ген, кадавальны вонкі-выпростаючы K⁺-канал, апынуліся больш устойлівымі да ўздзеяння •ОН, H₂O₂ і Al³⁺, што сведчыць аб уцягванні дадзенага канала ў адказ раслін на акісляльны стрэс. Вынікі дадзенай работы маюць значэнне для паляпшэння разумення механізмаў адказу вышэйшых раслін на акісляльных стрэс, што можа быць таксама ўжыта на практыцы для стварэння ўстойлівых гатункаў культурных відаў раслін і пры падборы аптымальных умоў іх вырошчвання.

ABSTRACT

The thesis consists of 44 pages, 9 figures, 4 tables, 55 sources of literature.

K⁺-CHANNEL GORK, REACTIVE OXYGEN SPECIES, ALUMINIUM, GROWTH TESTS, ROOT.

The object used in the study is the roots of 5-7-day-old seedlings of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. ecotypes Wassilevskija (WS-0) and line *gork1-1* (lacking gene encoding outward-rectifying K⁺-channel GORK).

The purpose of this work is to reveal the character of the aluminium with different meanings pH effect on the growth and architecture of the roots of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. of wild type and with the modified structure of the K⁺-channel GORK.

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.

Hydrogen peroxide (0.1-1 mM) did not significantly affect the growth of *Arabidopsis* roots, while 3 mM H₂O₂ and Al³⁺ caused half-inhibition. The effect of 1 mM Al³⁺ on *Arabidopsis* ws-0 caused root swelling in the division zone and in the mature root zone. The greatest sensitivity when adding aluminum is shown by the stretch growth zone, which is probably due to the inhibition of the growth of root hairs to limit the ingress of aluminum into the plant body. Plants of *Arabidopsis gork 1-1*, which lack the gene encoding the outward-rectifying K⁺ channel, turned out to be more resistant to the effects of [•]OH, H₂O₂, and Al³⁺, which indicates the involvement of this channel in plant response to oxidative stress. The results of this work are important for improving the understanding of the mechanisms of the response of higher plants to oxidative stress, which can also be applied in practice to create resistant varieties of cultivated plant species and to select optimal conditions for their cultivation.