

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра клеточной биологии и биоинженерии растений**

**ЛОЗИЦКАЯ**  
Карина Викторовна

**АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРАЙМИНГ-АГЕНТОВ НА РОСТОВЫЕ  
ПАРАМЕТРЫ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЧЕРЕНКОВ И МИКРОКЛОНОВ**  
***SALIX SP.***

Аннотация  
к дипломной работе

Научный руководитель:  
младший научный сотрудник  
НИЛ физиологии и биотехнологии  
растений А.Ю. Шашко

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 .....                                                                                                               | 2  |
|         | Реферат.....                                                                                                                                      | 3  |
|         | Введение .....                                                                                                                                    | 6  |
| Глава 1 | Обзор литературы .....                                                                                                                            | 9  |
|         | 1.1 Вегетативное размножение высших растений .....                                                                                                | 9  |
|         | 1.2 Культивирование <i>in vitro</i> .....                                                                                                         | 12 |
|         | 1.3 Выведение микроклонально размноженных растений в<br>нестерильные условия почвенного субстрата .....                                           | 14 |
|         | 1.4 Прайминг семян, черенков и микроклонов высших растений ..                                                                                     | 15 |
|         | 1.5 Типы прайминг-агентов .....                                                                                                                   | 17 |
|         | 1.6 Молекулярные механизмы прайминга .....                                                                                                        | 19 |
|         | 1.7 Растительные гормоны как прайминг-агенты .....                                                                                                | 22 |
|         | 1.8 Цифровое фенотипирование растений .....                                                                                                       | 25 |
|         | 1.9 Фенотипирование корней .....                                                                                                                  | 27 |
| Глава 2 | Объект и методы исследований.....                                                                                                                 | 29 |
|         | 2.1 Объекты исследования .....                                                                                                                    | 29 |
|         | 2.2 Вегетативное размножение ивы Матсудана стеблевыми<br>черенками.....                                                                           | 29 |
|         | 2.3 Микроклональное размножение ивы козьей .....                                                                                                  | 29 |
|         | 2.4 Гормональный и антиоксидантный прайминг.....                                                                                                  | 30 |
|         | 2.5 Культивирование черенков и микроклонов ивы .....                                                                                              | 30 |
|         | 2.6 Анализ укоренения и адаптации .....                                                                                                           | 31 |
|         | 2.7 Статистическая обработка данных .....                                                                                                         | 32 |
| Глава 3 | Результаты и их обсуждения .....                                                                                                                  | 33 |
|         | 3.1 Анализ укореняемости черенков ивы Матсудана в почвенном<br>субстрате после праймирования.....                                                 | 33 |
|         | 3.2 Анализ укореняемости микроклонов ивы козьей в почвенном<br>субстрате после праймирования.....                                                 | 37 |
|         | 3.3 Разработка методики неповреждающего прижизненного<br>фенотипирования корневой системы высших растений в твердых<br>почвенных субстратах ..... | 41 |
|         | Заключение .....                                                                                                                                  | 45 |
|         | Список использованных источников.....                                                                                                             | 47 |

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа 55 с., 9 рис., 86 источников.

### ПРАЙМИНГ, МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ, СТЕБЛЕВЫЕ ЧЕРЕНКИ, *SALIX SP.*, ФЕНОТИПИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ

Целью данной работы был анализ воздействия различных прайминг-агентов на ростовые параметры корневой системы черенков и микроклонов *Salix sp.* при адаптации к нестерильным условиям выращивания, а также теоретическая и практическая разработка системы фенотипирования корневой системы при культивировании растений в твердом почвенном субстрате.

Объектами исследования в настоящей работе являлись черенки ивы Матсудана (*Salix matsudana*) и микроклоны ивы козьей (*Salix caprea L.*).

Основные методы исследования: вегетативное размножение ивы Матсудана стеблевыми черенками, микроклональное размножение ивы козьей, гормональный и антиоксидантный прайминг полученных черенков и микроклонов, разработка системы неповреждающего прижизненного фенотипирования корневой системы в твердых почвенных субстратах, анализ укоренения и адаптации при помощи цифрового фенотипирования, статистическая обработка данных.

Проведенные исследования показали, что обработка стеблевых черенков *Salix matsudana* прайминг-агентами с pH 7,0 продемонстрировала наилучший корнестимулирующий эффект в сравнении с pH 5,0 и pH 6,0. Лучшие и наиболее стабильные результаты продемонстрировали ЭК и ЭБ, в то время как воздействие ИУК, ИМК и тиомочевины менее выражено и сильно зависит от pH. ДМСО, спирт, глутатион и АК не показали значимых результатов, т.е. не имели стимулирующего действия. При обработке микроклонов *Salix caprea* все прайминг-агенты (ИМК, ИУК, ЭБ, ЭК) с высокой статистической достоверностью оказывали стимулирующий эффект на корневую систему; однако, при сравнении средней длины корней в прайминг-обработках относительно друг друга достоверных различий не обнаружено. По совокупности проанализированных признаков (выживаемость, среднее количество листьев на растение и средняя площадь листа), наилучшим адаптогенным и стимулирующим эффектом обладает индолилуксусная кислота. Разработанный макет культивационной камеры является функциональным и пригодным для использования с целью неповреждающего прижизненного фенотипирования корневой системы высших растений, при этом обладает рядом преимуществ относительно существующих аналогов и потенциалом к доработке и масштабированию системы.

## РЭФЕРАТ

Дыпломная работа 55 с., 9 мал., 86 крыніц.

### ПРАЙМІНГ, МІКРАКЛАНАЛЬНАЕ РАЗМНАЖЭННЕ, СЦЯБЛЯВЫЯ ЧАРАНКІ, *SALIX SP.*, ФЕНАТЫПІРАВАННЕ КАРАНЁВАЙ СІСТЭМЫ

Мэтай дадзенай працы быў аналіз уздзеяння розных праймінг-агентаў на роставыя параметры каранёвай сістэмы чаранкоў і мікраклонаў *Salix sp.* пры адаптацыі да нестэрыльных умоў вырошчвання, а таксама тэарэтычная і практычная распрацоўка сістэмы фенатыпіравання каранёвай сістэмы пры культываванні раслін у цвёрдым глебавым субстраце.

Аб'ектамі даследавання ў сучаснай рабоце з'яўляліся чаранкі вярбы Матсудана (*Salix matsudana*) і мікраклоны вярбы казінай (*Salix caprea L.*).

Асноўныя метады даследавання: вегетатыўнае размножанне вярбы Матсудана сцяблявымі чаранкамі, мікракланальнае размножанне вярбы казінай, гарманальны і антыаксідантны праймінг атрыманых чаранкоў і мікраклонаў, распрацоўка сістэмы непашкоджальнага прыжыццёвага фенатыпіравання каранёвай сістэмы ў цвёрдых глебавых субстратах, аналіз укаранення і адаптацыі пры дапамозе лічбавага фенатыпіравання, статыстычная апрацоўка даных.

Праведзеныя даследаванні паказалі, што апрацоўка сцяблевых чаранкоў *Salix matsudana* праймінг-агентамі з рН 7,0 прадэманстравала найлепшыя корнестымулюючыя эфекты ў параўнанні з рН 5,0 і рН 6,0. Лепшыя і найбольш стабільныя вынікі прадэманстравалі ЭК і ЭБ, у той час як уздзеянне ИУК, ИМК і тыямачавіны менш выяўлена і моцна залежыць ад рН. ДМСО, спірт, глутатыён і АК не паказалі значных вынікаў, г.зн. не мелі стымулюючага дзеяння. Пры апрацоўцы мікраклонаў *Salix caprea* ўсе праймінг-агенты (ИМК, ИУК, ЭБ, ЭК) з высокай статыстычнай дакладнасцю аказвалі стымулюючы эфект на каранёвую сістэму; аднак, пры параўнанні сярэдняй даўжыні каранёў у праймінг-апрацоўках адносна адзін аднаго дакладных адрозненняў не выяўлена. Па сукупнасці прааналізаваных прыкмет (выжывальнасць, сярэдняя колькасць лісця на расліну і сярэдняя плошча ліста), найлепшым адаптагенным і стымулюючым эфектам валодае індалілвоцатная кіслата. Распрацаваны макет культывацыйнай камеры з'яўляецца функцыянальным і прыдатным для выкарыстання з мэтай непашкоджальнага прыжыццёвага фенатыпіравання каранёвай сістэмы вышэйшых раслін, пры гэтым валодае побач пераваг адносна існуючых аналагаў і патэнцыялам да дапрацоўкі і маштабавання сістэмы.

## ABSTRACT

Graduate work 55 p., 9 pic., 86 references.

PRIMING, MICROCLONAL PROPAGATION, STEM CUTTINGS, *SALIX* SP., ROOT SYSTEM PHENOTYPING

The aim of this work was to analyze the effect of various priming agents on the growth parameters of the root system of cuttings and microclones of *Salix* sp. when adapting to non-sterile growing conditions, as well as the theoretical and practical development of a system for phenotyping the root system during cultivating plants in a solid soil substrate.

The objects of study in this work were cuttings of Matsudana willow (*Salix matsudana*) and microclones of goat willow (*Salix caprea* L.).

Main research methods: vegetative propagation of Matsudana willow by stem cuttings, microclonal propagation of goat willow, hormonal and antioxidant priming of the resulting cuttings and microclones, development of a system for non-damaging intravital phenotyping of the root system in solid soil substrates, analysis of rooting and adaptation using digital phenotyping, statistical data processing.

The conducted studies showed that the treatment of *Salix matsudana* stem cuttings with priming agents with pH 7,0 demonstrated the best root-stimulating effect in comparison with pH 5,0 and pH 6,0. The best and most stable results were demonstrated by EC and EB, while the effect of IAA, IBA and thiourea was less pronounced and strongly dependent on pH. DMSO, alcohol, glutathione and AA showed no significant results, i.e. did not have a stimulating effect. During the treatment of *Salix caprea* microclones, all priming agents (IBA, IAA, EB, EC) had a stimulating effect on the root system with high statistical significance; however, during comparing the average length of roots in priming treatments relative to each other no significant differences were found. According to the totality of the analyzed traits (survival rate, average number of leaves per plant and average leaf area), indoleacetic acid has the best adaptogenic and stimulating effect. The developed layout of the cultivation chamber is functional and suitable for use for the purpose of non-damaging intravital phenotyping of the root system of higher plants, while it has a number of advantages over existing analogues and the potential for refinement and scaling of the system.