

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА

Біологічний факультет

Кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології

К в а л і ф і к а ц і й н а р о б о т а
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему «**Визначення впливу актинобактерій на ріст та розвиток**

кукурудзи у культурі *in vitro*»

«Determination of the impact of actinobacteria on growth and development of
maize *in vitro*»

Виконала:

здобувачка денної форми навчання
Спеціальність 091 Біологія
ОП Мікробіологія і вірусологія
Жиловська Катерина Ярославівна

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Ямборко Ганна Валентинівна

Науковий консультант:

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент
Теслюк Наталія Іванівна

Рецензент:

кандидат біологічних наук, доцент
Якуба Ірина Петрівна

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ _____ від « ____ » _____ р.

Захищено на засіданні ЕК № 1

Протокол № _____ від « ____ » _____ р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бал)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Одеса – 2022

Анотація

Встановлена можливість використання нових штамів актинобактерій для отримання культури *in vitro* у кукурудзи. Було проведено оптимізацію поживного середовища за фітогормональним складом для покращення приживлюваності ініціальних експлантів кукурудзи (*Zea mays L.*), а також процесів калусоутворення та органогенезу. Визначено вплив актинобактерій Чорного моря на морфометричні показники проростання насіння кукурудзи (*Zea mays L.*) гібриду DCS 1541, а також можливість використання даних мікроорганізмів на етапі адаптації рослин регенерантів *Zea mays* до природніх умов. Встановлено, що інокуляція штамми Conc4, Myt7b, Conc32, Lim4, Conc18 позитивно впливала на адаптаційні процеси рослин-регенерантів кукурудзи. Визначено, що найбільш ефективною на етапі адаптації для кукурудзи була бактеріальна культура Conc32 у концентрації 10 % з кількістю 2.89×10^6 клітин /мл.

Дипломну роботу викладено на 51 сторінках друкованого тексту. Робота ілюстрована 3 таблицями та 20 рисунками. У роботі наведено посилання на 66 джерел літератури (30 кирилицею та 36 латиницею).

Ключові слова: *культура in vitro, актинобактерії, бактеріальна культура, експланти, Zea mays, умови in vivo.*

The possibility of using new strains of actinobacteria for obtaining *in vitro* culture in corn has been established. Optimizing the nutrient medium in terms of phytohormonal composition was carried out to improve the survival of initial explants of corn (*Zea mays L.*), as well as the processes of callus formation and organogenesis. The impact of Black Sea actinobacteria on the morphometric indicators of seed germination of msize (*Zea mays L.*) hybrid DCS 1541 was determined, as well as the possibility of using these microorganisms at the stage of adaptation of *Zea mays* regenerant plants to natural conditions. It was established that inoculation with strains Conc4, Myt7b, Conc32, Lim4, Conc18 had a positive effect on the adaptation processes of corn regenerant plants. It was determined that the bacterial culture Conc32 at a concentration of 10% with the number of 2.89×10^6 cells/ml was the most effective for maize.

The thesis is presented on 51 pages of printed text. The work is illustrated with 3 tables and 20 figures. The work contains references to 66 literary sources (30 in cyrillic and 36 in latin).

Key words: *in vitro culture, actinobacteria, bacterial culture, explants, Zea mays, in vivo conditions.*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Характеристика донорної рослини кукурудзи (<i>Zea mays</i>).....	8
1.2. Характеристика модельного гібриду кукурудзи DCS 1541	9
1.3. Біотехнологічні аспекти кукурудзи в культурі <i>in vitro</i>	10
1.3.1. Особливості однодольних рослин в культурі <i>in vitro</i>	10
1.3.2. Культура ізольованих зародків рослин кукурудзи в умовах <i>in vitro</i>	12
1.4. Вплив мікроорганізмів на ріст та розвиток рослин.....	14
1.4.1. Взаємозв'язок бактерій групи PGPM з рослинами.	14
1.4.2. Актиноміцети, як одні з основних симбіонтів рослин	15
1.4.3. Характеристика мікроорганізмів порядку <i>Actinomycetales</i>	17
1.4.4. Характеристика актинобактерій виділених з Чорного моря.....	19
2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1. Матеріал досліджень	21
2.2. Методика проведення досліджень	22
2.3. Статистична обробка отриманих даних	25
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	27
3.1. Оптимізація фітогормонального складу поживного середовища для отримання якісного рослинного матеріалу кукурудзи в культурі <i>in vitro</i>	27
3.1.1. Оптимізація процесів калусогенезу кукурудзи (<i>Zea mays</i>)	29
3.1.2. Пагонеутворення кукурудзи (<i>Zea mays</i>) в культурі <i>in vitro</i>	30
3.2. Скринінг впливу актинобактерій на морфометричні показники проростання насіння кукурудзи гібриду DCS 154	33
3.3. Виявлення впливу актинобактерій на процеси адаптації рослин регенерантів кукурудзи (<i>Zea mays</i>) гібриду DCS 1541.	37
УЗАГАЛЬНЕННЯ	42
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	44

ПРИЙНЯТТІ СКОРОЧЕННЯ ТА АБРЕВІАТУРИ

ІОК — індолілоцтова кислота

DCS 1541 — модельний гібрид кукурудзи

Zea mays — кукурудза звичайна

PGPM — plant growth promotion microbes

pH — водневий показник

MS – середовище Мурасиге - Скуга

2,4-Д — 2,4- дихлорфеноксіоцтова кислота

6-БАП — 6-бензиламінопурин

НСР — найменша середня різниця

ВСТУП

Україна — потенційний лідер аграрного виробництва. Однією з найперспективніших сільськогосподарських культур є кукурудза (*Zea mays*). З кожним роком питання збільшення виробництва постає все гостріше [Wahyudi, at al., 2019]. Головне джерело підвищення врожайності — ефективне використання нових гібридів, для створення яких необхідний широкий спектр знань в галузі селекції, та біотехнології.

Абсолютна більшість генетичної різноманітності кукурудзи базується на тропічному фотоперіодочутливому матеріалі з Південної та Центральної Америки [Дзюбецький, та ін., 2019]. З таким матеріалом складно працювати у зонах помірною клімату, до яких належить більша частина території України.

На сьогоднішній день насіння кукурудзи походить з обмеженої кількості чистих ліній, що відкриває шлях до зростання захворюваності та обмежує покращення кукурудзи помірною клімату. Досліджуються можливості створення нового вихідного матеріалу для селекційних потреб та комерційного виробництва кукурудзи біотехнологічним шляхом.

Останнім часом все більше значення мають рослини різних видів, створені та вирощені за допомогою біотехнологічних методів, що базуються на використанні культури *in vitro*. Біотехнологічне спрямування розширює можливості використання мікроорганізмів, в тому числі в рослинно-мікробних системах. У природному середовищі рослини колонізуються великою кількістю мікроорганізмів. Ці різноманітні мікроорганізми взаємодіють один з одним і господарем, утворюючи складну спільноту мікробіомів [Wahyudi, at al., 2019]. Все більше досліджень вказують на те, що мікробіом має значний вплив на врожайність, здоров'я рослин, сприяючи росту, стресостійкості та резистентності до дії фітопатогенів.

Група ріст-стимулюючих для рослин мікроорганізмів (PGPM) сьогодні є одним з головних напрямків досліджень для забезпечення балансу агроєкосистем, зменшення негативного впливу пестицидів та хімічних

добрив [Goswami, et al., 2020]. Багато видів культурних рослин активно взаємодіють з актинобактеріями утворюючи актиноризу. Даний тип симбіотичних відносин рослин з мікрорганізмами є найменш вивченим. На актиноризні симбіонти приходиться більше 15% біологічно фіксованого азоту у всьому світі. Оскільки кукурудза є актиноризною рослиною [Battini, 2017], то ймовірно може взаємодіяти не лише з ґрунтовими видами актинобактерій. Актинобактерії виділені з Чорного моря володіють значною метаболічною активністю, що дає змогу перевірити можливість їх використання, як стимуляторів росту, та регуляторів стресу для кукурудзи в умовах *in vitro*.

Актуальним є пошук варіантів забезпечення ефективного перебігу технологічних процесів мікроклонального розмноження кукурудзи, а також удосконалення окремих етапів мікроклонального розмноження кукурудзи за допомогою симбіотичних актинобактерій.

Перспективним є використання нових штамів мікроорганізмів для отримання матеріалу вищої якості при мікроклональному розмноженні рослин.

Метою даної роботи було вивчити вплив та встановити можливість використання нових штамів актинобактерій для отримання культури *in vitro* у кукурудзи (*Zea mays*).

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

1. Оптимізувати фітогормональний склад поживного середовища для стимуляції калусогенезу та органогенезу.
2. Отримати якісний рослинний матеріал кукурудзи (*Zea mays*) в культурі *in vitro* для подальших досліджень.
3. Встановити можливість використання та проаналізувати вплив бактеріальної суспензії дослідних штамів на ростові процеси насіння гібриду кукурудзи (*Zea mays*) DCS 1541

4. Визначити перспективні штами актинобактерій для їх подальшого використання в удосконаленні процесів адаптації мікроклонів кукурудзи до умов *in vivo*.
5. Виявити вплив актинобактерій на процеси адаптації рослин- регенерантів *Zea mays* гібриду DCS 1541 до умов *in vivo*.

Об'єкт дослідження – процеси мікроклонального розмноження ізольованих зародків та адаптації рослин кукурудзи (*Zea mays*) з культури *in vitro* до умов *in vivo*.

Предмет дослідження — вплив дослідних штамів актинобактерій на ростові процеси насіння кукурудзи гібриду DCS 1541, та на рослини регенеранти *Zea mays* на етапі їх адаптації до умов *in vivo*.

Висновки

1. Встановлено, що середовище MS з додаванням ІОК 2 мг/л. та 6-БАП в концентрації 0,5 мг/л найкраще впливало на приживлюваність ініціальних експлантів (84%) та на процеси утворення калусу (47%).
2. Для стимуляції процесів проліферації, утворення пагонів та в подальшому повноцінних мікроклонів кукурудзи *in vitro* кращим було середовище MS з додаванням 6-БАП в концентрації 2 мг/л та ІОК 0,5 мг/л, в результаті чого було отримано 50 шт мікроклонів кукурудзи (*Zea mays*) для подальшого вивчення впливу актинобактерій.
3. Визначено, позитивний вплив штамів: Myt7b (7.86×10^6), Conc18 (1.02×10^6), Conc4 (4.77×10^6), Lim4 (1.57×10^6) для стимуляції розвитку кореневої системи кукурудзи, а штам Conc 32 (2.89×10^6) проявив інтенсивніший вплив на розвиток паростків у насіння кукурудзи (*Zea mays*).
4. Для удосконалення процесів адаптації рослин регенерантів кукурудзи (*Zea mays*) визначено перспективні штами актинобактерій, а саме: Myt7b (7.86×10^6), Lim 4 (1.57×10^6), Conc 4 (4.77×10^6), Conc 18 (1.02×10^6), Conc 32 (2.89×10^6).
5. Встановлено, що бактеріальні суспензії штамів Myt7b (7.86×10^6), Lim4 (1.57×10^6), Conc 32 (2.89×10^6) значно стимулюють розвиток пагонів, розвиток кореневої системи регенерантів та підвищують стійкість рослин гібриду кукурудзи DCS 1541 на етапі адаптації до природніх умов.
6. Встановлено, що найперспективнішим є штам Conc 32 з кількістю клітин 2.89×10^6 підвищує життєздатність рослин регенерантів кукурудзи на 82%, висоту рослин на 13,8 см порівняно з контролем на 10-ту добу адаптації.

Список використаної літератури

1. Волкогон В.В. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / В.В.Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська та ін. – Київ: Аграрна наука, 2006. – 255 с.
2. Гончар Ю. О. Явище паранодуляції на коренях шовковиці / Ю.О. Гончар, О.В. Надкернична, І.В. Волкова // Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. – Чернігів, 2006. — № 3. — С. 5 – 15.
3. Горбатюк І. Р. Вплив регуляторів росту на регенераційну здатність калюсу м'якої пшениці сорту Зимоярка / І. Р. Горбатюк, І. С. Гнатюк, М. О. Банникова, А. М. Тараненко, Б. В. Моргун // Физиология растений и генетика. – 2015. – С. 1 – 7.
4. Агробиологія ризосфери рослин монографія: / Я.М. Гадзало, Н.В. Патька, А.С. Заришняк. – Київ: Аграрна наука, 2015. – 386 с.
5. Насінництво кукурудзи: навч. посіб. / Б. В. Дзюбецький та ін. ; Нац. акад. аграр. наук України, Держ. установа «Ін-т зерн. культур». — Київ: Аграрна наука, 2019. — 199 с.
6. Дедюхина О. Н. Адаптація рослин-регенерантов к почвенным условиям / О. Н. Дедюхина, А. С. Константинова, О. Г. Баранова // Вестник удмуртского университета, 2011. – № 9. – С. 15–23.
7. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні
Режим доступу: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyeestr-sortiv-roslin> (дата звернення 15.11.2022).
8. Емцев, В.Т. Микробиологія / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – Москва: Издательство Дрофа, 2005. — 101 с.
9. Іваниця В. О. Біологічна різноманітність бактерій ґрунту та поверхневих вод Чорного моря / В.О. Іваниця, О.Є. Боброва, А.М. Остапчук, Й. Б. Крістоффер-сен, Н. В. Коротаєва, Г. В. Лісютін та ін. // Наук. Зап. Терноп. Нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2015. – С. 270–273.

10. Мікробіологічні дослідження Чорного моря : монографія / В.О. Іваниця, Т.В. Гудзенко, І.В. Страшнова, Н.Ю. Васильєва, М.Д. Штеніков, Н.В. Коротаєва // ред. В.О. Іваниця; Одес. нац. ун-т імені І. І. Мечникова. – Одеса: ОНУ, 2021. — С. 139 – 142.
11. Кириченко В. В. Захист кукурудзи від хвороб і шкідників / В. В. Кириченко, В. П. Петренкова, І. А. Гур'єва, Л. М. Чернобай, І. М. Черняєва, Т. Ю. Маркова. // Укр. ак. аг-них наук. Ін-т рос-тва ім. В. Я. Юр'єва УААН. Посібник українського хлібороба. Науково-практичний збірник. — 2008. —116 с.
12. Современная микробиология: в 2 т. / под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля // . – Москва: Мир, 2005. – Т. 1, № 3. – С. 261 – 272.
13. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор // – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – С. 232 – 234.
14. Лысак В.В. Микробиология : учеб. пособие / В. В. Лысак // . – Минск: БГУ, 2007. – С. 382 – 384.
15. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин : підруч. / М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, В. А. Кунах. – К. : Поліграф Консалтинг, 2003. – 315 с.
16. Мишустин Е.Н. Микробиология / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев // – М.: Высшая школа, 1978. – 350 с
17. Молоцький М.Я. Спеціальна селекція і насінництво польових культур / За ред. М.Я. Молоцького – Біла Церква, 2010. – С. 120 – 127.
18. Муродова С. С. Комплексные микробные препараты. Применение в сельскохозяйственной практике / С. С. Муродова, К. Д. Давранов // Biotechnologia Acta. – 2014. – Т. 7, № 6 – С. 92-101.
19. Практикум по микробиологии: Учеб. Пособие для студ. высших учеб. Заведений / А. И. Нетрусова, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук и др.; Под ред. А. И. Нетрусова. – М.: Изд. Цент «Академия». – 2005. – 608 с.
20. Кукурудза. Селекція та вирощування гібридів: монографія / В. Д. Паламарчук, В. А. Мазур, О. Л. Зозуля — Вінниця, 2009. — 200 с.

21. Патица В.П. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. / В.П. Патица, І.А. Тихонович, І.Д. Філіп'єв та ін.. – К.: Урожай, 1993. – 173 с.
22. Статистичні методи в біології: підруч. для студентів ВНЗ / Ю. І. Прилуцький, О. В. Ільченко, О.В. Цимбалюк, С. О. Костерін ; НАН України. Ін-т біохімії ім. О. В. Палладіна ; ред. Н. А. Серебрякова. – Київ : Наукова думка, 2017. – 211 с.
23. Сатарова Т.М. Використання калусних тканин кукурудзи у селекції на стійкість до абіотичних факторів / Т.М. Сатарова, О.Є. Абраїмова, К.В. Деркач // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2012. – V 22. – С 4–8.
24. Калусогенез у ліній кукурудзи на фоні ауксинового навантаження / Т. М. Сатарова, Г. Р. Піралов, Н. А. Боденко, О. Є. Абраїмова // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2010. – V 12. – С 5–15.
25. Стейниер Р. Мир мікробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. – Москва: Мир, 1979. – Т.3. – С. 341– 342.
26. Титаренко Н.В. Удосконалення процесів мікроклонального розмноження Ожини звичайної *Rubus caesius L.* сорту Торнфрі / Н.В. Титаренко Н.І. Теслюк // Мікробіологія та біотехнологія . – 2020. – № 2, – С. 72–84
27. Трутаєв С.І. Визначення технологічних параметрів лікарської рослинної сировини, що входить до складу складної настойки «Равісол» / С.І. Трутаєв, О.І. Тихонов, О.С. Шпичак // Вісник фармації. – 2008. – 82 с.
28. Федоренко Е. М. Методика виробництва насіння кукурудзи: монографія / Е. М. Федоренко, А. В. Алдошин, Т. П. Черенкова. — Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2013. — 52 с.
29. Хоулт Дж. Визначник бактерій Берджи / Дж. Хоулт, Н. Криг та ін. // У 2-х т. Том 2. — Москва: Мир, 1997. — 368 с.
30. Чеченєва Т.М. Спонтанна та індукована мінливість кукурузи *in vitro* : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.15 “ Фізіологія та біохімія культурних рослин” / Т.М. Чеченєва — Київ, 2003. – 41 с.

31. Adesemoye A. O. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers / A. O. Adesemoye, H. A. Torbert, J. W. Kloepper // *Microbial Ecology*. – 2009. – Vol. 58, №4. – P. 921–929.
32. In vitro plant regeneration from quality protein maize / G. A. Aguado-Santacruz, E. Garcia-Moya, J. Aguilar-Acuna et al. // *In Vitro Cell Dev Biol Plant*. – 2007. – Vol. 43. – P. 215–224.
33. Ahemad M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective /Ahemad, M., Kibret, M. // *Journal of King Saud University Science*. – 2014 – V. 26, №1. – P.1–20.
34. Aunpad R. Evidence for two putative holin-like peptides encoding genes of *Bacillus pumilus* strain WAPB4 / Aunpad R., Panbangred W. // *Current microbiology*. – 2012. – V. 64, № 4. – P. 343–348.
35. Armenteros A. J. J. Signal P 5.0 improves signal peptide predictions using deep neural networks / A. J. J. Armenteros, K. D. Tsirigos, C. K. Sønderby, T. N. Petersen, O. Winther, S. Brunak et al. // *Nat Biotechnol*. – 2019. – V. 37, № 4. – P. 420 – 423.
36. Armstrong C. L. Establishment and maintenance of friable, embryogenic maize callus and the involvement of L-proline / C. L. Armstrong, C. E. Green // *Planta*. – 1985. – Vol. 164. – P. 207–214.
37. Bashan Y. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture / Y. Bashan // *Biotechnol. – 1998. Adv. 16. – P. 729 – 770. doi: 10.1016/S0734-9750(98)00003-2*
38. Bashan, Y. “Inoculant preparation and formulations for *Azospirillum* spp.,” / Y. Bashan, L. E. de-Bashan // *Handobook for Azospirillum*, eds F. D. Cassán, Y. Okon, and C. M. Creus Cham: Springer International Publishing – 2015. – V. 34, № 5. – P. 469–485. doi: 10.1007/978-3-319-06542-7_26
39. Barro F., Martin A., Lazzeri P.A., Barcelo P. Medium optimisation for efficient somatic embryogenesis and plant regeneration from immature inflorescences and immature scutella of elite cultivares of wheat, barley and tritordeum / F.

- Barro, A. Martin, P.A. Lazzeri, P. Barcelo // *Euphytica*. — 1999. — P. 161—167.
40. Battini F. Facilitation of phosphorus uptake in maize plants by mycorrhizosphere bacteria / F. Battini, M. Grønlund, M. Agnolucci, M. Giovannetti, and Jakobsen, I. // *Sci. Rep.* — 2017. — V7. — P. 61 — 63
41. Becher T. Callus formation and plant regeneration in standard and microexplants from seedlings of barley (*Hordeum vulgare* L.) / T. Becher, G. Haberland, H. Koop // *Plant Cell Rep.* — 1992. — V11. — P. 39—43.
42. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology / Editor-in-Chief G. M. Garrity. N.Y.: Springer, 2001–2003, Vol. 1–5.
43. Blin K. antiSMASH 5.0: updates to the secondary metabolite genome mining pipeline / K. Blin, S. Shaw, K. Steinke, R. Villebro, N. Ziemert , et al. // *Nucleic Acids Res.* – 2019. – V. 47, № 1. – P. 81–87.
44. Dick W. A. Potential uses of soil enzymes. F. B. Jr. Metting (Ed.) / W. A. Dick, M. A. Tabatai // *Soil Microbial Ecology: Applications in Agricultural and Environmental Management* NewYork : Marcel Dekker. – 1992. – P. 95–127.
45. Goodfellow M. *Microbial Products: New Approaches* / M. Goodfellow, A.G. O'Donnell, S. Baumberg, M. Rodes, I. Hunter // Cambridge University Press, Cambridge. – 1989. – P. 343.
46. Grady E. N. Characterization and complete genome analysis of the surfactin-producing, plant-protecting bacterium *Bacillus velezensis* 9D-6 / E. N.Grady, J. MacDonald, M. T. Ho, B. Weselowski et al. // *BMC microbiology*. – 2019. – V. 19, № 1. – P. 1–14.
47. Gupta G. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture / G. Gupta, S. S. Parihar, N. K. Ahirwar, S. K. Sheni, V. Singh // *Journal of Microbial and Biochemical Technology*. – 2015. – V.7(2). – P. 96–102. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>

48. Hanudin H. Application of PGPR and antagonist fungi-based biofungicide for white rust disease control and its economic analysis in chrysanthemum production. *Agrivita Journal of Agricultural Science* / H. Hanudin, K. Budiarto, B. Marwoto // . – 2017. – V. 39(3)– P. 266–278. doi.org/10.17503/agrivita.v39i3.1326 20.
49. Huang X.Q. High frequency plant regeneration through callus initiation from mature embryos of maize (*Zea mays*) / X.Q. Huang, Z.M. Wei // *Plant Cell Rep.* – 2004. – Vol. 22. – P. 793–800.
50. Karnwal A. Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from maize (*Zea mays* L.) rhizosphere and their plant growth promoting effect on rice (*Oryza sativa* L.) / A. Karnwal // *Journal of Plant Protection Research.* – 2017. – V. 57 (2). – P. 357–377.
51. Kowalchuk G.A. Effect of above-ground plant species composition and diversity of soil-borne microorganisms / G.A. Kowalchuk, D.S. Buma, W. de Boer et al. // *Antonie van Leeuwenhoek.* – 2002. – Vol. 81(154). – P. 509- 520
52. Kranz E. In vitro fertilization: Analysis of early post-fertilization development using cytological and molecular techniques / E. Kranz, S. Scholten // *Sex Plant Reprod.* – 2008. – Vol. 21. – P. 67–77.
53. Laurie J.D. A novel technique for the partial isolation of the maize embryo sacs and subsequent regeneration of plants / J.D. Laurie, G. Zhang, I.E. McGann et al // *In vitro Cell Dev. Biol. Plant.* –1999. – P. 27–33.
54. Lin C. Biological control of potato common scab by *Bacillus amyloliquefaciens* Ba01 / C. Lin, C. H. Tsai, P. Y. Chen, C. Y. Wu, Y. L. Chang, Y. L. Yang et al. // *PLoS One.* – 2018. – V. 13, № 4. – P. 1–17.
55. Lynch J.M. Promotion and inhibition of soils aggregate stabilization by microorganisms / J.M. Lynch // *J. Gen. Microbiol.* – 1981. – № 126. – P. 371-373.
56. Mamontova E. M. Agrobacterium-mediated in planta transformation of maize germ cells / E. M. Mamontova et al. // *Russian Journal of Genetics.* – 2010. – V. 7, № 4. – P. 12–14.

57. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* — 1962. — 15, N 3. — P. 473—497.
58. Nafis A. Actinobacteria from Extreme Niches in Morocco and Their Plant Growth-Promoting Potentials / A. Nafis, A. Raklami, N. Bechtaoui, F. El Khalloufi, A. El Alaoui, B.R. Glick, M. Hafidi, L. Kouisni, Y. Ouhdouch, L. Hassani // *Diversity.* – 2019. – V.11(8). – P. 139
59. Oduor R.O. In vitro regeneration of dryland Kenyan maize genotypes through somatic embryogenesis / R.O. Oduor, E.N.M. Njagi, S. Ndung'u and J.S. Machuka // *Int. J. Bot.*– 2006. – V.2. – P. 146-151.
60. O’Kennedy M. M. Biolistic-mediated transformation protocols for maize and pearl millet using precultured immature zygotic embryos and embryogenic tissue / M. M. O’Kennedy, H. C. Stark, N. Dube // *Methods in Molecular Biology.* – 2011. – V.3. – P. 183
61. Ombori O. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature embryos of tropical maize (*Zea mays* L.) inbred lines / O. Ombori, N. M. Gitonga, J. Mschuka // *Biotechnology.* – 2008. – N 7 (2). – P. 224–232.
62. Satyavathi V.V. Effects of growth regulators on *in vitro* plant regeneration in durum wheat / V.V. Satyavathi, P.P. Jauhar, E.M. Elias and M.B. Rao // *Crop Science.*– 2004. – V. 44. – P. 39-46.
63. Sharma V.K. Influence of picloram and thidiazuron on high frequency plant regeneration in elite cultivars of wheat with long-term retention of morpho genecity using meristematic shoot segments / V.K. Sharma, R. Hansch, R.R. Mendel, J. Schulze // *Plant Breed.* — 2005. – V 24. — P. 242—246.
64. Tate R.L. Soil microbial diversity: research whither to now? / R.L. Tate // *Soil Sci.* – 1997. – Vol. 162, № 9. – P. 605-606.
65. Wahyudi A.T. Streptomyces spp. from rhizosphere soil of maize with potential as plant growth promoter / A.T. Wahyudi, J.A. Priyanto, H. Fijrina, H.D. Mariastuti, A.A. Nawangsih // *Biodiversitas.* – 2019. – V. 20 (9). – P. 247–255

66. Zhylovska K. Determination of the influence of Actinobacteria on seed germination and morphometric parameters of maize sprouts / K. Zhylovska, N. Tytarenko, N. Tesliuk // *Biology, Biotechnology, Biomedicine: Materials of Young Scientists International Conference*. – Odesa: ONU, 2022. – P. 111–115