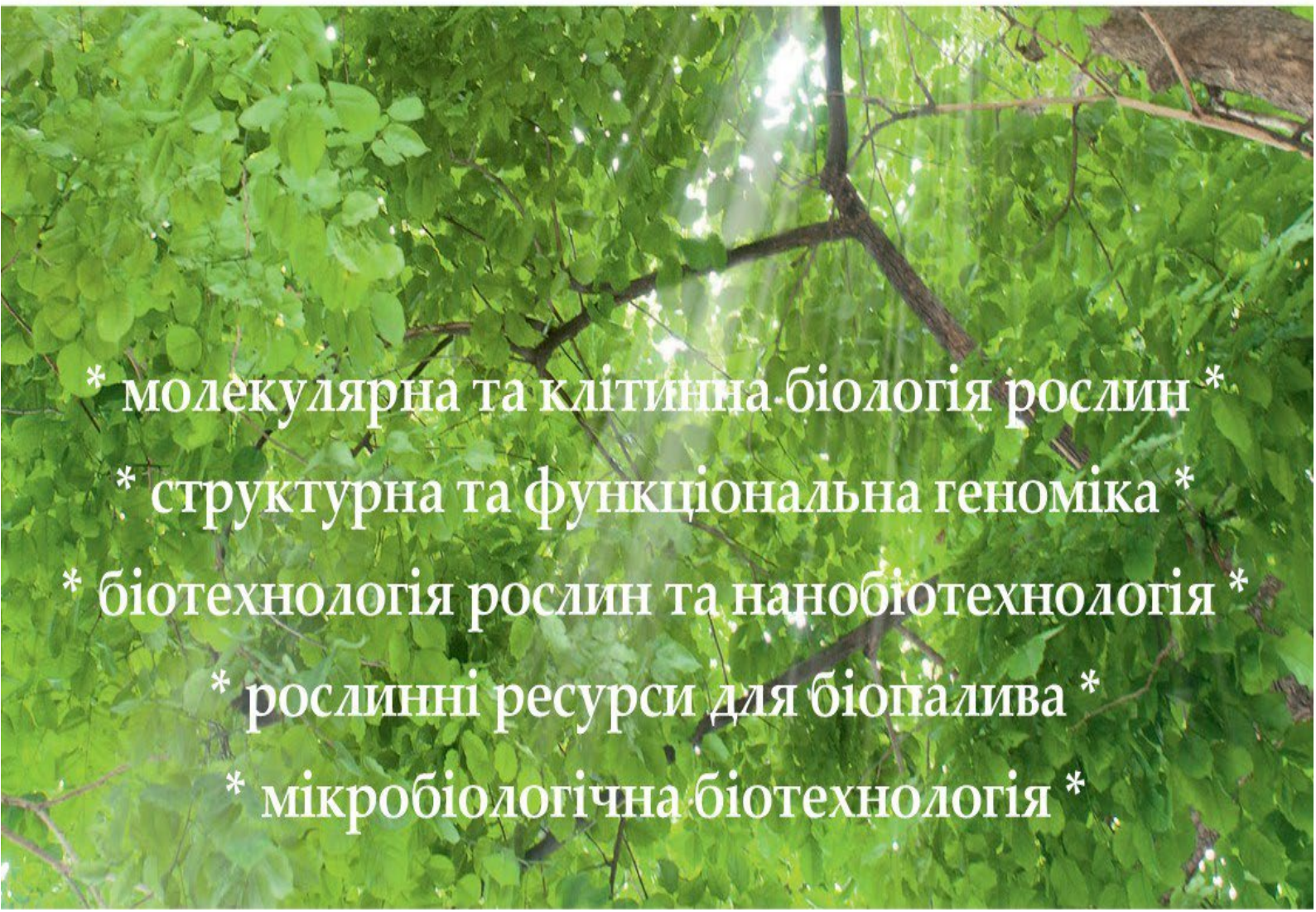




V конференція молодих учених «БІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ»

15-16 травня 2025 року, м. Київ



- * молекулярна та клітинна біологія рослин *
- * структурна та функціональна геноміка *
- * біотехнологія рослин та нанобіотехнологія *
- * рослинні ресурси для біопалива *
- * мікробіологічна біотехнологія *

**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА
ГЕНОМІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»**

**ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
«ВСЕУКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ БІОЛОГІВ РОСЛИН»**

Матеріали V конференції молодих учених
«БІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ»

15-16 травня 2025 року

Київ-2025

**INSTITUTE OF FOOD BIOTECHNOLOGY AND GENOMICS OF THE
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE**

**STATE ORGANIZATION
«ALL-UKRAINIAN ASSOCIATION OF PLANT BIOLOGISTS»**

Materials of V Conference for Young Scientists

«PLANT BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY»

May 15-16, 2025

Kyiv-2025

Біологія рослин та біотехнології: збірка тез V конференції молодих учених, м.Київ, 15 – 16 травня 2025 р. – 66 с.

У збірнику представлені тези Четвертої конференції молодих учених «Біологія рослин та біотехнологія», присвячені сучасним дослідженням у галузях молекулярної та клітинної біології рослин, структурної та функціональної геноміки, біотехнології рослин та нанобіотехнології, а також технологіям використання рослинних ресурсів для біопалива та мікробіологічної біотехнології.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: академік НАН України, д.б.н. Я.Б. Блюм

Співголова: к.б.н. А. М. Рабоконь

Заступник голови: к.б.н. А.Ю. Бузіашвілі

Члени Оргкомітету: чл.-кор. НАН України А.І. Ємець, д.б.н. С.В. Ісаєнков, д.б.н. П.А. Карпов, д.б.н. Н.О. Козуб, д.б.н. О.А. Кравець, д.б.н. Я.В. Пірко, д.б.н. С.Г. Хаблак, д.т.н. С.П. Циганков, д.б.н. С.М. Шульга, д.б.н. Т.В. Чугункова, к.б.н. М.М. Борова, к.б.н. В.І.Корховий, к.б.н. Т.А.Круподьорова, к.б.н. Д.О. Новожилов, к.б.н. С.П. Ожерєдов, к.б.н. Н.Л. Пастухова, к.б.н. С.І. Співак, к.б.н. О.О. Тігунова, Р. Я. Блюм, Є.О. Кустовський, В.Г. Сахарова.

Секретаріат Оргкомітету: к.б.н. А.Ю. Бузіашвілі, В.Г. Сахарова, Є.О. Кустовський

Plant biology and biotechnology: Book of abstracts of the V conference of young scientists, Kyiv, May 15-16, 2025. - 66 p.

The book of abstracts contains the materials of the IV conference of young scientists “Plant Biology and Biotechnology” dedicated to modern research in the fields of molecular and cell biology of plants, structural and functional genomics, plant biotechnology and nanobiotechnology, molecular and cellular biology, as well as technologies for the use of plant resources for biofuels and microbiological biotechnology.

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Full Member of Natl. Acad. Sci. of Ukr., Prof. Dr. Blume Ya. B.

Co-Chairman: Rabokon A. M. (PhD)

Vice Chairman: Buziashvili A. Yu (PhD)

Members: Corresp. Memb. of Natl. Acad. Sci. of Ukr. Prof. Dr. Yemets A.I., Isaenkov S.V. (Dr. Sci), Karpov P.A. (Dr. Sci.), Kozub N.O. (Dr. Sci), Kravets O.A. (Dr. Sci), Pirko Ya.V. (Dr. Sci), Hablak S.G. (Dr. Sci), Tsygankov S.P. (Dr. Sci), Shulga S.M. (Dr.Sci), Chugunkova T.V. (Dr. Sci), Borova M.M. (PhD), Korkhovi V.I. (PhD), Krupodiorova T.A. (PhD), Novozhylov D.O. (PhD), Ozheredov S.P. (PhD), Pastukhova N.L. (PhD), Spivak S.I. (PhD), Tigunova O.O. (PhD), Blume R.Ya., Kustovskiy Ye.O., Sakharova V.H..

Secretary of the Organizing Committee: Buziashvili A.Yu. (PhD), Sakharova V.H., Kustovskiy Ye.O.

Програма V-ї конференції молодих учених «Біологія рослин і біотехнологія»

15 ТРАВНЯ, ЧЕТВЕРГ

11.00 – 11.10 – урочисте відкриття конференції. Вступне слово директора Інституту харчової біотехнології та геноміки НАН України, академіка НАН України Ярослава Борисовича Блюма.

11.10-13.00	Засідання секції «МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ»
11.10-11.50	Пленарна доповідь: чл.-кор. НАН України, проф., д.б.н. Ємець А. І. «ЦИТОСКЕЛЕТ ЯК ВНУТРІШНЬОКЛІТИННИЙ РЕГУЛЯТОР І МІШЕНЬ ДЛЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК»
11.55-12.15	Кустовський Є., Ємець А. ОЦІНКА КОНСЕРВАТИЗМУ ТАКСАНОВОГО САЙТУ β 1-ТУБУЛІНУ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> , <i>HAEMONCHUS CONTORTUS</i> , <i>FUSARIUM GRAMINEARUM</i> , ТА <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i>
12.20-12.40	Стихиляс М. М., Раєвський О. В., Блюм Я. Б. БУТСТРЕП-АНАЛІЗ ПІСТОНДЕАЦЕТИЛАЗ РІЗНОГО ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ
12.45-13.00	Ожередов Д. С. "ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТОРІВ САЙТУ МІЖДОМЕННОЇ ЦІЛИНИ FTSZ БІЛКА НА ПІДСТАВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ФАРМАКОФОРНОГО ПОШУКУ І МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКІНГУ"

Перерва 13:00-13:20

13.20-16.25	Засідання секції «СТРУКТУРНА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА ГЕНОМІКА»
13.20-14.00	Пленарна доповідь: д.б.н., ст.н.с. Пірко Я.В. «ДЕТЕКЦІЯ ГЕНА СТІЙКОСТІ ДО СТЕБЛОВОЇ ІРЖИ SR2 У СОРТАХ ТА ЛІНІЯХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ»
14.05-14.25	Хаблак С.Г., Спичак В.М. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕВОЛЮЦІЯ ГЕНІВ ІМУНІТЕТУ У КВІТКОВИХ РОСЛИН: ПАТОГЕНСПЕЦИФІЧНІСТЬ І ТИПИ ДОМЕНІВ
14.30-14.50	Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Новожилов Д.О., Рабоконт А.М. ДНК-ІДЕНТИФІКАЦІЯ М'ЯКОЇ ТА ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ У ЗРАЗКАХ БОРОШНА НА ОСНОВІ ГЕНІВ ТУБУЛІНІВ
14.55-15.15	Блюм Р.Я., Демидов С.В., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНІВ ТУБУЛІНУ У АМФІДИПЛОЇДНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>BRASSICA</i> ТА ЇХ БАТЬКІВСЬКИХ ВИДІВ
15.20-15.40	Созінова О.І., Блюм Я.Б. АНАЛІЗ ОДНОНУКЛЕОТИДНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА ПУРОІНДОЛІНУ А ДИПЛОЇДНИХ ПШЕНИЦЬ
15.45-16.05	Плигун В.В., Антонюк М.З., Єфіменко Т.С., Терновська Т.К. МІНЛИВІСТЬ КОНСЕРВАТИВНИХ РАЙОНІВ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ДО ПАТОГЕНІВ У ПРЕДСТАВНИКІВ <i>TRITICEAE</i>
16.10-16.30	Шуть Т., Косолапов І.А., Михайлова Д.М. ПОЛІМОРФІЗМ ІНТРОНІВ ГЕНІВ БЕТА-ТУБУЛІНУ У ДЕЯКИХ ПРЕДСТАВНИКІВ <i>ASCOMYCOTA</i> ТА <i>BASIDIOMYCOTA</i>

16 ТРАВНЯ, П'ЯТНИЦЯ

11.00-15.45	Засідання секції «БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН ТА НАНОБІОТЕХНОЛОГІЯ» та «МІКРОБІОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ»
11:00-11:40	Пленарна доповідь: д.б.н., ст.н.с. Круподьорова Т. А. «БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОДЕРЖАННЯ БІОМАСИ МАКРОМІЦЕТІВ ПОРЯДКІВ <i>AGARICALES</i> ТА <i>POLYPORALES</i> ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ДОБАВОК»
11.45-12.05	Бузіашвілі А.Ю., Лихачова Д.В., Прилуцька С.В., Ємець А.І. ВПЛИВ ФУЛЕРЕНУ C ₆₀ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ РОСЛИН ТОМАТУ ТА ПШЕНИЦІ
12.10-12.30	Зайченко Т.О. АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ МАКРОМІЦЕТІВ ВІДНОСНО ДЕЯКИХ ФІТОПАТОГЕННИХ ГРИБІВ У ДУАЛЬНІЙ КУЛЬТУРІ
12.35-12.55	Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Mustafina F.U. TISSUE CULTURE TECHNIQUES AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SELECTED MEDICINAL PLANTS
13.00-13.20	Juraeva H.K., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Mustafina F.U. MICROCLONAL PROPAGATION STRATEGIES FOR THE CONSERVATION OF TWO <i>UNGERNIA</i> SPECIES
13.25-13.45	Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Mustafina F.U. MICROPROPAGATION AND PHYTOCHEMICAL PROFILING OF <i>PTELEA TRIFOLIATA</i> L.
13.50-14.10	Блізніченко А. І., Петріна Р. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ <i>ECHINACEA PURPUREA</i> НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ФЛАВОНОЇДІВ
14.15-14.35	Почка О. В., Колдар Л. А. РИЗОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ ВИДУ <i>PRUNUS LAUROCERASUS</i> L. <i>IN VITRO</i>
14.40-15.00	Денисенко С.Р., Ємець А.І. РОЗРОБКА МЕТОДУ «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА НА ОСНОВІ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> ТА ЇХ БІОЛОГІЧНА ДІЯ
15.05-15.25	Палладін М. О., Ємець А. І. МІЦЕЛІЙ ТРУТОВИКА ЛАКОВАНОГО ЯК ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕКЗОСОМ

Перерва 15:25-15:40

15.40-16.45	Засідання секції «РОСЛИННІ РЕСУРСИ ДЛЯ БІОПАЛИВА»
15.40-16.20	Пленарна доповідь: д.б.н., ст.н.с. Тігунова О. О. «АБЕ ФЕРМЕНТАЦІЯ РОСЛИННИХ СУБСТРАТІВ»
16.25-16.45	Самарін В.О., Циганков С.П. ПЕРЕВАГИ ЗЕРНОВОГО СОРГО НАД КУКУРУДЗОЮ ЯК ОСНОВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА
	ЗАКРИТТЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

ЗМІСТ

МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ

Kustovskiy Y., Yemets A. EVALUATION OF TAXANE SITE CONSERVATION FOR β 1-TUBULIN OF <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> , <i>HAEMONCHUS CONTORTUS</i> , <i>FUSARIUM GRAMINEARUM</i> , AND <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i>	11
Кузнєцова Є.І., Прилуцька С.В., Ємець А.І. <i>IN SILICO</i> МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ФУЛЕРЕНУ C ₆₀ З ГЕТЕРОДИМЕРОМ ТУБУЛІНУ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i>	12
Стихилияс М.М., Раєвський О.В., Блюм Я.Б. БУТСТРЕП-АНАЛІЗ ГІСТОНДЕАЦЕТИЛАЗ РІЗНОГО ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ	13
Хаблак С.Г., Спичак В.М. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕВОЛЮЦІЯ ГЕНІВ ІМУНІТЕТУ У КВІТКОВИХ РОСЛИН: ПАТОГЕНСПЕЦИФІЧНІСТЬ І ТИПИ ДОМЕНІВ	14

СТРУКТУРНА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА ГЕНОМІКА

Sakharova V.H., Blume R.Y., Rabokon A.M., Mosyakin S.L., Blume Y.B. EXPLORING THE GENETIC DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE OF LITTLE-POD FALSE FLAX (<i>CAMELINA MICROCARPA</i> , <i>BRASSICACEAE</i>) IN UKRAINE	15
Блюм Р.Я., Демидов С.В., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНІВ ТУБУЛІНУ У АМФІДИПЛОЇДНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>BRASSICA</i> ТА ЇХ БАТЬКІВСЬКИХ ВИДІВ	16
Масленкова К.С., Близнюк К.Г., Тинкевич Ю.О., Шелифіст А.Є. АНАЛІЗ РОДИННИХ ЗВ'ЯЗКІВ <i>GALINSOGA PARVIFLORA</i> ТА <i>G. QUADRIRADIATA</i> НА ОСНОВІ ПОРІВНЯННЯ МІЖГЕННОГО СПЕЙСЕРУ 5S рДНК	17
Плигун В.В., Антонюк М.З., Єфіменко Т.С., Терновська Т.К. МІНЛИВІСТЬ КОНСЕРВАТИВНИХ РАЙОНІВ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ДО ПАТОГЕНІВ У ПРЕДСТАВНИКІВ <i>TRITICEAE</i>	18
Рабоконт А., Сахарова В., Блюм Р., Кваско А., Карелов А., Созінова О., Шиша О., Созінов І., Козуб Н., Ємець А., Пірко Я. ДЕТЕКЦІЯ ГЕНА СТІЙКОСТІ ДО СТЕБЛОВОЇ ІРЖИ <i>SR2</i> У СОРТАХ ТА ЛІНІЯХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ	19
Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Новожилов Д.О., Рабоконт А.М. ДНК-ІДЕНТИФІКАЦІЯ М'ЯКОЇ ТА ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ У ЗРАЗКАХ БОРОШНА НА ОСНОВІ ГЕНІВ ТУБУЛІНІВ	20
Созінова О.І., Блюм Я.Б. АНАЛІЗ ОДНОНУКЛЕОТИДНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА ПУРОІНДОЛІНУ А ДИПЛОЇДНИХ ПШЕНИЦЬ	21
Шуть Т.С., Косолапов І.А., Михайлова Д.М. ПОЛІМОРФІЗМ ІНТРОНІВ ГЕНІВ БЕТА-ТУБУЛІНУ У ДЕЯКИХ ПРЕДСТАВНИКІВ <i>ASCOMYCOTA</i> ТА <i>BASIDIOMYCOTA</i>	22

БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН ТА НАНОБІОТЕХНОЛОГІЯ

Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Mustafina F.U. TISSUE CULTURE TECHNIQUES AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SELECTED MEDICINAL PLANTS	23
Juraeva H.K., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Mustafina F.U. MICROCLONAL PROPAGATION STRATEGIES FOR THE CONSERVATION OF TWO <i>UNGERNIA</i> SPECIES	24
Khakhno K., Bulko O., Lyoshina L. ENHANCEMENT OF <i>CUCURBITA PEPO</i> SEED GERMINATION AND EARLY GROWTH BY N-HEXANOYL-L-HOMOSERINE LACTONE	25
Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Mustafina F.U. MICROPROPAGATION AND PHYTOCHEMICAL PROFILING OF <i>PTELEA TRIFOLIATA</i> L.	26
Plokhovska S., García-Villaraco A., Lucas J.A., Gutiérrez-Mañero F.J., Ramos-Solano B. SILVER NANOPARTICLES AS A PROMISING APPROACH TO ENHANCING PLANT TOLERANCE UNDER DROUGHT STRESS	27
Блізніченко А.І., Петріна Р.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ <i>ECHINACEA PURPUREA</i> НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ФЛАВОНОЇДІВ	28

Борова М.М., Денисенко С.Р., Бузіашвілі А.Ю., Ємець А.І. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗУ БІМЕТАЛІЧНИХ НАНОЧАСТИНОК Cu/Ag ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ЯК АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ	29
Бузіашвілі А.Ю., Лихачова Д.В., Прилуцька С.В., Ємець А.І. ВПЛИВ ФУЛЕРЕНУ C ₆₀ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ РОСЛИН ТОМАТУ ТА ПШЕНИЦІ	30
Бузіашвілі А.Ю., Комолов К.А., Климчук Д.О., Пірко Я.В., Ємець А.І. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК СУЛЬФІДУ ЦИНКУ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА	31
Гуцько К.І., Петріна Р.О. АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ НАСІННЯ ТА ТРАВИ АМАРАНТУ	32
Денисенко С.Р., Ємець А.І. РОЗРОБКА МЕТОДУ «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МІДІ НА ОСНОВІ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> ТА ЇХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ	33
Кваско А.Ю., Берендіченко О.А., Мельничук О.В., Ємець А.І. ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> РОСЛИН ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО (<i>AESCLUS HIPPOCASTANUM</i>)	34
Кваско А.Ю., Володавчик В.Е., Ємець А.І. <i>AGROBACTERIUM</i> -ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ РОСЛИН <i>BRASSICA OLERACEA</i> ГЕНОМ БІОСИНТЕЗУ ТРЕГАЛОЗИ <i>TPS2</i>	35
Кирилаха С.В. <i>AGROBACTERIUM</i> -ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ САЛАТУ ЛАТУКУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО СТІЙКОСТІ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ	36
Конвалюк І.І., Беда О.А., Андрєєв І.О., Можилевська Л.П., Гуменюк М.В., Ярмолук С.М., Кунах В.А. ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ВМІСТ ІНДОЛЬНИХ АЛКАЛОЇДІВ В БІОМАСІ КУЛЬТУРИ ТКАНИН <i>RAUVOLFIA SERPENTINA</i> ПРИ ВИРОЩУВАННІ НА ДВОХ РІЗНИХ ЗА СКЛАДОМ ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	37
Коробкова К.С., Затовська Т.В. ВПЛИВ РИЗОБІЙ НА ВМІСТ ХЛОРОФІЛІВ <i>MEDICAGO SATIVA</i> ПРИ ШТУЧНОМУ ФІТОПЛАЗМОЗІ В УМОВАХ МІКРОВЕГЕТАЦІЇ	38
Овчаренко О.О., Василенко М.Ю., Удовенко Ю.Р., Рудас В.А., Кучук М.В. ОТРИМАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ Т2 ПОКОЛІННЯ КАПУСТИ КАЛЕ З ГЕНОМ <i>ColM</i>	39
Осипчук Р.П., Кучменко О.Б. ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК НА ВМІСТ ВІДНОВЛЕНОГО ГЛУТАТІОНУ В НАСІННІ БАЗИЛІКА	40
Палладін М.О., Ємець А.І. МІЦЕЛІЙ ТРУТОВИКА ЛАКОВАНОГО ЯК ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕКЗОСОМ	41
Погрібна А.С., Прилуцька С.В. ЗМІНА ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ГАРБУЗА ЗВИЧАЙНОГО (<i>CUCURBITA PEPO</i>) ЗА ДІЇ ФУЛЕРЕНУ C ₆₀ ТА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ	42
Почка О. В., Колдар Л. А. РИЗОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ ВИДУ <i>PRUNUS LAUROCERASUS</i> L. <i>IN VITRO</i>	43
Прудіус О.Р., Шевчук З.В, Галенова Т.І. АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЕПТИДІВ, ОТРИМАНИХ З ВІДПРАЦЬОВАНОЇ МЕЛЕНОЇ КАВИ (<i>COFFEA ARABICA</i>)	44
Разінькова Е.Е., Іншина Н.М. ТРАНСГЕННІ РОСЛИНИ ЯК ЗАСОБИ ОДЕРЖАННЯ ВАКЦИН ПРОТИ ВІРУСУ ПАПІЛОМИ ЛЮДИНИ	45
Тарасюк М.В., Прядкіна Г.О. ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ І ВРОЖАЙНІСТЬ ТРАНСГЕННОЇ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ІЗ ПРИГНІЧЕННЯМ ГЕНА ПРОЛІНДЕГІДРОГЕНАЗИ	46
Теслюк Н.І., Горбенко І.М. ВПЛИВ <i>ENTEROCOCUS ITALICUS</i> ONU 547 НА ПРОРОСТАННЯ ТА РОЗВИТОК КАПУСТИ В КУЛЬТУРІ <i>IN VITRO</i>	47
Хейломська Т.О., Шиша О.М., Ємець А.І. ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> ДЕРЕВІЯ ЗВИЧАЙНОГО (<i>ACHILEA MILLEFOLIUM</i> L. sp.) З МЕТОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗРОБКИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ЙОГО ОСНОВІ	48

Хейломська Т.О., Ємець А.І. ОТРИМАННЯ ЕКЗОСОМОПОДІБНИХ НАНОВЕЗИКУЛ З КРОПИВИ ДВОДОМНОЇ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИЗАЦІЯ	49
Чернікова Н.С. БІОХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН <i>SOLIDAGO CANADENSIS</i> L.	50
Чорнобров О.Ю. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЛІФЕРАЦІЇ ТКАНИН РОСЛИН <i>PETUNIA HYBRIDA</i> HORT. EX E. VILM. <i>IN VITRO</i>	51
Шевчук З.В., Прудіус О.Р., Галенова Т.І. NO-РАДИКАЛ ХЕЛАТУЮЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПЕПТИДІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ПЛОДІВ ГРАНАТА	52

РОСЛИННІ РЕСУРСИ ДЛЯ БІОПАЛИВА

Hreber I. ASSESSMENT OF THE BIOENERGY POTENTIAL OF REGIONALLY ADAPTED CROPS <i>MISCANTHUS GIGANTEUS</i> AND <i>SIDA HERMAPHRODITA</i> FOR SUSTAINABLE FUEL PRODUCTION IN UKRAINE	53
Вовк Є.А., Циганков С.П. ВАЛОРИЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ГОРОХУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ	54
Зубик П.Р., Громнадська М.О. ПОТЕНЦІАЛ <i>TRAMETES VERSICOLOR</i> У ПОПЕРЕДНІЙ БІОЛОГІЧНІЙ ОБРОБЦІ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА	55
Позняк О.В., Кондратенко С.І. СЕЛЕКЦІЯ <i>CYPERUS ESCULENTUS</i> L. ЗА ОЗНАКОЮ «ОКРУГЛА ФОРМА БУЛЬБИ»	56
Самарін В.О., Циганков С.П. ПЕРЕВАГИ ЗЕРНОВОГО СОРГО НАД КУКУРУДЗОЮ ЯК ОСНОВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА	57

МІКРОБІОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

Бахлуков Д.О. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИГОТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ СУБСТРАТІВ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ГРИБІВ	58
Гребер І.О. МЕТАГЕНОМНИЙ АНАЛІЗ МІКРОБІОМІВ ФІТОРИЗОСФЕРИ: ВИПАДОК ГІБРИДНОГО ПЕНІСЕТУМУ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ СТРЕСІ Cd І МІКРОПЛАСТИКІВ	59
Зайченко Т.О. АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ МАКРОМІЦЕТІВ ВІДНОСНО ДЕЯКИХ ФІТОПАТОГЕННИХ ГРИБІВ У ДУАЛЬНІЙ КУЛЬТУРІ	59
Колесник Т. О., Ділбазі У. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ РИБОФЛАВІНУ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ.	60
Корнієнко І.М., Гуляєв В.М., Коваленко А.Л., Анацький А.С., Філімоненко О.Ю. МІКРОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ	61
Максимів О.В. БОРОТЬБА З АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ ЗА ДОПОМОГОЮ БАКТЕРІОФАГІВ	62
Підкурганна О.Г., Андріяш Г.С., Тігунова О.О. КОНСТРУЮВАННЯ ПЛАЗМІД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ГЕЛОВІСНИХ БІЛКІВ КЛІТИНАМИ ДРІЖДЖІВ	63
Фролов Д.А. МІКРОБНІ БІОСТИМУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ХІМІЧНИМ ДОБРИВАМ	64

EVALUATION OF TAXANE SITE CONSERVATION FOR β 1-TUBULIN OF *ARABIDOPSIS THALIANA*, *HAEMONCHUS CONTORTUS*, *FUSARIUM GRAMINEARUM*, AND *FUSARIUM OXYSPORUM*

Kustovskiy Y., Yemets A.

Institute of Food Biotechnology and Genomics, Natl. Acad. Sci. Ukraine, Kyiv, Ukraine

e-mail: ykustovskiy@gmail.com

Tubulin is a conserved protein of eukaryotic organisms and a main component of microtubules. Previously, it was shown that the macrocyclic lactone ivermectin (IVM) binds to the taxane site of β 1-tubulin of *H. contortus* promoting stability of microtubules (Ashraf et al., 2015). In our recent works, IVM interaction with β 1-tubulin of *Arabidopsis thaliana*, *Haemonchus contortus*, and *Fusarium graminearum*/*F. oxysporum* was modelled, and it was predicted that IVM binding to the taxane site of β 1-tubulin of these organisms results in stable complexes (Kustovskiy et al., 2024a,b). However, it was also found that IVM complexes with β 1-tubulin of *A. thaliana*, *H. contortus*, *F. graminearum*/*F. oxysporum* have different binding energies. Considering that even small changes in amino acid residues interacting with ligand have a significant impact on the energy of ligand binding, this study aimed to compare sequences of the taxane site of β 1-tubulin of *A. thaliana*, *H. contortus*, and *F. graminearum*/*F. oxysporum*.

The sequences of β 1-tubulin of *A. thaliana* (UniProtKB: [P12411](#)), *H. contortus* ([A2TF56](#)), and *F. graminearum*/*F. oxysporum* ([Q4HZS8](#)) were aligned with Multiple Sequence Viewer/Editor of Free Maestro v. 13.1 (Schrödinger Release 2021-1: Maestro, Schrödinger, LLC, New York, NY, 2021). Based on the resulting alignment, conservation of sequences was estimated and compared for elements of secondary structure forming the taxane site.

The taxane site of β -tubulin is formed by alpha helices H1 (containing residues in positions 10–27), H7 [222(223 in *A. thaliana* β 1-tubulin sequence)–241(242)], loops H6-H7 [214(215)–221(222)], M-loop [271(272)–285(286)], and S9-S10 [355(356)–363(364)]. As a result of multiple amino acid sequence alignment, it was determined that the mean value of residue conservation of spirals H1 and H7 among the β 1-tubulin of *A. thaliana*, *H. contortus*, and *F. graminearum*/*F. oxysporum* is $79.00 \pm 14.18\%$ and $86.67 \pm 5.77\%$ respectively. The mean residue conservation was lower among the loop elements. Particularly, the estimated mean residue conservation of the S9-S10 sequence was $78.00 \pm 11.00\%$, and that of the M-loop sequence was $68.67 \pm 7.51\%$. The sequence of the H6-H7 loop was 100% conserved among the β 1-tubulin of the studied species.

Therefore, it was found that previously observed differences in energies of IVM binding to β 1-tubulin of *A. thaliana*, *F. graminearum*/*F. oxysporum*, and *H. contortus* could be explained by differences in the amino acid sequences of the structural elements of the taxane site.

The work was carried out with the financial support of the NAS of Ukraine (budget program 6541030, state registration number: 0124U002424, 2024-2028).

References:

1. Ashraf S, Beech RN, Hancock MA, Prichard RK. Ivermectin binds to *Haemonchus contortus* tubulins and promotes stability of microtubules. *Int. J. Parasitol.* 2015; 45(9-10):647-654
2. Kustovskiy YO, Buziashvili AY, Ozheredov SP, Blume YB, Yemets AI. β -Tubulin of *Fusarium* as a potential target for realization of antifungal activity of ivermectin. *Cytol. Genet.* 2024; 58:1-10.
3. Kustovskiy YO, Karpov PA, Blume YB, Yemets AI. Ivermectin affects *Arabidopsis thaliana* microtubules through predicted binding site of β -tubulin. *Plant Physiol. Biochem.* 2024; 206(108296):1-12.

IN SILICO МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ФУЛЕРЕНУ C₆₀ З ГЕТЕРОДИМЕРОМ ТУБУЛІНУ *ARABIDOPSIS THALIANA*

Кузнєцова Є. І.¹, Прилуцька С.В.², Ємець А. І.³

¹**ІНЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна**

²**Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна**

³**ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна**

e-mail: zhkafake@icloud.com

Фулерени – це карбонові наноматеріали, що можуть взаємодіяти з протеїнами, ДНК та клітинними мембранами, впливаючи на функції та проліферацію клітин. Завдяки своїй конфігурації фулерен C₆₀ має високу гідрофобність, через що досліджують його водорозчинні похідні (Buziashvili et al., 2024). Нещодавно було виявлено, що полігідроксильовані похідні фулерену C₆₀ інгібують полімеризацію тубулінів за мікромолярних концентрацій через утворення водневих зв'язків з тубуліновим гетеродимером (Bratovcic, 2023). Інші дослідження показали позитивний вплив фулеренів на біомасу, розвиток кореневої системи та проростання насіння. Водночас фулерени C₆₀ виявили фітотоксичність, уповільнюючи розвиток рослин порівняно з контролем (Ratnikova et al., 2011).

Метою роботи було виявити потенційні сайти зв'язування водорозчинних похідних фулерену C₆₀ з тубуліном – основним білком мікротрубочок (структур, залучених до проліферації клітин) *A. thaliana* за допомогою методів *in silico*. Для моделювання було створено модель гетеродимеру тубулінів з використанням AlphaFold 3 та по дві моделі фулеренів C₆₀ з 24 та 36 гідроксильними групами за допомогою програми Avogadro. Молекулярний докінг було проведено в програмі AutoDock Vina 4 з використанням силового поля AMBER та 10 конформаціями. Результати докінгу показали можливість енергетично вигідної взаємодії між сполуками та мішенями. Було ідентифіковано 10 сайтів взаємодії, з яких з яких 3 між α - та β -тубулінами, 5 на α -тубуліні та 2 на β -тубуліні. Модель C₆₀(OH)₂₄ взаємодіє з 9 сайтами та має найнижчі значення вільної енергії Гіббса. Взаємодія переважно відбувається з полярними та позитивно зарядженими амінокислотами. Підготовка бібліотеки лігандів тубуліну та кластеризація t-SNE дозволила виявити, що фулерени кластеризуються з цими сполуками. Отримані результати підтверджують дію фулеренів як тубулін-дестабілізуючих агентів, що потребує подальшої перевірки на рівні клітин.

Література:

1. Buziashvili A, Prylutska S, Yemets A. Effect of fullerene C₆₀ on tomato plants. *Innov Biosyst Bioeng.* 2024;8(4):13-22.
2. Bratovcic A. Biomedical application of nanocomposites based on fullerenes-C₆₀. *Lect Notes Netw Syst.* 2023;707:107-17.
3. Ratnikova TA, Govindan PN, Salonen E, Ke PC. In vitro polymerization of microtubules with a fullerene derivative. *ACS Nano.* 2011;5(8):6306-14.

БУТСТРЕП-АНАЛІЗ ГІСТОНДЕАЦЕТИЛАЗ РІЗНОГО ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Стихилис М. М.¹, Раєвський О. В.¹, Блюм Я. Б.¹¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Українаe-mail: stihilia@gmail.com

Гістондеацетилази (HDAC/HDA) беруть участь у регуляції транскрипції шляхом зняття ацетильних груп з залишків лізину на гістонах, а також мають низку негістонових субстратів, як, наприклад, тубулін (Tran et al., 2012; D'Mello, 2009). У еукаріотів HDAC поділяють на дві великі групи: NAD⁺-залежні (сіртуїни) та цинк-залежні, які, у свою чергу, класифікуються за гомологією з білками дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Rpd3 та Hda1. У людини HDAC поділено на чотири класи, тоді як у рослин RPD3/HDA1-подібні HDA формують три класи, що відповідають класам I, II та IV людини (Chen et al., 2020). Незважаючи на загальну структурну подібність, функціональні особливості та класифікація гістондеацетилаз у рослин потребують подальшої верифікації.

Раніше нами було встановлено, що деацетилази HDA6, HDA7 HDA9, HDA10 та HDA19 *Arabidopsis thaliana* відносяться до класу I, HDA5, HDA8, HDA14, HDA15 та HDA18 – класу II, HDA2 – класу III, а HDAC1, HDAC2 та HDAC3 *Oryza sativa* є гомологічними до класу I, HDAC10 – класу II (Stykhylas et al., 2024a). З метою перевірки правильності топології всіх гілок філогенетичного дерева та більш точного аналізу еволюційного походження гістондеацетилаз людини та рослин відносно дріжджових білків Rpd3 та Hda1, на яких будується канонічна класифікація класичних (цинк-залежних) гістондеацетилаз було застосовано метод бутстреп-аналізу. Встановлено, що найбільш спорідненими є наступні клади: HDA18 та HDA5 *A. thaliana* (підтримка бутстреп 100%), HDA14 *A. thaliana* та HDAC10 *O. sativa* (100%), HDA2 *A. thaliana* та HDAC11 *Homo sapiens* (100%), HDAC2 та HDAC3 *O. sativa* (99%), HDAC1 та HDAC2 *H. sapiens* (98%), HDAC1, HDAC2, HDAC3 *O. sativa*, HDA2, HDA6, HDA7, HDA9, HDA19 *A. thaliana*, HDAC1, HDAC2, HDAC8, HDAC11 *H. sapiens* та RPD3 *S. cerevisiae* (100%), HDAC7, HDAC4, HDAC5 та HDAC9 *H. sapiens* (100%). Решта клад є більш дивергентними, оскільки мають нижчу підтримку бутстеп (≥81%). Також було встановлено, що HDA1 *S. cerevisiae* знаходиться рівновіддалено від всіх інших з рівнем дивергенції 54%. Це може свідчити про те, що даний фермент розвивався паралельно відносно решти та є найбільш філогенетично віддаленим, хоч і є дані про наявність консервативних ділянок збереження послідовності з гістондеацетилазами класу II (D'Mello, 2009). Отримані дані співвідносяться з наявними даними щодо функціональних проявів активності ферментів. Так, наприклад, деацетилази HDA18 та HDA5 *A. thaliana* беруть участь у негативній регуляції реакції на сольовий стрес (Ueda et al., 2017), а HDAC1 та HDAC2 *H. sapiens* виконують подібні функції у репарації пошкоджень ДНК (Miller et al., 2010). Це дозволяє припустити, що деацетилаза HDAC10 *O. sativa*, як і HDA14 *A. thaliana*, може брати участь в деацетилюванні тубуліну, що співвідноситься з нашими попередніми результатами (Stykhylas et al., 2024b).

Таким чином, отримані дані статистичного аналізу бутстреп підтверджують консервативність каталітичних доменів гістондеацетилаз різного еволюційного походження, дозволяючи припустити, що HDAC10 *O. sativa* може бути залученою до деацетилювання тубуліну, та HDA1 *S. cerevisiae* імовірно є рівновіддаленою від решти гістондеацетилаз та розвивалась паралельно.

Література:

1. Tran HT, Nimick M, Uhrig RG, et al. *Arabidopsis thaliana* histone deacetylase 14 (HDA14) is an α -tubulin deacetylase that associates with PP2A and enriches in the microtubule fraction with the putative histone acetyltransferase ELP3. *Plant J.* 2012;71(2):263–272.
2. D'Mello SR. Histone deacetylases as targets for the treatment of human neurodegenerative diseases. *Drug News Perspect.* 2009;22(9):513.
3. Chen CY, Tu YT, Hsu JC, et al. Structure of *Arabidopsis* HISTONE DEACETYLASE15. *Plant Physiol.* 2020;184(3):1585–1600.
4. Stykhylas MM, Rayevsky OV, Blume YaB. Plant histone deacetylases: their classification and inhibitor search. *Cytol Genet.* 2024a;58(5):385–394.
5. Ueda M, Matsui A, Tanaka M, et al. The distinct roles of class I and II RPD3-like histone deacetylases in salinity stress response. *Plant Physiol.* 2017;175(4):1760–1773.
6. Miller KM, Tjeertes JV, Coates J, et al. Human HDAC1 and HDAC2 function in the DNA-damage response to promote DNA nonhomologous end-joining. *Nat Struct Mol Biol.* 2010;17(9):1144–1151.
7. Stykhylas MM, Dzjobak AV, Rayevsky OV, Blume YaB. Comparative analysis of ligand–protein interactions of class IIb histone deacetylases of different evolutionary origin. *Proc. IV Conf. of Young Scientists “Plant Biology and Biotechnology”*, 16–18 June 2024b.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕВОЛЮЦІЯ ГЕНІВ ІМУНІТЕТУ У КВІТКОВИХ РОСЛИН: ПАТОГЕНСПЕЦИФІЧНІСТЬ І ТИПИ ДОМЕНІВ

Хаблак С.Г., Спичак В.М

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», Київ, Україна

e-mail: sergeyhab211981@gmail.com

Сільське господарство постійно стикається з викликами, пов'язаними з фітопатогенами – грибами, бактеріями, вірусами та іншими мікроорганізмами, які спричиняють значні втрати врожаю та погіршення його якості. В умовах глобальних кліматичних змін, інтенсифікації землеробства та поширення нових рас патогенів зростає актуальність глибокого розуміння механізмів імунітету рослин (Haq et al., 2021). Особливу увагу заслуговує порівняльне вивчення імунної відповіді у однодольних і дводольних рослин, які суттєво відрізняються як за морфо-фізіологічними ознаками, так і за структурно-функціональними характеристиками генів резистентності.

Імунна система рослин є багаторівневою та надзвичайно динамічною. На першому рівні захисту діє PAMP-індукована імунна відповідь (PTI), що активується внаслідок розпізнавання загальних молекулярних патернів патогенів (PAMPs) спеціалізованими мембранними рецепторами PRR (pattern-recognition receptors). У разі подолання цього бар'єру патогенами вмикається другий рівень – ефектор-зумовлений імунітет (ETI), який активується внутрішньоклітинними рецепторами, що кодуються так званими R-генами. Крім того, у рослин існує неспецифічна (горизонтальна) резистентність, пов'язана з багатьма фізіолого-біохімічними механізмами, включаючи активність транспортерів, регуляторів клітинної смерті та факторів стресостійкості (Couto et al., 2016). Метою даного дослідження є порівняльний аналіз еволюції механізмів імунітету у однодольних і дводольних рослин із урахуванням типу взаємодії патогена з клітинами, доменної організації імунних рецепторів та структури кодованих білків.

На підставі біоінформаційного аналізу джерел генетичної стійкості озимої пшениці і соняшнику до основних хвороб, нами був проведений порівняльний аналіз механізмів імунітету у однодольних (*Triticum aestivum*) та дводольних (*Helianthus annuus*) культурах. Особливу увагу було приділено структурним типам рецепторів, що залучені до розпізнавання патогенів. Порівняльні дослідження структури кодованих білків і типу доменів генів стійкості озимої пшениці і соняшнику до патогенів показано, що у дводольних основними компонентами імунної відповіді є мембранні рецептори RLK, RLP, а також внутрішньоклітинні NLR-рецептори з TIR-доменом (TNL), функціонально пов'язані з ко-рецепторами RNL (NRG1, ADR1) через сигнальний комплекс TNL–EDS1–PAD4–SAG101. У злакових культур спостерігається редукція TNL- та RNL-рецепторів, що компенсується домінуванням CNL-рецепторів та RLK-білків, адаптованих до специфіки клітинної стінки та спектра патогенів. Зміни в структурі імунної системи корелюють з анатомічними особливостями та типом патогенів, що переважають у середовищі. Дводольні зберігають ширший набір імунних стратегій, зокрема ефективну реакцію на некротрофів і гемібіотрофів, тоді як однодольні реалізують альтернативні механізми захисту, зосереджені на розпізнаванні біотрофних патогенів. Отримані результати є важливими для подальших досліджень у сфері селекції та молекулярної біотехнології.

Література:

1. Haq I, Ullah N, Shah AA. Challenges of plant pathogens in agriculture: a review on plant immunity mechanisms. *Agronomy*. 2021;11(5):1015.
2. Couto D, Zipfel C. Regulation of pattern recognition receptor signalling in plants. *Nat Rev Immunol*. 2016;16(9):537-552.

EXPLORING THE GENETIC DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE OF LITTLE-POD FALSE FLAX (*CAMELINA MICROCARPA*, *BRASSICACEAE*) IN UKRAINE

Sakharova V.H.¹, Blume R.Y.^{1*}, Rabokon A.M.¹, Mosyakin S.L.², Blume Y.B.¹

¹ *Institute of Food Biotechnology and Genomics, Natl. Acad. Sci. Ukraine, Kyiv, Ukraine*

² *M.G. Kholodny Institute of Botany, Natl. Acad. Sci. Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*e-mail: blume.rostislav@gmail.com

Taxa of the genus *Camelina* faced numerous hybridization and allopolyploidy events during their evolutionary history. Little-pod false flax, *C. microcarpa*, a direct wild progenitor of the cultivated oilseed crop *C. sativa*, is one of the most widespread representatives of the genus. Due to several genetic bottleneck events and subsequent domestication, *C. sativa* now exhibits low genetic diversity, which significantly complicates its breeding. *Camelina microcarpa* wild germplasm seems to be a valuable pool of genetic diversity that could be effectively used for gene introgression in *C. sativa* and overcoming its genetic paucity. However, the genetic diversity and population structure of *C. microcarpa* remain insufficiently understood, particularly in Ukraine, which is considered among *Camelina*'s genetic diversity hotspots.

Here, we used a combination of TBP/cTBP and SSR markers to assess the genetic diversity and population structure of *C. microcarpa* in Ukraine and partially in adjacent Western European regions. Three distinct genetic populations have been identified: Southern Ukrainian (predominantly occurring in Steppe zone), Northwestern Ukrainian (occurring in Forest-Steppe zone and Precarpathian region, particularly in Lviv region), and Western European (Poland, Hungary, Germany). Our findings suggest that the Southern Ukrainian population exhibits the highest genetic diversity, possibly representing an ancestral gene pool, while Northwestern Ukrainian and Western European populations demonstrate evidence of a high gene flow with the Southern Ukrainian population of *C. microcarpa*. Our phylogenetic analysis confirmed strong differentiation of these three populations, while the population structure analysis further indicated a high rate of admixtures between the populations.

These findings enhance our understanding of the evolutionary relationships and geographic distribution of *C. microcarpa*. The observed high heterozygosity and complex population structure highlight the potential of *C. microcarpa* (especially the Southern Ukrainian population) to be used as a germplasm donor for *C. sativa* breeding programs. Our study provides new insights into hexaploid *Camelina* species evolution and genetic diversity, establishing foundations for future development of wild germplasm utilization strategies and cultivated false flax breeding improvement.

The research was supported by Bilateral Remote Research Grant for Ukrainian researchers under the EURIZON program 'Unraveling the diversity of polyploid wild Camelina germplasm for biofuel crop improvement' [STCU Grant Agreement No.: EU#3044] (between Institute of Food Biotechnology and Genomics of National Academy of Sciences of Ukraine and CEITEC, Masaryk University) (2024-25).



ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНІВ ТУБУЛІНУ У АМФІДИПЛОЇДНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *Brassica* ТА ЇХ БАТЬКІВСЬКИХ ВИДІВ

Блюм Р.Я.^{1*}, Демидов С.В.², Пірко Я.В.¹, Блюм Я.Б.¹

¹ ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

² ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

*e-mail: blume.rostislav@gmail.com

Ідентифікація генів α -, β - та γ -тубуліну у шести найбільш економічно значимих видів роду *Brassica*, а також встановлення їх філогенетичної класифікації та еволюційної історії. Повногеномний пошук послідовностей генів тубуліну, методи реконструкції філогенії, а також підходи порівняльної геноміки, зокрема аналіз синтенії. Ідентифіковано 229 функціональних генів тубуліну у шести представників роду *Brassica*, зокрема у *B. oleracea*, *B. rapa*, *B. nigra*, *B. napus*, *B. juncea* та *B. carinata*. За результатами проведеного повногеномного пошуку та ідентифікації генів тубулінів у видів *B. oleracea*, *B. rapa*, *B. nigra*, *B. napus*, *B. juncea* та *B. carinata* виявлено 229 функціональних генів, серед яких 62% складали гени β -тубуліну, 34% - α -тубуліну, а γ -гени тубуліну – лише 4%. Філогенетичний аналіз ідентифікованих генів засвідчив, що у геномах *Brassica* зберігається функціональна спеціалізація генів тубуліну, яка виявляється у різноманітті їх ізотипів. Результати реконструкції філогенії ідентифікованих генів тубуліну свідчать про те, що α -тубуліни *Brassica* поділяються на два філогенетичні класи, а β -тубуліни на 5 основних груп, що спостерігається і у інших Хрестоцвітих.

Представники підродини γ -тубулінів *Brassica* не демонстрували ізотипового різноманіття і були представлені лише одним ізотипом (TUG1) у досліджених видів. Проведений аналіз синтенії підтверджує консервативність генів тубуліну, а також відносну стабільність їх кількості у підгеномах алополіплоїдних видів *Brassica*. Показано, що родина генів тубуліну у представників *Brassica* характеризується значною консервативністю та еволюційно стабільним набором генів навіть у алополіплоїдних видів, а наявне різноманіття ізотипів тубуліну сформоване більш ранніми подіями повногеномних перебудов, що є спільними для більшості Хрестоцвітих. Проведене дослідження сприяє кращому розумінню еволюційної консервативності генів тубуліну та їх ізотипове різноманіття у Хрестоцвітих, що дозволяє в майбутньому виявити механізми субфункціоналізації та регуляції генів тубуліну.

Робота виконана за підтримки науково-дослідного проєкту ВЦП КНУ ім. Т. Шевченка при НАН України «Розробка технологічних засад отримання біодизелю з олії карінати (*Brassica carinata*) шляхом ліпазної трансестерифікації» (2024-25 рр, № Держреєстрації: 0124U002185) та в рамках програми 6541030 за темою «Вивчення екзон-інтронної структури генів рослин та грибів як джерела генетичних маркерів для молекулярно-генетичних досліджень та маркер-опосередкованої селекції» (2024-28 рр. № Держреєстрації: 0124U002604).

АНАЛІЗ РОДИННИХ ЗВ'ЯЗКІВ *GALINSOGA PARVIFLORA* ТА *G. QUADRIRADIATA* НА ОСНОВІ ПОРІВНЯННЯ МІЖГЕННОГО СПЕЙСЕРУ 5S рДНК

Масленкова К.С., Близнюк К.Г., Тинкевич Ю.О., Шелифіст А.Є.

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів ЧНУ, м. Чернівці, Україна

e-mail: maslienkova.karina@chnu.edu.ua

Масштабною загальносупільною проблемою сьогодення є явище біологічної інвазії. Наслідки її впливу охоплюють значний спектр галузей: від екологічних до економічних та соціальних. У зв'язку з цим виникла нагальна потреба боротьби з інвазійними видами задля захисту рідкісних рослин та збереження нормального функціонування екосистем. Її вирішення напругу залежить від глибини розуміння особливостей походження інвазійних видів та причин набуття ними такого статусу. На території України поширені два інвазійні види роду *Galinsoga* – *G. quadriradiata* та *G. parviflora*. Існує думка, що вони здатні утворювати гібриди, яким притаманний вищий порівняно з батьківськими формами інвазійний потенціал (Hodgins et al., 2025).

На основі використання класичних підходів багато проблем, викликаних інвазією, розв'язати неможливо. Водночас, ідентифікацію видів та динаміку їх взаємин успішно здійснюють, проводячи глибокий різносторонній аналіз на генетичному рівні із залученням різноманітних молекулярних маркерів, які доцільно використовувати завдяки їх високій точності, специфічності, інформативності та швидкості проведення аналізу. Зручним інструментом у генетичних дослідженнях через багатокопійність та особливості організації є тандемно розташовані повторювані ділянки 5S рДНК. Цю область успішно використовують у дослідженнях таксонів низького рангу. Кодувальна послідовність повтору 5S рДНК завдяки очищувальному добору характеризується високою консервативністю (Simon et. al., 2018; Tynkevich et al., 2022).

Аналізу підлягали спейсерні послідовності 5S рДНК зібраних з різних точок України семи зразків *G. quadriradiata*, семи зразків *G. parviflora* та одного ймовірного гібриду, ампліфіковані за допомогою унікальних комбінацій чотирьох специфічних праймерів. Після сиквенування за методом Illumina отриманих ПЛР-продуктів проводили контроль якості рідів (трімінг адаптерів і рідів за якістю, видалення коротких рідів). На основі якісних рідів було зібрано 317 контігів, які використані для побудови філогенетичного дерева, що поділяється на дві великі клади *A* і *B*. Кожна з них надалі також формує по дві субклади. Послідовності зразків *G. quadriradiata* виявлені в усіх чотирьох субкладах, тоді як послідовності *G. parviflora* відсутні у субкладі *A1*. Характерною властивістю цієї субклади є незначна кількість SNP. Особливістю отриманого на філогенетичному дереві розподілу є те, що не виявлено жодного природного зразка *G. quadriradiata*, нуклеотидні послідовності якого би не зустрічалися на обох субкладах клади *B*. Водночас, шість зразків *G. parviflora* локалізовані тільки на кладі *B*. Отже, отримані результати узгоджуються з існуючою думкою щодо гібридного походження *G. quadriradiata*, у якого одним із батьківських видів ймовірно є *G. parviflora*.

Література:

1. Hodgins KA, Battlay P, Bock DG. The genomic secrets of invasive plants. *The New phytologist*, 2025;245(5):1846–1863.
2. Tynkevich YO, Shelyfist AY, Kozub LV, Hemleben V, Panchuk II, Volkov RA. 5S ribosomal DNA of genus *Solanum*: molecular organization, evolution, and taxonomy. *Frontiers in plant science*. 2022;13:852406.
3. Simon L, Rabanal FA, Dubos T et al. Genetic and epigenetic variation in 5S ribosomal RNA genes reveals genome dynamics in *Arabidopsis thaliana*. *Nucl. Acids Res*. 2018;46(6):3019–3033.

МІНЛИВІСТЬ КОНСЕРВАТИВНИХ РАЙОНІВ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ДО ПАТОГЕНІВ У ПРЕДСТАВНИКІВ *TRITICEAE*

Плигун В.В., Антонюк М.З., Єфіменко Т.С., Терновська Т.К.
 Національний університет «Києво-Могилянська академія», м. Київ, Україна
 e-mail: v.plyhun@ukma.edu.ua

Одним з факторів, який забезпечує стійкість рослин до патогенів є гени стійкості *R*, які мають консервативні послідовності, представленість яких та нуклеотидний склад варіюють. Одні і ті ж гени *R* можуть залучатися в розвиток стійкості до різних збудників захворювань. Одним з патогенів злаків є борошниста роса, збудником якої у пшениці м'якої є *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (*Bgt*), стійкість до якої забезпечують гени *Pm* (Fu et al., 2015). Через поліплоїдний статус гексаплоїдна пшениця може мати декілька копій послідовностей, які пов'язують зі стійкістю, та приймати до свого геному чужинний хроматин через інтрогресивну гібридизацію. Зміна нуклеотидного складу генів *R* може бути пов'язана з втратою чи набуттям стійкості (Hussain et al., 2024). Вивчення структури генів *R* та пошук зв'язку між цими змінами та проявом ознаки дозволить наблизитись до розуміння втрати стійкості у генотипів гібридного походження.

Для пошуку консервативних послідовностей, які найбільше варіюють за нуклеотидним складом використовували два підходи: 1) проводили біоінформатичний аналіз доступних у GenBank сиквенсів деяких генів *Pm* для визначення нуклеотидної різноманітності; 2) визначали наявність послідовностей, пов'язаних зі стійкістю, у генотипах з альтернативним проявом ознаки за допомогою праймерів до консервативних послідовностей *Pm*, створених за результатами аналізу проведеного у першому підході, та інших патогенів. Використовували стійкий до *Bgt* амфидиплоїд Авротіка та його лінії-похідні, сорти пшениці м'якої, які уражуються *Bgt*. Аналіз послідовностей *Pm*, депонованих у GenBank, проводили за допомогою програмного забезпечення GeneDoc2.7, DnaSP6 (версія 6.12.03) через розрахунок значень критеріїв Колмогорова-Смірнова та Тадзіми, відповідно.

Відібрали для порівняння сиквенси генів *Pm2*, *Pm3*, *Pm4b*, *Pm8*, *Pm21*, *Pm24*, *Pm41*. *Pm2* та *Pm24* мають алелі *2a-2c* та *24a-24b*, відповідно. *Pm3* утворює алельний ряд (*a-j*, *l-r*, *k*). Відмінності між сиквенсами одного і того ж гена є у інсерціях / делеціях, транзиціях, трансверсіях, які є статистично недостовірними ($p < 0,05$). Частина генів кодує білки типу NLR (*Pm2*, *Pm3*, *Pm8*, *Pm21*, *Pm41*), продуктами *Pm4b* та *Pm24* є білки з кіназною активністю. Створено 20 пар праймерів до кодувальних ділянок *Pm*. За результатами ампліфікації з отриманими комбінаціями, найбільш варіабельними є ділянки, які кодують LRR, що узгоджується з результатами порівняння сиквенів. Використання методики RGAP дало змогу отримати поліморфні багатокомпонентні спектри. У пари поєднували праймери, створені до ділянок, які кодують LRR (ген *Pm8*, гени стійкості до *X. oryzae* pv. *oryzae*, до *P. syringae*, цист нематод), кіназні домени (ген стійкості до цист нематод), карбокситермінальний кінець ARC2 (частина АТФази NB-ARC) (ген *Pm8*). Розрізнити генотипи, контрастні за ознакою стійкості, вдалося з комбінаціями, в які входив хоча б один праймер, створений до LRR-кодувальних ділянок генів. Знайдена варіабельність може свідчити про мінливість компонентів першої лінії захисту рослини від патогена.

Література:

1. Fu Y, Zhang Y, Mason AS, Lin B, Zhang D, Yu H, et al. NBS-encoding genes in *Brassica napus* evolved rapidly after allopolyploidization and co-localize with known disease resistance loci. *Front Plant Sci.* 2019;10:26.
2. Hussain A, Khan AA, Aslam MQ, Nazar A, Zaman N, Amin A, et al. Comparative analysis, diversification, and functional validation of plant nucleotide-binding site domain genes. *Sci Rep.* 2024;14(1):11930.

ДЕТЕКЦІЯ ГЕНА СТІЙКОСТІ ДО СТЕБЛОВОЇ ІРЖИ *SR2* У СОРТАХ ТА ЛІНІЯХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Рабоконт А., Сахарова В., Блюм Р., Кваско А., Карелов А., Созінова О., Шиша О., Созінов І., Козуб Н., Ємець А., Пірко Я.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: rabokonnastya@gmail.com, yaryp1@gmail.com

Стеблова іржа, спричинена грибом *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, є однією з найнебезпечніших хвороб пшениці. Створення озимих сортів з ефективними генами стійкості (*Sr*-генами) є пріоритетом у боротьбі з ризиком епіфітотій. У світовій селекції активно використовують гени дорослої помірної стійкості (APR), які, на відміну від расоспецифічних, проявляються лише у дорослих рослин і забезпечують тривалу резистентність (Dinglasan et al., 2022).

Одним із ключових генів є *Sr2* (*Sr2/Lr27/Pbc*), який забезпечує APR до всіх рас стеблової іржі, а також расоспецифічну стійкість до бурої іржі (Mago et al., 2011). Цей ген було перенесено із сорту 'Yaroslav' полби-двозернянки (*Triticum turgidum* L. ssp. *dicoccum*) у 20-х роках минулого сторіччя, про що було повідомлено McFadden у 1930-му році. В результаті було одержано сорт 'Hope' (McFadden, 1930). Морфологічною ознакою наявності гена вважають псевдочорні луски (*pseudoblack chaff*, PBC), однак їх визначення в полі ускладнене (Kota et al., 2006). Для ідентифікації *Sr2* використовується SCAR-маркер *csSr2*, що базується на детекції SNP (однонуклеотидної заміни) і визначає алельні стани за наявністю сайту рестрикції *BspHI*. Точність маркера — близько 95% (Mago et al., 2011). Оскільки *Sr2* відсутній в українських озимих сортах пшениці, його перенесення з ярих форм є вкрай необхідним.

З використанням *csSr2* проаналізовано батьківські сорти-дворучки Хуторянка, Соломія, Афіна, а також канадські ярі лінії DK20, DH31, RL5711, RL6089, 35H2-3. Сорти Соломія, RL6087, DK20, RL5711 несуть алелі чутливості, тоді як Renown, Pembina, Selkirk — алелі стійкості. Сорт Мирхад виявився чутливим. Аналіз гібридів Хуторянка × RL6089 і Соломія × RL5711 показав, що більшість несуть алелі чутливості. Серед озимих ліній, створених за участю канадського матеріалу, виявлено генотипи з фенотипом PBC. Присутність гена *Sr2* у цих ліній підтверджено за допомогою молекулярного маркера *csSr2*. Отримані результати можуть бути використані в селекційній роботі для створення озимих генотипів пшениці, стійких до стеблової іржі, що сприятиме харчовій безпеці України.

Робота виконана в рамках проєкту НФДУ 2021.01/0313 «Створення генотипів пшениці м'якої з генами стійкості проти високопатогенних рас стеблової іржі з використанням молекулярних маркерів як запорука харчової безпеки України» (2023-2025, ДП№ 0123U102941).

Література:

1. Dinglasan E, Periyannan S, Hickey LT Harnessing adult-plant resistance genes to deploy durable disease resistance in crops. *Essays Biochem.* 2022;(5):571-580
2. Mago R, Tabe L, McIntosh RA et al. A multiple resistance locus on chromosome arm 3BS in wheat confers resistance to stem rust (*Sr2*), leaf rust (*Lr27*) and powdery mildew. *Theor. Appl. Genet.* 2011;123:615-623.
3. McFadden ES. A successful transfer of emmer characters to vulgare wheat. *J. Am. Soc. Agron.* 1930;22:1020-1034.
4. Kota R, Spielmeier W, McIntosh RA et al Fine genetic mapping fails to dissociate durable stem rust resistance gene *Sr2* from pseudo-black chaff in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 2006;112:492-499.
5. Mago R, Brown-Guedira G, Dreisigacker S et al. An accurate DNA marker assay for stem rust resistance gene *Sr2* in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 2011;122(4):735-744.

ДНК-ІДЕНТИФІКАЦІЯ М'ЯКОЇ ТА ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ У ЗРАЗКАХ БОРОШНА НА ОСНОВІ ГЕНІВ ТУБУЛІНІВ

Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Новожилов Д.О., Рабоконь А.М.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: rabokonnastya@gmail.com

Пшениця (*Triticum* sp.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур, основною метою культивування якої досі лишається виробництво харчових продуктів, зокрема борошна. У зв'язку з наявністю морфологічно подібних видів пшениці, ймовірністю контамінації зерна іншими злаками та розширенням світового ринку зернових та продуктів їх переробки, усе більш актуальним стає питання перевірки якості, чистоти та відповідності складу харчових продуктів, зокрема борошна. Крім того, тверда та м'яка пшениця відрізняються не лише за морфологічними й агротехнічними характеристиками, а й за своїм призначенням у харчовій промисловості. Тому створення швидкої, надійної та високоточної системи ідентифікації видового складу зерна та продуктів його переробки є надзвичайно важливим для продовольчої безпеки країни.

Представлене дослідження мало на меті продемонструвати можливість використання методу оцінки поліморфізму довжини інтронів генів β -тубуліну (Tubulin-Based Polymorphism, TBP) для ідентифікації видів пшениці у зразках зерна та борошна, зокрема з метою перевірки складу комерційних зразків борошна та оцінки чутливості методу.

Для детекції видоспецифічних ДНК-фрагментів у представників *Triticum* нами було застосовано TBP-метод, а також використовували контрольні сорти *T. aestivum* та *T. durum*. Було встановлено, що отримані ДНК-профілі гексаплоїдної м'якої пшениці завжди містили більшу кількість цільових ампліконів порівняно з тетраплоїдною твердою пшеницею, але в цілому ступінь внутрішньовидового поліморфізму був досить низьким. Тим не менш, між двома видами, а в деяких випадках і між окремими генотипами цих видів, можна достовірно виявити кілька поліморфних ампліконів. Зокрема при аналізі 1-го інтрону β -тубуліну видоспецифічні амплікони було виявлено у діапазонах 400-500 п.н., 600-700 п.н., 700-1000 п.н.; для 2-го – 280-300 п.н., 500-600 п.н., 700-1000 п.н. Щоб перевірити, чи можна використовувати виявлені ДНК-фрагменти як молекулярні маркери для ідентифікації присутності м'якої пшениці в борошні з твердої пшениці, були підготовлені і проаналізовані контрольні суміші борошна з твердої пшениці із додаванням різного відсотку м'якої пшениці (від 5 до 50%). Зроблено висновок, що в цілому виявлені амплікони можна використовувати для простого та швидкого скринінгу борошна, яке складається з *T. aestivum* або *T. durum*, однак чутливість задіяного методу у випадку виявлення фальсифікації м'якої пшениці в виробах з твердої пшениці є дещо обмеженою, адже у випадку аналізу 1-го інтрону β -тубуліну у сумішах пшениця м'яка детектується від 12% (за масою), а при аналізі 2-го інтрону – від 5%. У випадку аналізу комерційних зразків борошна метод дозволив встановити відповідність заявленому типу сировини, адже отриманий профіль зразків борошна повністю відповідає ДНК-профілю референтних зразків пшениці.

Отримані дані свідчать про можливість ефективного використання запропонованого методу в системі контролю якості борошна.

Робота виконана в рамках проекту «Баркодинг ДНК на основі генів тубулінів: автентифікація видів пшениці та споріднених зернових культур у харчових продуктах» (2024-2025, № 0124U002378).

Література:

1. Galasso I, Manca A, Braglia L, Ponzoni E, Breviario D. Genomic fingerprinting of *Camelina* species using cTBP as molecular marker. *Am. J. Plant Sci.* 2015; 6, 1184-1200.
2. Guadalupi C, Braglia L, Gavazzi F, Morello L, Breviario D. A combinatorial Q-locus and Tubulin-Based Polymorphism (TBP) approach helps in discriminating *Triticum* species. *Genes.* 2022;13: 633.

АНАЛІЗ ОДНОНУКЛЕОТИДНОГО ПОЛІМОРФІЗМУ ГЕНА ПУРОІНДОЛІНУ А ДИПЛОЇДНИХ ПШЕНИЦЬ

Созінова О.І., Блюм Я.Б.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна
e-mail: sozinovaoksana1@gmail.com

Пуриноліні (а та б) – низькомолекулярні білки, які визначають текстуру зерна. *Triticum monosocum* та *Triticum urartu* – два види диплоїдної пшениці (Feldman et al., 2023). *T. monosocum* поділяється на два підвиди: *T. monosocum* ssp. *aegilopoides* (синонім *T. boeoticum*) – дикоросла пшениця, предкова форма культивованого підвиду, та *T. monosocum* ssp. *monosocum* – доместикований підвид. *T. urartu* – дикорослий вид. Метою нашої роботи був аналіз одонуклеотидних поліморфізмів (SNP) кодуєчих послідовностей генів *Pina* *T. monosocum* і *T. urartu* з бази даних NCBI порівняно з референсними послідовностями дикого типу сорту пшениці м'якої Chinese Spring та аналіз українського зразка *T. monosocum*.

З бази даних NCBI було відібрано 62 послідовності гена *Pina* виду *T. monosocum* і 22 послідовності виду *T. urartu*. Вирівнювання послідовностей дало змогу визначити відмінності в певних позиціях нуклеотидної послідовності порівняно з послідовністю гена референсного сорту CS. Всього було ідентифіковано 34 SNP з яких 13 – синонімічні відмінності, 21 – несинонімічні. Серед 21 несинонімічної відмінності 15 відмінностей призводять до радикальних амінокислотних заміни, 6 – до консервативних. У всіх проаналізованих послідовностях *T. monosocum* та *T. urartu* було 5 зафіксованих SNP у позиціях: 24 (A→C), 70 (G→A), 121 (G→C), 230 (A→T), 257 (G→A) відносно гена *Pina* референсного сорту CS. Серед цих поліморфізмів заміна в позиції 24 – синонімічна, в позиціях 70 і 121 – несинонімічні консервативні заміни, в позиціях 230 і 257 – несинонімічні заміни, які призводять до радикальної заміни амінокислот в цих позиціях. Також у всіх зразках *T. urartu* та в приблизно половини послідовностей *T. monosocum* спостерігалось 2 заміни в позиціях 318 (T→C) і 322 (G→A), де заміна в позиції 322 призводить до радикальної заміни амінокислот. Ще три синонімічні заміни (81, 249 і 384) є унікальними для майже половини зразків *T. monosocum*. Вищезгадані позиції збігаються з SNP, ідентифікованими в дослідженнях Guzman et al. (2012) під час аналізу 21 зразка *T. monosocum* та 7 зразків *T. urartu*. Інші 24 заміни є поодинокими і зустрічаються лише в окремих послідовностях генів *Pina* *T. monosocum* або *T. urartu*. Крім цього, нами виявлено відмінності в частотах трапляння альтернативних нуклеотидів у позиціях 81, 318, 322 і 384 гена *Pina* у дикого і культивованого підвидів *T. monosocum*. Також нами було проаналізовано сиквенс гена *Pina* зразка *T. boeoticum* var. *baydaricum* (UA0300333) з колекції НЦГРРУ і показано, що цей зразок має SNP у позиціях 24, 70, 81, 121, 230, 249 та 257, характерні для *T. monosocum*.

Отже, всі наявні послідовності генів *Pina* *T. monosocum* і *T. urartu* в базі даних NCBI, а також проаналізований нами зразок UA0300333 мають 5 однакових для обох видів SNP стосовно референсного сорту CS, і низку SNP які є унікальними лише для частини чи поодиноких послідовностей *T. monosocum* і *T. urartu*.

Література:

1. Feldman M, Levy AA. *Triticum* L. In: Wheat Evolution and Domestication. Springer, Cham., 2023, p. 365-526.
2. Guzmán C, Caballero L, Martín MA, Alvarez JB. Molecular characterization and diversity of the *Pina* and *Pinb* genes in cultivated and wild diploid wheat. Mol Breeding. 2012; 30(1):69-78.

ПОЛІМОРФІЗМ ІНТРОНІВ ГЕНІВ БЕТА-ТУБУЛІНУ У ДЕЯКИХ ПРЕДСТАВНИКІВ *ASCOMYCOTA* ТА *BASIDIOMYCOTA*

Шуть Т.С.¹, Косолапов І.А.², Михайлова Д.М.²

¹ ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

² ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

e-mail: timonmone@gmail.com, kosolapov.ivan@gmail.com, daria.mykhailova21@gmail.com

Ascomycota та *Basidiomycota* є найпоширеннішими відділами Fungi, у яких нараховують понад 83000 та 30000 видів відповідно. Їхні представники можуть утворювати плодові тіла, у яких утворюються спори та ведуть сапрофітний, паразитичний та симбіотичний способи життя. (Liu et al., 1999, Taylor et al., 2009, Schmidt-Dannert et al., 2016).

На сьогодні популярним методом диференціації видів є використання ДНК-маркерів, зокрема ІЛР-маркерів, що базуються на поліморфізмі довжин інтронів. Одним із таких є поліморфізм довжини інтронів гену β -тубуліну (TBP), який широко використовується у дослідженнях рослин (Braglia et al., 2021). У зв'язку з цим було створено ряд маркерів, які ґрунтуються на вивченні поліморфізму інтронів генів тубуліну у грибів (Park et al., 2012, Suga et al., 2011).

У ході дослідження були проаналізовані 4 представники відділу *Ascomycota* та 13 – *Basidiomycota*. Із міцелію грибів було виділено ДНК, проведено ІЛР із застосуванням спеціально розроблених для грибів праймерів: до представників *Ascomycota* – TubB_121 (Suga et al., 2011), а до *Basidiomycota* – GanB (Park et al., 2012). Отримані продукти ампліфікації були розділені за допомогою вертикального гель-електрофорезу у 6%-ПААГ з подальшим фарбуванням нітратом срібла.

Для представників *Ascomycota* (окрім *Morchella esculenta*) були отримані специфічні фрагменти ДНК довжиною 380-383 bp, а для *Basidiomycota* – низку специфічних та неспецифічних фрагментів, довжиною від 131 до 497 bp, а для виду *Ganoderma lucidum* був отриманий специфічний фрагмент, довжиною 404 bp. У 4 із 12 досліджених видів *Basidiomycota* ампліфікація не відбувалася взагалі, причина такого явища обговорюється.

Література:

1. Braglia L, Lauria M, Appenroth KJ, Bog M, Breviario D, Grasso A, Gavazzi F, Morello L. Duckweed species genotyping and interspecific hybrid discovery by tubulin-based polymorphism fingerprinting. *Front Plant Sci.* 2021;12:625670.
2. Liu YJ, Whelen S, Hall BD. Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA polymerase II subunit. *Mol Biol Evol.* 1999;16(12):1799-1808.
3. Park YJ, Kwon OC, Son ES, Yoon DE, Han W, Yoo YB, Lee CS. Taxonomy of *Ganoderma lucidum* from Korea based on rDNA and partial β -tubulin gene sequence analysis. *Mycobiology.* 2012;40(1):71–5.
4. Schmidt-Dannert C. Biocatalytic portfolio of Basidiomycota. *Curr Opin Chem Biol.*

TISSUE CULTURE TECHNIQUES AND PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF SELECTED MEDICINAL PLANTS

Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Mustafina F.U.

Tashkent Botanical Garden named after academician F.N. Rusanov of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: botanika-t@mail.ru

In response to the increasing demand for sustainable propagation and secondary metabolite production, this study explores *in vitro* micropropagation and phytochemical profiling of four species: *Morus rubra*, *Ptelea trifoliata*, *Forestiera neo-mexicana*, and *Ungernia victoris*. These species hold ecological and pharmacological significance but face propagation challenges due to seed dormancy, recalcitrance, or overharvesting.

M. rubra, native to North America, is valued for its antioxidant-rich flavonoids such as quercetin, yet suffers from poor seed germination. *P. trifoliata*, a drought-tolerant Rutaceae shrub, is underutilized despite its ornamental and medicinal value. *F. neo-mexicana*, adapted to arid environments, shows potential for restoration ecology but lacks tissue culture data. *U. victoris*, an endangered Central Asian endemic, is threatened by overcollection for medicinal compounds.

Lateral buds from one-year-old shoots served as explants for all species. The most effective sterilization involved bleach and ethanol under laminar flow. Regeneration was achieved on Woody Plant Medium (WPM) with 30 g/L sucrose. Optimal shoot induction occurred using low concentrations (0.2–0.5 mg/L) of cytokinins (BAP, TDZ) combined with auxins (NAA, IAA), with species-specific combinations yielding 65–87% regeneration. *M. rubra* exhibited the fastest development, while *F. neo-mexicana* and *P. trifoliata* showed slower *in vitro* growth rates. Callus formation was successfully induced in *M. rubra*, *P. trifoliata*, and *U. victoris* using 2,4-D + BAP or kinetin (0.5 mg/L each), with callusogenic rates over 50%. HPLC-MS analysis of dried methanolic extracts revealed quercetin levels up to 0.4% (*M. rubra*) and ~0.3% (*P. trifoliata*), confirming the potential of callus cultures for flavonoid production. No quercetin was detected in *F. neo-mexicana* or *U. victoris* tissues.

This work demonstrates the feasibility of conserving and propagating rare woody species through micropropagation while harnessing their biosynthetic potential *in vitro*. Tissue cultures offer not only a route to ex situ conservation and phytochemical production but also a controlled system for further metabolic enhancement, such as elicitation or precursor feeding. These results support biotechnological strategies for rare plant conservation and flavonoid-based pharmaceutical development.

Acknowledgments This research was conducted within the framework of the State program "Establishment and Digital Documentation of the *in Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnology Methods", scheduled for implementation from 2025 to 2029, project A-FA-2021-146 and project "Obtaining Biologically Active Compounds from *Ungernia victoris* Vved. ex Artjush. *In Vitro* Tissue Culture And Regenerated Plants (Microbulbs) For Pharmaceutical Applications" from 2025 to 2026.

References

1. Lloyd G, McCown BH. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Int. Plant Prop. Soc. Proc.* 1980;30:421-427.
2. Murashige I, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;159:473-497.
3. Vollosovich AG, Puchinina GM, Nikolaeva LA. Optimization of macrosalt composition for tissue culture of *Rauwolfia serpentina* Benth. *Rast. Resur.* 1979;15:516-526. (In Russian)

MICROCLONAL PROPAGATION STRATEGIES FOR THE CONSERVATION OF TWO *UNGERNIA* SPECIES

Juraeva H.K., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Mustafina F.U.

Tashkent Botanical Garden named after academician F.N. Rusanov of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: botanika-t@mail.ru

Ungernia sewerzowii and *U. victoris* are rare, endemic Amaryllidaceae species from Uzbekistan, valued for their bioactive alkaloids—particularly lycorine and galanthamine—used in treating bronchitis, Alzheimer's disease, and cancer. Due to overharvesting for pharmaceutical use, both species are under ecological threat. This study aimed to develop in vitro propagation protocols to ensure conservation and enable sustainable compound production. Plant material from germinated seeds was surface-sterilized using a combination of sodium hypochlorite, Domestos, ethanol, and antifungal agents. Sterility rates up to 80% were achieved using streptomycin-enriched media and targeted fungicides like fludioxonil and propiconazole. Explants from cotyledon, hypocotyl, and radicle segments were cultured on Murashige and Skoog (MS) (Murashige and Skoog, 1962) and Vollosovich (Vch) (Vollosovich et al., 1979) media with varied phytohormone compositions.

For *U. sewerzowii*, both direct and indirect organogenesis were induced. Callus formation occurred on MS media supplemented with 2,4-D and BAP, kinetin, or zeatin. Intensive callusogenesis (95%) was observed at the hypocotyl base. Direct organogenesis was induced on MS media with IAA/NAA and BAP/kinetin, leading to microbulb development. Rooting was optimized on 50% MS with NAA and TDZ. Microbulbs regenerated through indirect pathways were more prolific (100–150 per explant) compared to direct routes (3–5 per explant). Full plantlets were acclimated to soil after five subcultures over six months.

For *U. victoris*, similar sterilization and culture techniques were employed. Callus was induced on MS media containing 2,4-D and BAP or kinetin, with Thidiazuron (TDZ) enhancing callus proliferation. Indirect organogenesis followed the same hormone combinations as for *U. sewerzowii*, resulting in up to 150 bulbs per explant. Rooting and soil acclimatization followed the same subculture sequence and media adjustment strategies.

This work demonstrates that in vitro methods are effective for propagating endangered *Ungernia* species. The regenerated plants are genetically stable and suitable for long-term conservation and pharmaceutical applications. These tissue culture protocols can reduce reliance on wild populations and support alkaloid production under controlled conditions.

Acknowledgments This research was conducted within the framework of the State program "Establishment and Digital Documentation of the *in Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnology Methods", scheduled for implementation from 2025 to 2029, project A-FA-2021-146 and project "Obtaining Biologically Active Compounds from *Ungernia victoris* Vved. ex Artjush. *In Vitro* Tissue Culture And Regenerated Plants (Microbulbs) For Pharmaceutical Applications" from 2025 to 2026.

References

1. Murashige I, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;159:473-497.
2. Vollosovich AG, Puchinina GM, Nikolaeva LA. Optimization of macrosalt composition for tissue culture of *Rauwolfia serpentina* Benth. *Rast. Resur.* 1979;15:516-526. (In Russian)

ENHANCEMENT OF *CUCURBITA PEPO* SEED GERMINATION AND EARLY GROWTH BY N-HEXANOYL-L-HOMOSERINE LACTONE

Khakhno K.¹, Bulko O.², Lyoshina L.²

¹National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

²Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, Natl. Acad. Sci. Ukraine, Kyiv, Ukraine

e-mail: khakhnokyril@gmail.com

Acyl-homoserine lactones (AHLs) are key signaling molecules in the bacterial quorum sensing system, which allows them to coordinate their behavior depending on population density. Recent studies have demonstrated that plants can also perceive these bacterial signals and modulate their resistance to stresses and pathogens (Hartmann & Schikora, 2012). This interaction opens up the potential for using AHLs as novel phytostimulants or seed priming agents to improve the growth and development of agricultural crops. In particular, N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C6-HSL) is being investigated for its effects on early development and productivity of plants such as winter wheat (Moshynets et al., 2019) and cucumber (Pazarlar et al., 2020).

Efficient and rapid seed germination and intensive early seedling growth are critically important factors for the successful establishment of agricultural crops. Accelerated early development provides seedlings with better survival, increases their competitiveness against weeds and makes them more resistant to adverse abiotic and biotic stresses, which ultimately has a positive effect on yield. Therefore, identifying and applying effective methods to stimulate germination and enhance stress tolerance remains a pressing objective in modern agrobiotechnology.

As part of this study, we evaluated the effect of the C6-HSL-supplemented medium on the average hypocotyl length of the squash *Cucurbita pepo* during germination. Measurements were performed using ImageJ software (Schneider et al., 2012). This method was chosen to keep the samples uncontaminated, which was important for further *Agrobacterium*-mediated transformation.

Analysis of the obtained data showed that seed germination on standard Murashige and Skoog medium (MS) was 60%, while on medium with added C6-HSL (MS+C6-HSL) it was higher – 73%. Seeds germinated on MS+C6-HSL medium demonstrated a greater average hypocotyl length (7.8 ± 2.5 cm) compared to standard MS medium (6.8 ± 3.5 cm). This indicates a positive effect of added C6-HSL at a concentration of 10 μ M on germination and intensity of initial growth of *C. pepo* seedlings.

Our studies confirm that N-hexanoyl-L-homoserine lactone, when applied in the culture medium at a concentration of 10 μ M, has a positive effect on the early development of *C. pepo* seeds by stimulating the growth of hypocotyl. This effect, which is manifested in an increase in the average length of the hypocotyl, is important for ensuring a better start of plants in the field.

References:

1. Hartmann A, Schikora A. Quorum Sensing of Bacteria and Trans-Kingdom Interactions of N-Acyl Homoserine Lactones with Eukaryotes. *J Chem Ecol.* 2012;38(6):704-13.
2. Moshynets OV, Babenko LM, Rogalsky SP, Iungin OS, Foster J, Kosakivska IV, Potters G, Spiers AJ. Priming winter wheat seeds with the bacterial quorum sensing signal N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C6-HSL) shows potential to improve plant growth and seed yield. *PLOS ONE.* 2019;14(2):e0209460.
3. Pazarlar S, Cetinkaya N, Bor M, Kara RS. N-acyl homoserine lactone-mediated modulation of plant growth and defense against *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber. *J Exp Bot.* 2020;71(20):6638-54.
4. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods.* 2012;9(7):671-5.

MICROPROPAGATION AND PHYTOCHEMICAL PROFILING OF *PTELEA TRIFOLIATA* L.

Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Mustafina F.U.

Tashkent Botanical Garden named after academician F.N. Rusanov of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: botanika-t@mail.ru

Kokusaginine, a trimethoxyfuroquinoline alkaloid from the Rutaceae family, has antioxidant, anti-inflammatory, and anti-fibrotic properties, with potential therapeutic use in renal fibrosis via PI3K/AKT pathway inhibition. Originally isolated from *Orixa japonica*, it is also found in *Ptelea trifoliata*, a medicinal North American shrub. This study develops in vitro propagation protocols for *P. trifoliata* to enable kokusaginine production. Explants from buds, leaves, seeds, and embryos were tested using 30 sterilization protocols involving various chemical agents. Nutrient media included MS (Murashige and Skoog, 1962), Chu (Chu, 1978), Gamborg (Gamborg et al., 1968), and WPM (Lloyd and McCown, 1978). Over 20 phytohormone combinations were tested for shoot induction, rooting, and callus formation under standard culture conditions (25–30°C, 16/8 h photoperiod). Callus was dried, ground, and extracted in methanol. Kokusaginine and quercetin contents were quantified using HPLC-MS. Antioxidant activity was assessed via DPPH and ABTS assays. The best regeneration (68±6.2%) was achieved with MS medium + BAP (0.2 mg/L) + NAA (0.05 mg/L) and 30% sucrose. Callus induction occurred on MS medium with 2,4-D + BAP or kinetin (0.5 mg/L each). Kokusaginine concentration in callus tissues reached up to 1.12% DW (sample PT_C2), exceeding levels in field-grown plants (max 0.78%) and undetectable in regenerated leaves. DPPH and ABTS assays confirmed higher antioxidant activity in callus tissue, with PT_C1 showing the lowest IC₅₀ (544.09 µg/mL, DPPH) and highest ABTS activity (20.15 µg/mL). Callus cultures of *P. trifoliata* are a potent source of kokusaginine and antioxidant compounds, outperforming both in vitro regenerated and field-grown tissues.

Acknowledgments This research was conducted within the framework of the State program "Establishment and Digital Documentation of the in Vitro Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnology Methods", scheduled for implementation from 2025 to 2029.

References:

3. Murashige I, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;159:473-497.
4. Chu CC. The N6 medium and its application to anther culture of cereal crops. *Proc. Symp. Plant Tissue Cult.* 1978;24:43-50.
5. Gamborg OL, Miller RA, Ojima K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 1968;50(1):151-158.
6. Lloyd G, McCown BH. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Int. Plant Prop. Soc. Proc.* 1980;30:421-427.

SILVER NANOPARTICLES AS A PROMISING APPROACH TO ENHANCING PLANT TOLERANCE UNDER DROUGHT STRESS

Plokhovska S.^{1,2*}, García-Villaraco A.¹, Lucas J.A.¹, Gutiérrez-Mañero F.J.¹, Ramos-Solano B.¹

¹ *Universidad San Pablo-CEU Universities, Faculty of Pharmacy, Madrid, Spain*

² *Institute of Food Biotechnology and Genomics, Natl. Acad. Sci. Ukraine, Kyiv, Ukraine*

e-mail: svetaplohovska@gmail.com

Drought negatively affects plant growth by restricting leaf, stem, and root development, while also disrupting water balance and photosynthesis. This leads to reduced light absorption, impaired carbon fixation, and lower overall plant productivity (Haghpanah et al., 2024). AgNPs have gained attention for their potential to improve plant growth and resilience under drought, thanks to their small size, high surface area, and antimicrobial properties (Alabdallah and Hasan, 2021). Our recent studies demonstrated the synthesis of AgNPs coated with metabolites from a beneficial *Pseudomonas* N5.12, which are effective in inhibiting microorganism growth and can be used as effective antimicrobial agents against bacterial and fungal pathogens (Plokhovska et al., 2025). We also recently discovered that this AgNP enhance plant fitness while maintaining rhizosphere microbial balance. Therefore, the aim is to investigate the application of biosynthesized AgNPs under drought conditions, focusing on the mechanisms that enhance plant adaptation.

The results demonstrated that drought stress significantly impaired tomato plant growth, reducing shoot length by 14.4%. Additionally, drought stress caused a considerable decrease in both shoot fresh weight (by 30.8%) and shoot dry weight (by 29.5%), highlighting the negative impact on plant. In contrast, treatment with AgNP had a positive effect on tomato growth. Specifically, AgNP application led to an increase in tomato growth by 11.5% and shoot fresh and dry weight by 49.3% and 50.1%, respectively. The impact of drought stress is evident in a significant reduction in transpiration compared to the control, although it did not affect net carbon fixation or water use efficiency (WUE). AgNP treatment increased transpiration by 22.9%, but WUE was significantly reduced by 23.3% compared to drought-treated samples. Photosynthetic efficiency remained unchanged, although minimal fluorescence (Fo) was significantly increased by 13.4% in AgNP-treated plants. Additionally, AgNPs application did not affect the contents of photosynthetic pigments. However, it increased H₂O₂ and MDA contents by 18.5% and 14.1%, respectively, suggesting that NPs stimulate ROS generation in plant cells. This may also trigger stress adaptation mechanisms, such as enhanced antioxidant activity, membrane stability regulation, and other physiological changes that help plants cope with drought stress. Specifically, our results showed that AgNP treatment significantly increases SOD by 66.5%, but reduces CAT activity by 38.7%, indicating a compensatory response to stress. In summary, foliar application of AgNPs synthesized from *Pseudomonas* N5.12 offers a promising approach to enhancing plant resistance under drought stress, mainly through the modulation of antioxidant defense mechanisms.

This research was funded by the European Union through HORIZON EUROPE Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA4Ukraine project, ID:101101923).

References:

1. Alabdallah NM, Hasan MdM. Plant-based green synthesis of silver nanoparticles and its effective role in abiotic stress tolerance in crop plants. *Saudi J. Biol. Sci.* 2021;28:5631-5639.
2. Haghpanah M, Hashemipetroudi S, Arzani A, Araniti F. Drought tolerance in plants: physiological and molecular responses. *Plants.* 2024;13(21):2962.
3. Plokhovska S, García-Villaraco A, Lucas JA, Gutierrez-Mañero F J, Ramos-Solano B. Silver nanoparticles coated with metabolites of *Pseudomonas* sp. N5.12 inhibit bacterial pathogens and fungal phytopathogens. *Sci. Rep.* 2025;15:1522.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ *ECHINACEA PURPUREA* НА ВМІСТ ЗАГАЛЬНИХ ФЛАВОНОЇДІВ

Блізніченко А. І., Петріна Р. О.

«Інститут хімії та хімічних технологій» Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

e-mail: anastasiia.bliznichenko.bt.2023@lpnu.ua

Ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea*) — це багаторічна трав'яниста рослина з родини айстрових, що походить із Північної Америки. Латинська назва пов'язана з грецьким словом "echinos" (їжак) через колючий вигляд зрілої квіткової голівки. Рослина містить багато вторинних метаболітів, а саме алкіламіди, полісахариди, глікопротеїни, флавоноїди та фенольні сполуки. Також виявлено філоксантибіліни, β -фелландрен, ацетальдегід, диметилсульфід, камфен, гексаналь, α -пінен і лімонен (Burlou-Nagy et al., 2022).

Флавоноїди — поліфенольні сполуки, що містять два ароматичних кільця, з'єднаних тривуглецевим містком (дифенілпропановий фрагмент С6 –С3 –С6). Флавоноїди, в залежності від ступеня окиснення піранового фрагменту, поділяються на катехіни, антоціани, халкони, флаванони, флавори, флавоноли. Також ці сполуки виконують багато функцій, основними з яких є: участь в окисно-відновних процесах, проявляючи антиоксидантну функцію, запобігають руйнуванню хлорофілу, поглинаючи УФ-світло, надають квітам різноманітні кольори, що приваблюють запилювачів.

Метою цієї роботи є спектрофотометричне визначення вмісту флавоноїдів в *Echinacea purpurea* в перерахунку та рутин та кверцетин.

Сухі стебла та квіти *Echinacea purpurea* подрібнили та екстрагували протягом 14 днів при кімнатній температурі. Як екстрагент було використано 96%, 70% та 40% етанол. Отримані екстракти відфільтрували через складчастий фільтр (Chen, Y.-L. et al., 2015).

Загальний вміст флавоноїдів в екстрактах *Echinacea purpurea* визначали спектрофотометричним методом при довжині хвилі 420 нм у кюветі з товщиною 10 мм. на основі утворення комплексу з алюмінієм. Загальний вміст флавоноїдів розраховували за концентрацією кварцетину та рутину за калібрувальною кривою.

Отже, спектрофотометрично визначено вміст флавоноїдів у екстрактах *Echinacea purpurea* в перерахунку на рутин та кварцетин.

Література:

1. Burlou-Nagy C, Bănică F, Jurca T, Vicaș LG, Marian E, Muresan ME, Bácskay I, Kiss R, Fehér P, Pallag A. *Echinacea purpurea* (L.) moench: biological and pharmacological properties. a review. Plants. 2022;11(9):1244.
2. Chen Y-L, Sung J-M, Lin S-D. Effect of extraction methods on the active compounds and antioxidant properties of ethanolic extracts of *Echinacea purpurea* flower. Amer. J. Plant Sci, 2015;6(1):201-212.
3. Lee T-T, Huang C-C, Shieh X-H, Chen C-L, Chen L-J, Yu B. Flavonoid, phenol and polysaccharide contents of *Echinacea purpurea* L. and its immunostimulant capacity *in vitro*. Internatl. J. Environ. Sci. Dev. 2010:5–9.
4. Stanisavljević I, Stojičević S, Veličković D, Veljković V, Lazić M. Antioxidant and antimicrobial activities of echinacea (*Echinacea purpurea* L.) extracts obtained by classical and ultrasound extraction. Chinese J. Chem. Eng. 2009;17(3):478-483.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗУ БІМЕТАЛІЧНИХ НАНОЧАСТИНОК Cu/Ag ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ЯК АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Борова М.М., Денисенко С.Р., Бузіашвілі А.Ю., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна

e-mail:marie0589@gmail.com

Розробка нових наноматеріалів, таких як наночастинки металів, графен, вуглецеві нанотрубки, квантові точки та їх композити є важливою та актуальною на сьогодні сферою досліджень. Для наночастинок металів є характерними специфічні оптичні, теплові, електричні та фізичні характеристики, що проявляються при набутті нанорозмірів, такі наночастинки мають широкий спектр застосування в різних галузях хімії, екології, енергетики, сільського господарства та товарів повсякденного вжитку. Водночас особливо затребуваними та перспективними вважаються біметалічні наночастинки з благородних металів (Ag, Cu, Au), комбінуючи ці метали можна досягти синергетичних антибактеріальних ефектів, що важливо для біомедицини, а також для агробіотехнології при створенні новітніх засобів захисту рослин (Daimari et al., 2024).

Враховуючи зазначене, нами розроблено «зелений» синтез біметалічних наночастинок Cu/Ag за використання бактерії *Bacillus subtilis*. При розробці методики синтезу підбирали та оптимізували деякі параметри, які можуть суттєво впливати на формування наночастинок, а саме: температуру реакційної суміші, за якої відбувався синтез, температуру інкубування, pH культурального середовища, тип та концентрацію вихідних солей AgNO_3 та CuSO_4 або $(\text{CuNO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Для отримання матриці для синтезу наночастинок культуру, в якій було вирошено *B. subtilis*, центрифугували протягом 10 хв при 8000 об./хв. Далі в окремій колбі поєднували 10 мл 10 мМ AgNO_3 та 5 мл 1 мМ CuSO_4 . Реактиви нагрівали до $\sim 40^\circ\text{C}$, після нагрівання одразу додавали 10 мл матриці. Отриманий зразок інкубували протягом 24 год за температури 30°C . Також враховували показник pH. Було виявлено, що синтез успішно відбувався як при нейтральних значеннях pH (6,5-7,0), так і в лужному середовищі (9,0-9,5). В той час як кислі умови (4,5-5,5) є непридатними і перешкоджають формуванню наночастинок. Характерною ознакою утворення наночастинок Cu/Ag було потемніння розчину до коричневого кольору, при цьому важливо, щоб він залишався прозорим без ознак помутніння або надмірного осаду. У подальшому отриманий зразок фільтрували крізь стерильний фільтрувальний папір, після чого його використовували для спектрофотометрії та інших досліджень.

Наша подальша робота буде пов'язана з визначенням антибактеріальних ефектів синтезованих біметалічних наночастинок *in vitro*, порівнянням з монометалічними наночастинками міді та срібла та вивченням можливості їх використання у захисті рослин від патогенів, оскільки відомо, що комбінація наночастинок Cu та Ag є більш ефективною, ніж вплив наночастинок Cu та Ag окремо, проти широкого спектру бактерій, таких як *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, а також *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* та *Streptococcus dysgalactiae*. Було висунуто припущення, що позитивно заряджені наночастинки Cu здатні посилювати антибактеріальну дію нанорозмірного срібла більш як в 6 разів (Vasiliev, et al., 2023). Ймовірно, синергетичний антибактеріальний механізм наночастинок Cu та Ag обумовлений їх взаємодоповнюючими механізмами дії, а саме, наночастинки Ag пошкоджують стінки бактеріальних клітин, полегшуючи надходження наночастинок Cu. Однак, такі сумісні ефекти біметалічних наночастинок проти різних патогенів потребують детального вивчення та підтвердження у наших подальших дослідженнях.

Література:

1. Daimari J, Basumatary S, Deka AK. et al. Bimetallic nanoparticles from coinage metals (Cu, Ag, Au) and its biomedical applications: a review. Nano-Structures & Nano-Objects. 2024;39:10124
2. Vasiliev G, Kubo AL, Vija H. et al. Synergistic antibacterial effect of copper and silver nanoparticles and their mechanism of action. Sci Rep. 2023;13:9202

ВПЛИВ ФУЛЕРЕНУ C₆₀ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ РОСЛИН ТОМАТУ ТА ПШЕНИЦІ

Бузіашвілі А.Ю.¹, Лихачова Д.В.², Прилуцька С.В.³, Ємець А.І.¹

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна

²ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

³Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

e-mail: buziashvili.an@gmail.com

Глобальні зміни клімату протягом останніх десятиріч призводять до зменшення водних ресурсів та зростання частоти посух, які можуть серйозно вплинути на стабільність виробництва зернових та овочевих культур, зокрема, пшениці (*Triticum aestivum*) та томатів (*Solanum lycopersicum*), що має важливе значення для продовольчої безпеки. Останні дослідження вказують на потенціал карбонових наночастинок, зокрема фулерену C₆₀ і його похідних (Borisev et al., 2016), у пом'якшенні впливу посухи на рослини. Враховуючи зазначене, метою даної роботи було дослідити вплив фулерену C₆₀ на рослини томату сорту Money Maker та пшениці сортів Оксамит Миронівський та Елегія Миронівська при дефіциті вологи.

Дефіцит вологи моделювали в умовах гідропоніки шляхом додавання у живильне середовище Хогланда поліетиленгліколю (ПЕГ) 6000 у концентрації 6% для рослин томату та 10% – для пшениці. Фулерен C₆₀ додавали у живильне середовище Хогланда, доповнене ПЕГ 6000, у концентрації 25 мкг/мл. У субстрат для гідропоніки, зволожений середовищем Хогланда, або середовищем Хогланда із додаванням ПЕГ 6000, або середовищем Хогланда, доповненим ПЕГ 6000 та фулереном C₆₀, висаджували 10-добові проростки томату та 3-добові – пшениці. Рослини культивували протягом 9 діб при температурі 24°C та 16/8-годинному фотоперіоді, після чого досліджували їх морфологічні параметри та за допомогою спектрофотометричних методів визначали біохімічні маркери абіотичного стресу, зокрема, вміст оксиду азоту (II).

Нами було встановлено, що фулерен C₆₀ пом'якшує негативний вплив дефіциту вологи на морфологічні ознаки рослин пшениці – як більш стійких до посухи сортів (Оксамит Миронівський), так і сортів з нижчим рівнем посухостійкості (Елегія Миронівська). Зокрема, висота рослин пшениці сорту Оксамит Миронівський в умовах змодельованої посухи була на 44,38% менше, ніж у контролі, а у присутності фулерену в умовах посухи – у 2,04 рази більша. Висота рослин пшениці сорту Елегія Миронівська в умовах дефіциту вологи була на 4,71% менше, ніж в контролі, а за дефіциту вологи у присутності фулерену – на 14,42% більше, ніж без його додавання. Однак, додавання фулерену C₆₀ у живильне середовище в умовах змодельованої посухи навпаки підсилювало ефекти абіотичного стресу у рослин томату. Висота рослин томату на середовищі із ПЕГ 6000 була на 7,19% вищою, ніж у контролі, що можна пояснити стимулюючим ефектом м'якого водного дефіциту на ранніх стадіях розвитку рослин томату (Martínez-Andújar et al., 2011), однак в умовах дефіциту вологи у присутності фулерену висота рослин була на 28,65% меншою, ніж в умовах посухи без додавання фулерену.

У присутності ПЕГ 6000 вміст NO₂⁻ у рослинах пшениці сорту Оксамит Миронівський був у 4,49 рази, вищим, ніж у контролі, тоді як у присутності фулерену C₆₀ в умовах водного дефіциту вміст оксиду азоту (II) був на 73,73%, нижчим, ніж у рослин в умовах змодельованої посухи. У рослин пшениці сорту Елегія Миронівська вміст NO₂⁻ в умовах посухи був на 19,69% нижчий, ніж в контролі, а у присутності фулерену та ПЕГ 6000 – на 0,63% нижчий, ніж в умовах посухи без його додавання. У рослин томату вміст NO₂⁻ в умовах посухи на 53,39% підвищувався порівняно з контролем, а в умовах посухи із додаванням фулерену вміст NO₂⁻ був навіть на 4,43% вищий, ніж у присутності лише ПЕГ 6000. Отже, вплив фулерену C₆₀ на вміст NO₂⁻ у різних сортах томату та пшениці за дефіциту вологи відрізнявся в залежності від рівня посухостійкості сортів рослин – знижувався у стійкого сорту пшениці Оксамит Миронівський, залишався порівняно незмінним у менш стійкого сорту пшениці Елегія Миронівська та підвищувався у чутливого до посухи сорту томату Money Maker.

Література:

1. Borišev M, Borišev I, Župunski M, Arsenov D, Pajević S, Čurčić Ž, Vasin J, Djordjevic A. Drought impact is alleviated in sugar beets (*Beta vulgaris* L.) by foliar application of fullereneol nanoparticles. PloS one. 2016;11(11):e0166248.
2. Martínez-Andújar C, Albacete A, Roldán A, Pascual JA, Dodd IC, Pérez-Alfocea F. Baptism of tomato seedlings by osmotic stress alters aba relations and improves tolerance to salt and water stress after transplant. Acta Hort. 2011;898:327-334.

«ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК СУЛЬФІДУ ЦИНКУ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Бузіашвілі А.Ю.¹, Комолов К.А.², Пірко Я.В.¹, Ємець А.І.¹

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна

²ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

e-mail: buziashvili.an@gmail.com

У біотехнології рослин широкого застосування набули наночастинки на основі металів, оксидів металів, а також силікатні та карбонові наночастинки. Однак, серед різних типів наноматеріалів особливої уваги заслуговують наночастинки на основі халькогенідів – бінарних сполук металів із елементами 6 групи, зокрема, сіркою, селеном та телуrom. Сульфід цинку є одним з найбільш перспективних щодо застосування у біотехнології рослин та медицині з огляду на його більш високу біосумісність у порівнянні з, наприклад, сульфідом кадмію, здатністю поглинати ультрафіолетове світло та випромінювати світло із різною довжиною хвиль у залежності від розміру наночастинок, а також фотокаталітичними, протираковими, антибактеріальними, антиоксидантними властивостями, тощо (Gorai, 2020).

Нами вперше розроблено методику «зеленого» синтезу наночастинок ZnS (ZnS-NPs) на основі PGPB (plant growth-promoting bacteria) роду *Bacillus*, проаналізовано їх спектральні властивості та досліджено морфологію наночастинок за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії.

Синтез наночастинок здійснювали позаклітинно за використання методу (Alijani et al., 2018) з деякими модифікаціями. В роботі використовували 100 mM Na₂S x 9H₂O та 100 mM Zn(NO₃)₂ x 6H₂O. Матрицею для синтезу наночастинок слугували бактеріальні культури *Bacillus subtilis* B-7099, *B. amyloliquefaciens* B-7101 та *B. subtilis* B-7445, які вирощували протягом 96 год при 37°C.

У результаті аналізу спектрів поглинання отриманих зразків наночастинок за допомогою спектрофотометру Specord 210 (Analytic Jena, Німеччина) було виявлено поглинання синтезованих ZnS на ділянці спектру 200-320 нм. За допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (JEM 1200 EX, JEOL, Японія) було підтверджено утворення наночастинок сульфиду цинку на основі бактерій *B. subtilis* B-7099 та B-7445 кубічної форми, та *B. amyloliquefaciens* B-7101 – сферичної форми.

У подальших дослідженнях планується визначити біологічну активність наночастинок ZnS, отриманих на основі бактерій роду *Bacillus*, та перспективи їх використання в біотехнології рослин.

Література:

1. Gorai S. A review on biogenic synthesis of ZnS nanoparticles and potential applications. J. Indian Chem. Soc. 2020;12:2972-2980.
2. Alijani HQ, Pourseyedi S, Torkzadeh-Mahani M, Khatami M. Green synthesis of zinc sulfide (ZnS) nanoparticles using *Stevia rebaudiana* Bertoni and evaluation of its cytotoxic properties. J. Molec.Struct. 2019;1175:214-218.

АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ НАСІННЯ ТА ТРАВИ АМАРАНТУ

Гуцько К.І., Петріна Р.О.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

e-mail: kateryna.i.hutsko@lpnu.ua

Екстракти *Amaranthus* spp. містять значну кількість метаболітів, зокрема алкалоїдів, поліфенолів, терпеноїдів та сапонінів. Вони проявляють широкий спектр біологічної активності: антиоксидантну, антимікробну, протиалергічну, протипухлинну, антигіпертензивну, ранозагоювальну (Hutsko et al., 2024). Екстракти *A. viridis*, *A. hybridus*, *A. spinosus* і *A. caudatus* проявляють антибактеріальну дію широкого спектру (Guo et al., 2020). Етанольні екстракти кореня, листя та стебла *A. retroflexus* та екстракт квітів *A. hybridus* активні проти *Penicillium verrucosum*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium expansum* та *Aspergillus niger* (Terzieva et al., 2019).

Метою роботи було визначити антимікробну активність етанольних екстрактів насіння та трави амаранту.

Об'єктами дослідження було екологічно чисте насіння *A. hypochondriacus* (сорт «Лера»), *A. hybridus* (сорт «Ультра») та трава *A. retroflexus*. Екстракти готували методом настоювання протягом 7 діб при кімнатній температурі у 70% етанолі. Для дослідження антимікробної активності використали тест-культури *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida tenuis*, *Aspergillus niger*. Визначення чутливості штамів мікроорганізмів до етанольних екстрактів проводили дифузійним методом (метод «колодязів») згідно ДФУ. Дослідження проводили тричі. Тривалість інкубації 24 год за температури 36-37°C для бактерій та 72 год за 28-30°C для грибів. Оцінку антибактеріальної активності дослідних екстрактів проводили вимірюванням діаметра зон затримки росту (Fizer et al., 2024).

Діаметр зони затримки росту (ДЗЗР) грампозитивної бактерії *S. aureus* для етанольних екстрактів насіння амаранту «Лера» та «Ультра» – 50 мм, для етанольного екстракту трави амаранту – 25 мм, що свідчить про високу чутливість мікроорганізму. До екстракту трави амаранту грамнегативна бактерія *E. coli* мала високу чутливість (ДЗЗР 50мм), помірну антимікробну активність щодо *E. coli* має екстракт насіння амаранту «Лера» (ДЗЗР 5мм). *A. niger* був малочутливим до дії екстрактів трави амаранту (ДЗЗР 11мм) та екстракту насіння амаранту сорту «Лера» (ДЗЗР 12мм). Жоден з досліджуваних екстрактів не виявив фунгістатичної дії щодо *C. tenuis*.

Визначено антимікробну активність етанольних екстрактів насіння амаранту *A. hypochondriacus* та *A. hybridus*, трави *A. retroflexus* щодо тест-культури *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida tenuis*, *Aspergillus niger*.

Література:

1. Fizer L, Parashchyn Zh, Komarovska-Porokhnyavets O, Lubenets V. Development of the powder composition with thiosulfonate component and study of its antimicrobial effect. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2024;7(1):131-139.
2. Guo L, Wang Y, Bi X, Duo K, Sun Q, Yun X, Zhang Y, Fei P, Han J. Antimicrobial activity and mechanism of action of the *Amaranthus tricolor* crude extract against *Staphylococcus aureus* and potential application in cooked meat. Foods. 2020;9(3):359.
3. Hutsko K, Petrina RO. Amaranth as a source of secondary metabolites with potential wound-healing activity. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2024;7(2):92-99.
4. Terzieva S, Velichkova K, Grozeva N, Valcheva N, Dinev T. Antimicrobial activity of *Amaranthus* spp. extracts against some mycotoxigenic fungi. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019;25(3):120-123.

РОЗРОБКА МЕТОДУ «ЗЕЛЕНОГО» СИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК МІДІ НА ОСНОВІ *BACILLUS SUBTILIS* ТА ЇХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

Денисенко С.Р., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: densviat@gmail.com

У сучасних умовах дедалі більшого значення в агропромисловому секторі набувають нанобіотехнології, як екологічно безпечна альтернатива традиційним пестицидам, що викликають розвиток резистентності у збудників та забруднюють довкілля. Завдяки унікальним фізико-хімічним характеристикам, наночастинки відкривають нові перспективи у сфері біотехнології рослин — зокрема, у забезпеченні захисту від фітопатогенів та зменшенні потреби в агрохімікатах (Hamid and Saleem, 2022).

Одним із напрямків досліджень у сфері захисту рослин є синтез мідних наночастинок (CuNPs), які викликають інтерес завдяки своїм вираженим антимікробним властивостям та здатності до впливу на фітопатогенні мікроорганізми. Мідь виконує важливу фізіологічну роль у живих організмах, однак у формі наночастинок вона може проявляти виражену антимікробну активність. CuNPs здатні спричиняти утворення активних форм кисню, що призводить до пошкодження клітинних структур патогенних мікроорганізмів (Ren et al., 2009).

Застосування «зелених» методів дозволяє уникнути токсичних хімічних реагентів, забезпечуючи екологічну безпеку та біосумісність отриманих наночастинок. Отже метою даного дослідження була розробка ефективного, екологічно безпечного способу синтезу CuNPs та характеристика одержаних наноматеріалів.

В якості матриці для «зеленого» синтезу CuNPs було використано супернатант культури *B. subtilis*. Для цього культуру бактерій центрифугували 10 хв при 8000 об./хв., далі відбирали 20 мл супернатанту в окрему ємність. Потім додавали 5 мл 10 мМ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та перемішували суміш на шейкері протягом 30 хв. Після чого культивували протягом 24 год за температури 28°C. Формування наночастинок супроводжувалося зміною кольору розчину зі світло-жовтого на світло-блакитний. Отриманий розчин пропускали через стерильний фільтр із діаметром пор 0,45 мкм. Під час експерименту було протестовано різні концентрації мідного $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (від 5 до 20 мМ), з яких найбільш оптимальною виявилася концентрація 10 мМ.

Для підтвердження утворення та характеристики наночастинок застосовували метод спектрофотометрії. Спектри поглинання вимірювали за допомогою спектрофотометра Specord 210 Analytik Jena AG (Німеччина). Поява піку поглинання в діапазоні 600–620 нм підтвердила формування CuNPs (Pandit et al., 2017). Додатково було проведено оцінку стабільності колоїдних розчинів.

Подальшим етапом дослідження є тестування синтезованих CuNPs проти модельних фітопатогенних бактерій (*R. solanacearum* та *C. michiganensis*) та грибів (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *F. solani*, *P. infestans*). Отримані дані можуть слугувати основою для розробки нових біоактивних нанопрепаратів у захисті рослин.

Роботу виконано за фінансової підтримки НАН України (бюджетна програма КПКВК 6541030, 2024-2028 р.р., державний реєстраційний номер: 0124U002424).

Література:

1. Hamid A, Saleem S. Role of nanoparticles in management of plant pathogens and scope in plant transgenics for imparting disease resistance. Plant Prot Sci. 2022;58(3):173–84.
2. Pandit R, Gaikwad S, Rai M. Biogenic fabrication of CuNPs, Cu bioconjugates and in vitro assessment of antimicrobial and antioxidant activity. IET Nanobiotechnol. 2017;11(5):568–75.
3. Ren G, Hu D, Cheng EW, Vargas-Reus MA, Reip P, Allaker RP. Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. Int J Antimicrob Agents. 2009;33(6):587–90.

ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* РОСЛИН ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM*)

Кваско А.Ю.¹, Берендіченко О.А.², Мельничук О.В.¹, Ємець А.І.^{1,2}

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

²Національний університет «Києво-могилянська академія», м. Київ, Україна

e-mail: kvasko.anna@ukr.net

Гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*) – представник роду *Aesculus* з родини Sapindales, розділеної на 5 секцій та налічує 12 загальноприйнятих видів та 7 видів, дискусії щодо класифікації яких ще тривають. Поширенню міськими територіями сприяли фенотипові характеристики рослини, перевагами є також витривалість до змін клімату та стійкість до стресових умов: нечутливість до забрудненого повітря, засолених ґрунтів, морозу та сонячних опіків, що робить *Aesculus hippocastanum* привабливим видом дерев для прикрашання міського ландшафту у кожному пору року (Chanon, 2005).

Введення в культуру *in vitro* гіркокаштана з використанням бруньок є ефективним біотехнологічним методом збереження його генетичного ресурсу та оздоровлення певних його генотипів. Вибір бруньок як експлантів для культури *in vitro* має кілька переваг: мінімальне пошкодження рослини та високий морфогенетичний потенціал. Основними середовищами для індукування соматичного ембріогенезу та подальшого культивування гіркокаштана звичайного є середовища Мурасіге-Скуга (МС) та Woody Plant Medium (WPM) (Zdravkovic-Korac et al., 2022), які за потреби додатково доповнюють регуляторами росту для покращення морфогенетичних реакцій.

З метою розробки ефективного протоколу введення в культуру рослин гіркокаштана було проведено дослідження з застосуванням різних схем стерилізації експлантів. Рослинний матеріал було отримано з дерева каштана, що проростає на території Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП). Експланти попередньо поверхнево очищували, промивали проточною водою, подальші маніпуляції проводили в асептичних умовах. Експланти стерилізували за наступними схемами: 1) 70% етанол – 3 хв, нітрат срібла (AgNO_3 , 0,04%) – 20 хв; 2) відрізнявся від попереднього варіанту концентрацією AgNO_3 (0,02 %); 3) 70% етанол – 3 хв, гіпохлорит натрію (9%) – 20 хв. Після поверхневої стерилізації експланти переносили на середовище WPM повного складу з додаванням регуляторів росту – BAP (1 мг/л) та кінетин (1 мг/л). Рослини культивували за умов культуральної кімнати при 16 годинному світловому періоді та температурі 24-26° С. Ефективність поверхневої стерилізації оцінювали на 14 добу культивування шляхом підрахунку кількості стерильних відносно контамінованих експлантів. Статистичний аналіз проводили з використанням стандартних програм MICROSOFT® EXCEL 2010.

Порівняння варіантів із використанням нітрату срібла та гіпохлориту натрію свідчить про те, що найбільш ефективним є застосування нітрату срібла у концентрації 0,04 %. Ефективність стерилізації за даними протоколами була на рівні 87 %. При використанні нітрату срібла у концентрації 0,02 % ефективність стерилізації була дещо нижчою (63 %) і знаходилася на рівні варіанта, який передбачав обробку гіпохлоритом натрію у концентрації 9 % (65%).

Таким чином, використання ефективного протоколу стерилізації дозволило ввести в культуру *in vitro* рослини гіркокаштана звичайного з використанням бруньок, як експлантів, з метою вкорінення рослин, їх мікроклонального розмноження та проведення подальших досліджень.

Література:

1. Chanon AM. Studies on the reproductive capacity of *Aesculus parviflora* and *Aesculus pavia*: opportunities for their improvement through interspecific hybridization. Columbus: The Ohio State University; 2005. 278 p.
2. Zdravkovic-Korac S, Milojevic J, Belic M, Calic D. Tissue culture response of ornamental and medicinal *Aesculus* species. Plants. 2022;11(3):277.

AGROBACTERIUM-ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ РОСЛИН *BRASSICA OLERACEA* ГЕНОМ БІОСИНТЕЗУ ТРЕГАЛОЗИ *TPS2*

Кваско А.Ю.¹, Володавчик В.Е.², Ємець А.І.¹

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

²ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету ім.

Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

e-mail: kvasko.anna@ukr.net

Brassica oleracea (капуста городня) є одним з найбільш широко вирощувальних овочів родини капустяних, що містить цінні антиоксиданти, вітаміни та мінеральні сполуки. Шкідники, хвороби, а також, несприятливі та стресові умови навколишнього середовища є основними проблемами, що впливають на врожайність цієї культури. *Agrobacterium*-опосередкована трансформація є одним із ефективних та надійних методів отримання стійких ліній капусти до біотичних та абіотичних стресових чинників, зокрема і до водного дефіциту.

У більшості досліджень щодо генетичної трансформації капусти використовували експланти гіпокотилів та сім'ядоль різного віку (3-, 5- та 7-добові), що вказує на їх високий регенераційний потенціал та здатність до органогенезу (Gerszberg, 2018). Нами було використано сім'ядольні експланти 7-добових проростків, оскільки, 3- та 5-добові проростки виявились незручними для генно-інженерних маніпуляцій, як було також продемонстровано раніше (Ravanfar et al, 2017). Для цього насіння капусти білоголової сорту «Паляниця» стерилізували за схемою: 70% етанол – 1 хв, гіпохлорит натрію – 12 хв, нітрат срібла (AgNO_3 , 0,02%) – 15 хв, триразове промивання стерильною дистильованою водою по 5 хв, а потім переносили на середовищі Мурасіге-Скуга (МС) з половинним набором макро- і мікросолей без додавання регуляторів росту. Через 7 діб видаляли експланти для проведення *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації за використання векторної конструкції pGWB2-*TPS2* з цільовим дріжджовим геном біосинтезу трегалози *TPS2*, експресія якого підвищує стійкість до посухи у рослин (Kvasko et al., 2019). Підготовлені експланти оброблювали суспензією агробактерії ($\text{OD}_{600} = 1$) протягом 7 хв та надалі переносили на середовище МС без антибіотиків з додаванням 1,5 мг/л ВАР. Після кокультивування експланти розміщували на середовище МС аналогічного складу, доповнене 500 мг/л цефотаксимом для елімінації бактерії та 10 мг/л гігromіцином для селекції трансформованих ліній. Попередньо селективну концентрацію гігromіцину було визначено з використанням контрольних рослин *B. oleracea*. Через 30 діб культивування рослини переносили на середовище МС для вкорінення. Отримані у результаті селекції рослини аналізували за допомогою ПЛР з використанням специфічних праймерів для підтвердження перенесення гена *TPS2*. Кожний етап роботи повторювали щонайменше тричі, загалом було використано біля 90 експлантів. За результатами молекулярно-генетичного аналізу було підтверджено отримання 11 трансгенних рослин *B. oleracea* з геном біосинтезу трегалози *TPS2*.

Література:

1. Gerszberg A. Tissue culture and genetic transformation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): an overview. *Planta*. 2018;248:1037-1048.
2. Ravanfar SA, Orbovic V, Moradpour M, Azizd MA, Karana R, Wallace S, Parajuli S. Improvement of tissue culture, genetic transformation, and applications of biotechnology to *Brassica*. *Biotechnol Genet Eng Rev*. 2017;33(1):1-25.
3. Kvasko A, Isayenkov S, Krasnoperova O, Dmytruk K та Yemets A Genetic transformation of *Nicotiana tabacum* with the yeast *TPS1* and *TPS2* genes involved in trehalose synthesis. *Visnik ukraïnskogo tovaristva genetikiv i selekcioneriv*. 2019;17(2):150-158.

AGROBACTERIUM-ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ САЛАТУ ЛАТУКУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО СТІЙКОСТІ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ

Кирилаха С.В.

Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна,

e-mail: lanakirilaha@gmail.com

Салат латук (*Lactuca sativa* L.) є однією з найдавніших культивованих овочевих культур (Compositae). Його батьківщиною вважається Середземномор'я, а в Україні він вирощується з XVII століття. Розрізняють кілька різновидів: листовий (*L. sativa* var. *crispa*), головчастий (*L. sativa* var. *capitata*) та ромен (*L. sativa* var. *longifolia*). Листя цієї культури містить вітаміни групи В, РР, К, Е, каротин, фолієву кислоту, а також макро- та мікроелементи, зокрема кальцій, калій, залізо, мідь, бор і йод, що робить його цінним компонентом раціону (Michelmores, 1985). Розробка методів культивування тканин і регенерації рослин *in vitro* на основі тотипотентності клітин сприяла розвитку генетичної трансформації. Завдяки досягненням генетичної інженерії стало можливим створення рослин з покращеними властивостями шляхом спрямованого конструювання *in vitro*. У 1987 році були проведені експерименти з трансформації салату латук за допомогою Ті-плазмиди *Agrobacterium tumefaciens*, яка містила ген стійкості до канаміцину (Michelmores et al., 1987).

Трансформація рослин здійснюється різними методами: агробактеріальною трансформацією (*Agrobacterium tumefaciens*), прямим введенням ДНК до протопластів за допомогою осмотичного або електричного впливу, а також бомбардуванням рослинних експлантів мікрочастками. Трансгени можуть інтегруватися в ядерну або хлоропластну ДНК. Методи генетичної інженерії дозволяють створювати рослини з корисними ознаками, такими як стійкість до абіотичних чинників, гербіцидів, хвороб та здатність до синтезу медичних протеїнів. Одним із напрямків генетичної інженерії є створення рослин, стійких до гербіцидів, таких як гліфосат і фосфінотрицин, що дозволяє зменшити використання шкідливих хімічних сполук. Для цього розроблені сорти сільськогосподарських культур, стійкі до гербіцидів суцільної дії. За допомогою агробактеріальної трансформації отримано трансгенні рослини салату, стійкі до гербіцидів, із застосуванням *Agrobacterium tumefaciens* та генів *bar* і *nptII*. Трансформовані рослини показали стійкість до гербіциду в концентрації 5 мг/л, причому ця ознака успадковується в наступних поколіннях.

Дослідження створення салатних рослин, стійких до абіотичних факторів, таких як водний дефіцит і холодний стрес, включають отримання трансгенних рослин сорту Chongchima методом агробактеріальної трансформації. Ефективність трансформації становила 10,8%, а розщеплення ознаки у поколінні T1 було 3:1 у 8 із 10 рослин, що вказує на наявність однієї копії трансгена. Для однієї рослини розщеплення було 1:1, що може свідчити про інтеграцію кількох копій гена. Після агробактеріальної трансформації були отримані трансгенні рослини салату, що продемонстрували підвищену стійкість до сольового стресу та водного дефіциту. При культивуванні в гідропонній культурі з концентрацією 100 мМ NaCl, ці рослини перевищували контрольні за висотою та масою в 10 разів (Mohapatra et al., 1999).

Література:

1. Michelmores RW. Eash Handbook of Plant Cell Culture. Lettuce. New York: Macmillan, 1985. - p. 512-551.
2. Michelmores RW, Marsh E, Seely S. et al. Transformation of lettuce (*Lactuca sativa*) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Ibid. 1987;6(6)439-442.
3. Mohapatra U, McCabe MS, Power JB. et al. Expression of the *Bar* gene confers herbicide resistance in transgenic lettuce. Transgen. Res. 1999;8(1):33-44.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ВМІСТ ІНДОЛЬНИХ АЛКАЛОЇДІВ В БІОМАСІ КУЛЬТУРИ ТКАНИН *RAUVOLFIA SERPENTINA* ПРИ ВИРОЩУВАННІ НА ДВОХ РІЗНИХ ЗА СКЛАДОМ ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Конвалюк І.І.¹, Бєда О.А.^{1,2}, Андрєєв І.О.¹, Можилевська Л.П.¹, Гуменюк М.В.¹, Ярмолук С.М.¹, Кунах В.А.¹

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна

²Наукова установа ТОВ «НАУКОВО-СЕРВІСНА ФІРМА «ОТАВА», м. Київ, Україна

e-mail: konvalyuk.I.I.@gmail.com

Одним з інноваційних способів отримання рослинної сировини як джерела цільових біологічно активних сполук (БАС) для потреб фармацевтики є культура *in vitro*. У відділі генетики клітинних популяцій ІМБГ НАНУ створено культуру тканин раувольфії зміїної (*Rauvolfia serpentina* Benth. Ex Kurz) – тропічної рослини, препарати з якої відомі широким спектром біологічної активності завдяки вмісту у коренях понад 50 індольних алкалоїдів (Kumar et al., 2022). Нами раніше встановлено динаміку приросту біомаси та накопичення індольних алкалоїдів впродовж пасажу для високопродуктивного штаму К-27М *R. serpentina*, а також антиаритмічну, гіпотензивну, седативну судинорозширювальну дію екстрактів алкалоїдів з його біомаси. Як відомо, склад живильного середовища є одним із чинників, що впливають на вміст БАС у біомасі культури тканин.

Метою роботи було дослідити продуктивність та вміст індольних алкалоїдів в біомасі штаму К-27М *R. serpentina* при вирощуванні на двох різних за складом мінеральної основи та вмістом цукру живильних середовищах.

Штам К-27М культивували протягом 6 пасажів на: 1) середовищі Мурасіге-Скуга (МС), доповненому 3% цукру, 2 мг/л індолилоцтової кислоти (ІОК) та 0,2 мг/л кінетину; 2) спеціально розробленому безгормональному середовищі 10С з 10% цукру. Якісний та кількісний склад алкалоїдів визначали в метанольних екстрактах із сухої біомаси з допомогою ВЕРХ-аналізу.

Встановили, що приріст культури тканин на живильному середовищі 10С був стабільним, середні показники виходу сирої біомаси становили 632,2-677,0 г/л середовища, сухої – 43,4-53,5 г/л середовища, вміст сухої біомаси у сирій – 7,3-8,5%. При вирощуванні калюсу на середовищі МС, доповненому фітогормонами, всі показники приросту біомаси були в 1,6 – 3,2 разів нижчі порівняно з 10С, а тканина після п'ятого пасажу обводнювалась, темніла та припиняла ріст. Виявили, що сумарний вміст індольних алкалоїдів в екстрактах сухої біомаси, вирощеної на середовищі 10С, становив 3,5%, на середовищі МС – 1,7%. Кількість аймаліну та аймаліцину була вищою в екстрактах з біомаси, яку культивували на середовищі 10С: вміст аймаліну становив 0,815-1,260% від сухої маси, аймаліцину – 0,017-0,025%, що у 2,7-3,5 разів вище порівняно з МС. Водночас, у екстрактах з калюсу, вирощеного на середовищі МС, кількість воміленіну була 0,728-0,840%, що у 1,9-2,7 рази більше порівняно із культивуванням на середовищі 10С. Резерпін та йохимбін накопичувалися в невеликих кількостях у всіх зразках.

Отже, встановлено, що спеціально розроблене для штаму К-27М культури тканин *R. serpentina* безгормональне живильне середовище 10С забезпечує високі показники виходу живої та сухої клітинної біомаси, а також накопичення аймаліну та аймаліцину порівняно із широковживаним середовищем МС. Водночас, за необхідності отримати біомасу з підвищеним вмістом воміленіну штам слід культивувати на середовищі МС, доповненому 2 мг/л ІОК та 0,2 мг/л кінетину.

Література:

1. Kumar S, Kumari D, Singh B. Genus *Rauvolfia*: A review of its ethnopharmacology, phytochemistry, quality control/quality assurance, pharmacological activities and clinical evidence. J Ethnopharmacol. 2022;295:115327.

ВПЛИВ РИЗОБІЙ НА ВМІСТ ХЛОРОФІЛІВ *MEDICAGO SATIVA* ПРИ ШТУЧНОМУ ФІТОПЛАЗМОЗІ В УМОВАХ МІКРОВЕГЕТАЦІЇ

Коробкова К.С., Затовська Т.В.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: kkorobkova@ukr.net

У попередніх дослідженнях було доведено доцільність застосування бульбочкових бактерій для покращення фізіологічного стану рослини-хазяїна і збільшення опірності рослинного організму відносно шкідливого впливу фітоплазм. Оскільки фотосинтез є основним показником норми реакції рослин на умови довкілля та агротехнічні прийоми вирощування культури, було проведено дослідження пігментного складу *Medicago sativa* у симбіозі з ризобіями різних генотипів під впливом ураження фітоплазмою *Acholeplasma laidlawii* var. *granulum* шт. 118.

Для вивчення впливу фітоплазм на симбіотичну систему, а також дослідження ролі ризобій у прояві фітоплазмозної інфекції використовували метод мікровегетаційного вирощування рослин. Порівнювали вплив виробничого штаму ризобій *Rizobium meliloti* 425a і мутантного штаму *R. meliloti* Ts152 із змінами синтезу полігідроксибутирату (ПГБ) на вміст хлорофілів у рослинах люцерни посівної, уражених *A. laidlawii* var. *granulum* шт. 118.

Встановлено, що при інокуляції люцерни культурами ризобій, що передувала зараженню рослин *A. laidlawii* var. *granulum* шт. 118, спостерігалась така кількість хлорофілів (як А, так і В), що майже наближується до контрольних показників стерильного варіанту рослин. Показано, що за вмістом хлорофілових пігментів мутантний штам із змінами синтезу ПГБ *R. meliloti* Ts152 виявився навіть ефективнішим за виробничий штам *R. meliloti* 425a. ПГБ відомий як запасна речовина, що бере активну участь у метаболізмі вуглеводів, і обмін якої тісно пов'язаний із функціонуванням циклу Кребса. Ризобіальні штами накопичують ПГА як акумулятори енергії, які сприяють швидкій колонізації ризосфери, ефективній нодуляції та азотфіксації, при цьому здатність накопичувати ПГБ бактеріями в бульбочці прямо корелює з типом бульбочки - детермінованим або недетермінованим (Trainer M.A., Charles 2006; Saharan B.S., Grewal A., Kumar P. 2014).

Встановлено, що при інфікуванні ахолеплазмою стерильних рослин сумарний вміст хлорофілів у рослині зменшується у 1.6-1.7 разів. Ці показники значно відрізняються від варіантів із внесенням штамів ризобій, які, на відміну від фітопатогену, стимулюють фотосинтез і збільшують кількість хлорофілів.

Ефект підвищення вмісту хлорофілових пігментів можна вважати проявом протекторної дії ризобій, у тому числі, мутантного штаму із змінами синтезу ПГБ. Це призводить до зменшення інтенсивності симптомів фітоплазмозу, що відбувається за рахунок покращеного засвоєння азоту внаслідок ефективного симбіозу люцерни з бульбочковими бактеріями.

Література:

1. Saharan B.S., Grewal A., Kumar P. Biotechnological production of polyhydroxyalkanoates: A Review on Trends and Latest Developments. Chinese J. Biology. 2014;201:1-18.
2. Trainer M.A., Charles T.C. The role of PHB metabolism in the symbiosis of rhizobia with legumes. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2006;71:377-386.

ОТРИМАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ T₂ ПОКОЛІННЯ КАПУСТИ КАЛЕ З ГЕНОМ *ColM*

Овчаренко О.О., Василенко М.Ю., Удовенко Ю.Р., Рудас В.А., Кучук М.В.
Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, м. Київ, Україна,
e-mail: ovcharenkooo77@gmail.com

Рекомбінантний коліцин М (*ColM*) здатний контролювати патогенні штами *E. coli* у харчових продуктах та кормах для тварин, що викликає зацікавленість фахівців у його виробництві для галузей харчової промисловості та кормовиробництва. Продукція рекомбінантного коліцину в капусті кале становить значний інтерес, оскільки цей вид є їстівною та фуражною культурою з відносно високим вмістом білка та присутністю незамінних амінокислот, що робить його особливо цінним для годівлі тварин. Виробництво рекомбінантного коліцину в капусті кале має високий рівень біобезпеки, з точки зору неконтрольованого поширення трансгенів, оскільки вид зацвітає лише на другому році життя після обов'язкової яровізації, таким чином можливе безпечне вирощування таких рослин навіть на полях, без ризику неконтрольованого поширення пилку. Проте ці переваги капусти як продуцента рекомбінантних білків приводять до певних складнощів, які виникають при отриманні насіння через самонесумісність та потребу в тривалій яровізації. Тому для успішного насінництва такої трансгенної капусти необхідне закладання цілої низки трансгенних ліній. Крім того, якщо кількість трансгенних ліній з високим рівнем експресії трансгенів - мала, то отримання гомозиготних трансгенних ліній потребує щонайменше двох раундів схрещувань, і таким чином займатиме 4 роки. Метою нашої роботи було розробити методику, що дозволить прискорити отримання гомозиготних трансгенних ліній капусти кале, та прослідкувати успадкування та експресію гена *ColM* в трансгенних поколіннях.

В роботі використовували трансгенну лінію капуста T₀ кале, що була попередньо трансформована генетичною конструкцією, що містить ген коліцину (*ColM*) (Shcherbak et al., 2024) та біотехнологічні лінії капусти кале. Наявність трансгену в T₀ рослині та його експресія були підтверджені молекулярно-генетичними методами.

Трансгенні T₀ рослини капусти кале висаджували в червні в неопалювану теплицю, де вони проходили яровізацію взимку в природних умовах. Наступного року рослини зацвітали та давали насіння при різноманітних варіантах схрещувань, коли трансгенна рослина була використана як материнська рослина, або як донор пилку. Як партнерів використовували біотехнологічні не трансгенні лінії. Отримане гетерозиготне насіння дало початок T₁ поколінню. Серед рослин T₁ покоління відбирали ті, які успадковували ген *ColM* та мали активність коліцину. Щоб прискорити отримання T₂ покоління рослини T₁ вирощували до досягнення діаметру стебла 1,0 см та яровізували в холодильнику при 4°C протягом 3 міс. Рослини, зацвітали через 2 тижні після перенесення в тепло. При перехресному запиленні між T₁ успішність зав'язування насіння відрізнялася поміж лініями. Отримане насіння T₂ пророщували та перевіряли активність коліцину. Співвідношення рослин T₂, які мали активність коліцину до тих, які не мали становило 3:1, що вказує на присутність вставки Т-ДНК в єдиному сайті та успішну експресію трансгена в нащадках. Серед отриманих стійких T₂ рослин потенційно присутні гомозиготні за геном *ColM* лінії. Визначити такі лінії допоможуть подальші аналізуючі схрещування.

Отже, запропонована методика прискореного отримання насіння дозволила вдвічі скоротити час необхідний для отримання гомозиготних за геном *ColM* ліній капусти кале.

Література:

1. Shcherbak N, Prochaska H, Lystvan K, Prokhorova Y, Giritch A, Kuchuk M. Accumulation of colicin M protein and its biological activity in transgenic lettuce and mizuna plants. *Frontiers in Plant Sci.* 2023;14:1271757.

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ КОМПОЗИЦІЯМИ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК НА ВМІСТ ВІДНОВЛЕНОГО ГЛУТАТІОНУ В НАСІННІ БАЗИЛІКА

Осипчук Р. П., Кучменко О. Б.

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, Україна

e-mail: ruslan0399os@gmail.com

Вступ. Глутатіон є одним з найважливіших низькомолекулярних антиоксидантів, що синтезується в живих клітинах. Сульфгідрильна група (-SH) цистеїну бере участь у реакціях відновлення та кон'югації, які вважаються найважливішими функціями глутатіону (Meister, 1992).

Метою роботи було визначити вплив передпосівної обробки метаболічно активними сполуками на вміст відновленого глутатіону в насінні базилика.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалом дослідження було насіння базилика (*Ocimum basilicum* L.) сорту Розі (Rosie) та композиції метаболічно активних речовин: вітамін Е (10^{-8} М), параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%), метіонін (0,001%), убіхінон-10 (10^{-4} М) і MgSO_4 (0,001%).

Схема досліджень передбачала 4 варіанти: контроль (насіння перед посівом було оброблено водою), група 1 (передпосівна обробка насіння композицією вітамін Е (10^{-8} М) + ПОБК (0,001%) + метіонін (0,001%) (ЕПМ)), група 2 (передпосівна обробка насіння композицією вітамін Е (10^{-8} М) + ПОБК (0,001%) + метіонін (0,001%) + MgSO_4 (0,001%) (ЕПММg)) та група 3 (передпосівна обробка насіння композицією вітамін Е (10^{-8} М) + убіхінон-10 (10^{-4} М) (EQ)).

Насіння базилика було замочене на 6 годин у розчинах та було висаджене у відкритий ґрунт у вигляді 4 груп на відстані 3-ох метрів одна від одної в середині травня 2024 року. Насіння з 4-ох груп рослин було зібране наприкінці серпня 2024 року.

Екстракти для досліджень готувались шляхом змішування сухого насіння та води в пропорції 3:10 з подальшою екстракцією за температури 98°C протягом 45 хв.

Принцип методу визначення рівня відновленого глутатіону полягає в його реакції з 5,5-дитіобіс-2-нітробензойною кислотою (Беріяк, 2021\$ з модифікаціями).

Результати дослідження. Було встановлено, що вміст відновленого глутатіону в насінні базилика в дослідних групах 1 та 2 достовірно вищий в 1,3 та 1,8 рази відповідно, порівняно з контрольною групою. Достовірного збільшення вмісту відновленого глутатіону в дослідній групі 3 встановлено не було.

Висновки. Найефективніше збільшення вмісту відновленого глутатіону в насінні базилика продемонструвала композиція ЕПММg (Група 2). Глутатіон у відновленій формі захищає SH-групи від прямого впливу вільних радикалів та сильних окисників, що можуть у великих кількостях утворюватись внаслідок протікання процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) (Meister, 1992). Такі результати можуть бути пов'язані з властивістю MgSO_4 інгібувати процеси ПОЛ, що в свою чергу, може призводити до накопичення відновленого глутатіону (Cilia, 2010).

Література:

1. Беріяк РВ. Особливості функціонування Ca^{2+} -залежних регуляторних систем лімфоцитів крові жінок хворих на рак яєчника: дис. доктор філософії. 2021. С. 148.
2. Cilia A, Maria J. Effect of magnesium sulfate on the osmotic fragility and lipid peroxidation of intact red blood cells from pregnant women with severe preeclampsia. *Hypertens Pregnancy*. 2010;29:38-53.
3. Meister A. On the antioxidant effects of ascorbic acid and glutathione. *Biochemical Pharmacology*. 1992;44(10):1905-1915.

МІЦЕЛІЙ ТРУТОВИКА ЛАКОВАНОГО ЯК ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕКЗОСОМ

Палладін М. О., Ємець А. І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна,

e-mail: m.a.palladin@gmail.com

Екзосоми — мембранні везикули розміром 30–160 нм, що відіграють важливу роль у міжклітинній комунікації та перспективні для застосування у медицині, фармації та косметології. Незважаючи на активне вивчення екзосом тваринного і рослинного походження, екзосоми грибного походження, зокрема з лікарських грибів, досліджено недостатньо.

Нами було вивчено можливість виділення екзосом із міцелію гриба трутовика лакованого (*Ganoderma lucidum*), відомого своєю імуностимулюючою та протипухлинною дією. Основною метою цього дослідження було випробувати нещодавно запропоновану методику ізолювання екзосом (Alicia C et al, 2024; Liu B et al, 2024), а також ізолювати екзосоми з міцелію *G. lucidum*, вирощеного в умовах *in vitro*. Ізолювання екзосом здійснювали у дві стадії: подрібнення міцелію та осадження екзосомоподібних частинок методом центрифугування.

Подрібнення міцелію здійснювали трьома методами: за допомогою блендера, у ступці з кварцевим піском або з рідким азотом. За результатами порівняння ефективності цих методів для подальшого ізолювання екзосом було обрано метод подрібнення міцелію за допомогою блендера. Екзосоми ізолювали шляхом центрифугування на центрифугі (Eppendorf 5810, Німеччина) у наступній послідовності: 500g протягом 15хв та 2000g протягом 20 хв, після чого 10,000g - 30 хв та 100,000g протягом 2 год на ультрацентрифугі (Beckman Coulter Optima L-90K, США).

Оцінку зразків проводили методом лазерної кореляційної спектроскопії. Усі три методи подрібнення дозволили отримати екзосоми, однак найбільш ефективним виявився метод із використанням блендера. За його використання середній розмір екзосом складав 45,6 нм, при цьому екзосоми мали найменшу варіабельність за розміром.

Отримані результати підтверджують наявність екзосом у зразках, що дозволяє зробити висновок про вперше описане виділення екзосом із міцелію, як з біологічного об'єкту. Подальші дослідження зосереджуватимуться на детальній характеристиці біологічної активності отриманих структур.

Література:

1. Piffer AC, Reis FCG, Moyrand F, Montalvão B, Rodrigues ML, Janbon G, Rizzo J, Protocol for separation of fungal extracellular vesicles using ultracentrifugation from solid medium cultures, STAR Protocols, 2024;5(2):103069.
2. Liu B, Lu Y, Chen X, Muthuraj PG, Li X, Pattabiraman M, Zemleni J, Kachman SD, Natarajan SK, Yu J. Protective role of shiitake mushroom-derived exosome-like nanoparticles in D-galactosamine and lipopolysaccharide-induced acute liver injury in mice. Nutrients. 2020;12(2):477.

ЗМІНА ВМІСТУ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ ГАРБУЗА ЗВИЧАЙНОГО (*CUCURBITA PEPO*) ЗА ДІЇ ФУЛЕРЕНУ C₆₀ ТА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ

Погрібна А.С., Прилуцька С.В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

e-mail: annapogrebnaa329@gmail.com

Актуальність дослідження: Посуха є серйозною загрозою для сільськогосподарських культур через кліматичні зміни, зокрема для гарбуза, який чутливий до браку вологи. Пошук способів підвищення стійкості рослин до водного дефіциту є важливим. Одним з таких підходів є використання фулерену C₆₀ — вуглецевої наночастинки, що може сприяти адаптації рослин до стресу. Дослідження впливу фулерену C₆₀ на фотосинтетичні пігменти гарбуза за умов посухи є важливим кроком для розробки методів підвищення стійкості культур (Прилуцька С.В. та інші, 2023).

Мета роботи: вивчити вплив фулерену C₆₀ на вміст фотосинтетичних пігментів у вегетативній масі гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo*) за умов нормального поливу та водного дефіциту.

Матеріали та методи: У дослідженнях використовували два сорти гарбуза: «Український багатоплідний» та «Волзький сірий». Насіння стерилізували розчинами NaCl (20 г/л, 10 хв), H₃BO₃ (20 г/л, 25 хв) і H₂O₂ (3%, 15 хв), після чого тричі промивали водою. Потім насіння обробляли водним розчином фулерену C₆₀ (0,1; 0,2; 0,5; 1,0 мг/мл) і пророщували за нормального зволоження та водного дефіциту для вивчення впливу на вміст фотосинтетичних пігментів. Через 14 днів пророщування визначали вміст пігментів (хлорофілу α, хлорофілу β та каротиноїдів) у листках спектрофотометрично. Концентрації пігментів розраховували за оптичними показниками, враховуючи об'єм витяжки та масу сировини. Обробку даних виконували за допомогою Microsoft Excel 2021.

Результати: За умов водного дефіциту вміст пігментів у сорту «Український багатоплідний» знизився більше, ніж у «Волзькому сірому», порівняно з контролем: хлорофіл а — на 23%, хлорофіл b — на 26%, каротиноїди — на 35% у першому сорті, і на 5%, 3% та 6% відповідно у другому. За нормального зволоження фулерен C₆₀ (0,2 мг/мл) підвищив рівень пігментів у обох сортах, порівняно з контролем. У «Волзькому сірому» хлорофіл а зріс на 50%, хлорофіл b — на 42%, каротиноїдів — на 40%, а у «Українському багатоплідному» — на 31%, 28% і 35%. За умов водного дефіциту фулерен також підвищив рівень пігментів у обох сортах, порівняно з контролем. У «Волзькому сірому» хлорофіл а зріс на 20%, хлорофіл b — на 33%, каротиноїдів — на 29%, а у «Українському багатоплідному» — на 20%, 28% і 35%. Вищі концентрації (1 мг/мл) знижують рівень пігментів, що може свідчити про токсичність.

Висновки: Застосування фулерену C₆₀ позитивно впливає на вміст фотосинтетичних пігментів у листках гарбуза при концентраціях 0,2 та 0,5 мг/мл, як за нормального зволоження, так і за водного дефіциту. Це вказує на здатність фулерену регулювати фотосинтетичну активність і знижувати окиснювальний стрес. Вищі концентрації (1 мг/мл) можуть бути токсичними для рослин.

Література:

1. Прилуцька СВ, Ткаченко ТА, Ткаченко ВВ. Використання вуглецевих наноматеріалів для регуляції стресостійкості у сільськогосподарських рослин. 202

РИЗОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ ВИДУ *PRUNUS LAUROCERASUS* L. *IN VITRO*

Почка О. В.^{1,2}, Колдар Л. А.¹

¹Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, м. Умань, Україна,

²Уманський національний університет, м. Умань, Україна,

e-mail: lenapocka11@gmail.com

В умовах глобальної зміни клімату та зростаючого антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище науковцями особлива увага приділяється пошуку та інтродукції високодекоративних із широким спектром господарсько-цінних ознак і водночас стійких до різноманітних факторів навколишнього середовища видів рослин та розробці ефективних методів їх прискореного розмноження. З цієї точки зору перспективне значення має вид *Prunus laurocerasus* L. з родини *Rosaceae* Juss. Лавровишня лікарська (*P. laurocerasus* L.) – вічнозелений високодекоративний не вибагливий до світла та ґрунтових умов вид, який поширений у регіонах із субтропічним типом клімату та інтродукований на індійському субконтиненті, Австралії, Новій Зеландії, Аргентині, на всій території Європи та в південно-західній частині Північноамериканського континенту.

Важливим методом для збереження та розмноження таких перспективних видів є ризогенез *in vitro*. Цей процес дозволяє отримувати рослини-регенеранти, які зберігають цінні ознаки материнської рослини, включаючи екологічну пластичність та декоративні властивості. Використання поживних середовищ із фітогормонами, такими як 6-бензиламінопурин (6-БАП), 1-нафтилоцтова кислота (1-НОК) та інші, сприяє ефективному укоріненню експлантів.

Для переважної більшості видів, особливо після тривалого вирощування в ізолюваній культурі, ризогенез у експлантів був завжди проблемним питанням. Для утворення коренів експланти потрібно переносити на спеціальне живильне середовище із зменшенням у 2–3 рази вмістом макро- та мікроелементів та зменшувати на чверть кількість глюкози або сахарози. Окрім цього, потрібно повністю виключити із складу живильного середовища цитокиніни (6-БАП, Кінетин) та додавати відповідні концентрації ауксинів (ІМК, ІОК, НОК). Наявність або відсутність ризогенезу залежить також від вмісту в живильному середовищі ендогенних ауксинів та цитокинінів, які відіграють важливу роль не тільки при дедиференціації та закладанні меристематичних зон, але й регулюють розвиток стеблових або прикореневих бруньок. Тому мета нашого дослідження полягала у з'ясуванні особливостей ризогенезу експлантів виду *P. laurocerasus in vitro*, залежно від фітогормонального складу живильних середовищ.

Для досягнення ризогенезу нами були використані експланти завдовжки 2–6 см і добре сформованим стеблом з двома-трьома міжвузлями 4-го та подальших пасажів. Експланти висаджували на живильне середовище Мурасіге-Скуга модифіковане вмістом: ІОК та ІМК (від 0,01 до 0,5 мг/л) і половинної дози макро- та мікроелементів. За контроль брали безгормонне живильне середовище. Впродовж 14–25 діб спостерігали утворення зачатків коренів, які впродовж наступних 8–10 діб досягали 4–9,5 см завдовжки. Найвищий відсоток укоріненних експлантів (75%) отримали на безгормонному живильному середовищі, які мали 4,67 шт. коренів, завдовжки 8,65 см. Дещо нижчі результати спостерігали на живильному середовищі із вмістом 0,01 мг/л ІОК, де відсоток укоріненних становив – 40%, кількість утворених коренів – 3,1 шт, завдовжки 5,32 см. При збільшенні у живильному середовищі вмісту ІОК спостерігали зниження кількості укоріненних експлантів і відсоток укорінення коливався від 2,5 до 34%.

АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЕПТИДІВ, ОТРИМАНИХ З ВІДПРАЦЬОВАНОЇ МЕЛЕНОЇ КАВИ (*COFFEA ARABICA*)

Прудіус О.Р., Шевчук З.В., Галенова Т.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

e-mail: olenaprudius@gmail.com

Кава (*Coffea arabica*) є відомим джерелом біологічно активних сполук з антиоксидантною активністю. Наразі перспективним вважається використання побутово відпрацьованих мелених зерен кави як вторинної сировини для одержання функціонально цінних біомолекул. Такий підхід не лише відкриває нові можливості для отримання нових антиоксидантів, але й сприяє екологічно відповідальному використанню ресурсів і реалізації принципів сталого розвитку (Angeloni et al., 2021). Водночас механізми дії, методи екстракції та біодоступність подібних пептидів залишаються недостатньо вивченими. Метою даного дослідження є оцінка антиоксидантної активності пептидів, ізольованих з використаних мелених зерен кави.

Вихідним матеріалом для дослідження слугували мелені зерна кави після побутового використання. Водний екстракт готували шляхом настоювання кавової гущі в окропі з подальшою фільтрацією, центрифугуванням та ліофілізацією. Пептиди одержували з сухого залишку водного екстракту двома підходами: перший передбачав кислотний гідроліз білків з подальшою термообробкою, центрифугуванням, діалізом і повторною ліофілізацією; другий – екстракцію ендогенних пептидів, що включала осадження сполук з молекулярною масою ≤ 5 кДа із застосуванням HClO_4 та етанолу, діаліз і ліофілізацію. Для обох груп пептидів у експериментах *in vitro* оцінили загальну антиоксидантну активність, редукуючу здатність, потенціал хелатувати NO-радикал та здатність інгібувати продукцію ТБК-активних сполук.

Загальну антиоксидантну активність пептидів оцінювали за методом з використанням стабільного радикалу ABTS $^{\bullet+}$ (Erel, 2004). Пептиди з кавової гущі, отримані шляхом кислотного гідролізу, мали вищу активність (75 ± 4 %) порівняно з ендогенними (68 ± 3 %), причому обидві фракції перевищували ефект 1 мМ аскорбінової кислоти. Редукуюча здатність також була високою (70 ± 5 % проти 90 ± 5 % для аскорбату), тоді як хелатуючий потенціал щодо NO-радикалів був незначним (~ 6 %). Антиоксидантні властивості пептидів додатково підтверджені в моделі пероксидного окиснення ліпідів (Щипанський та ін., 2024): пептиди, отримані методом кислого гідролізу, знижували накопичення ТБК-активних продуктів на 44 ± 5 %, тоді як ендогенні не виявили суттєвого ефекту.

Отримані результати свідчать про наявність виражених антиоксидантних властивостей у пептидів, ізольованих з побутово використаної кавової гущі. Найвищу активність демонстрували фракції, одержані шляхом кислотного гідролізу. Враховуючи ефективність у різних модельних системах, такі пептиди можуть розглядатися як перспективні кандидати для створення нових функціональних інгредієнтів і біологічно активних добавок.

Література:

1. Angeloni S, Freschi M, Marrazzo P, Hrelia S, Beghelli D, Juan-García A, Juan C, Caprioli G, Sagratini G, Angeloni C. Antioxidant and anti-inflammatory profiles of spent coffee ground extracts for the treatment of neurodegeneration. *Oxid Med Cell Longev*. 2021.
2. Erel O. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clin Biochem*. 2004;37(4):277-85.
3. Щипанський С, Шевчук З, Галенова Т. Антиоксидантні властивості пептидів рослинного походження. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Біологія*. 2024;4(99):45-9.

ТРАНСГЕННІ РОСЛИНИ ЯК ЗАСОБИ ОДЕРЖАННЯ ВАКЦИН ПРОТИ ВІРУСУ ПАПІЛОМИ ЛЮДИНИ

Разінькова Е.Е., Іншина Н.М.

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

e-mail: elinarazinkova12@gmail.com

Вірус папіломи людини (ВПЛ) є етіологічним фактором раку шийки матки, що є найпоширенішою злоякісною хворобою серед жінок. У 2020 р. ВООЗ розробила Глобальну стратегію прискорення ліквідації раку шийки матки, що передбачає імунізацію жіночого населення проти ВПЛ. Сучасні профілактичні вакцини проти ВПЛ містять капсидний білок L1, експресію якого здійснюють у клітинах мікроорганізмів, комах та ссавців. Враховуючи високу вартість даних препаратів, доступ до них широких верств населення в країнах, що розвиваються, є обмеженим (Shanmugaraj et al., 2022).

Метою даної роботи є аналіз та висвітлення результатів застосування трансгенних рослин для виробництва вакцин проти ВПЛ.

В роботі використовували бібліосемантичний метод, інформаційний пошук здійснювали на основі баз даних Scopus, Web of Science Core Collection, PubMed, Google Scholar.

Трансгенні рослини в якості систем експресії мають ряд суттєвих переваг порівняно з клітинами бактерій, дріжджів, комах і ссавців: висока продуктивність та низька вартість виробництва рекомбінантних білків, безпечність, можливість створення істивних вакцин та масштабування виробничих потужностей. Для виробництва вакцин проти ВПЛ використовують трансгенний тютюн (*Nicotiana tabacum*), картоплю (*Solanum tuberosum*), рис (*Oryza sativa*) та ін. (Shanmugaraj et al., 2022; Lin et al., 2020). Трансгенні рослини створюють шляхом трансформації ядерної або хлоропластної ДНК. Генетичну трансформацію рослин здійснюють за допомогою методів агроінфільтрації або біобалістики. Синтез капсидних білків ВПЛ у рослинах здійснюють на основі систем стабільної експресії трансгенів або тимчасової. Трансгенні рослини здатні синтезувати химерні білки з імуногенними епітопами різних ВПЛ, що дозволяє одержувати вакцини з широким спектром імунного захисту.

В експериментах на тваринах була доведена висока ефективність дії вакцин проти ВПЛ, одержаних на основі трансгенних рослин. Встановлено, що дані засоби ефективно імунізують тварин проти ВПЛ, а також мають протипухлинну активність (Shanmugaraj et al., 2022). Дослідження з використанням ВПЛ-позитивних клітин раку шийки матки Hela встановили значне зниження їх проліферації та загибель після обробки екстрактами білків L1, одержаних на основі трансгенних клітинних ліній рису OsHP-52L1 (Lin et al., 2020). Наступним етапом є проведення доклінічних та клінічних досліджень рослинних вакцин для профілактики ВПЛ.

Таким чином, застосування трансгенних рослин як засобів одержання вакцин проти ВПЛ відкриває нові можливості для одержання ефективних і доступних фармацевтичних препаратів для імунопрофілактики проти ВПЛ та раку шийки матки, що дозволить зберегти здоров'я та життя жінок в усьому світі.

Література:

1. Shanmugaraj B, Malla A, Bulaon CJI, Phoolcharoen W, Phoolcharoen N. Harnessing the potential of plant expression system towards the production of vaccines for the prevention of human papillomavirus and cervical cancer. *Vaccines*. 2022;10(12):2064.
2. Lin K-H, Pan S-F, Chen C-C, Li W-S, Chiang C-M. Expression of human papillomavirus type 52 L1 capsid gene in *Oryza sativa* involved in cytoprotective activities. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020;48(1):40–52.

ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ І ВРОЖАЙНІСТЬ ТРАНСГЕННОЇ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ІЗ ПРИГНІЧЕННЯМ ГЕНА ПРОЛІНДЕГІДРОГЕНАЗИ

Тарасюк М.В., Прядкіна Г.О.

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: maxym.tarasiuk@gmail.com

Підвищення частоти надмірно високих температур та посух під час вегетації озимої пшениці зумовлює потребу створення стійких сортів. Одним із перспективних напрямів, є використання методів генетичної інженерії, які дають можливість підвищити ефективність створення нових генотипів, стійких до посухи (Adel et al., 2023). Одним із чинників меншого зниження продуктивності трансгенних ліній пшениці за дії негативних чинників довкілля є збереження активності фотосинтетичного апарату (Noor et al., 2018). Адаптація до стресів пов'язана зі збільшенням вмісту проліну (Renu et al., 2019), який захищає клітинні структури за водного дефіциту. Екзогенна обробка проліном підвищувала вміст хлорофілу, антиоксидантну активність та врожайність пшениці за посухи. Пролін є багатофункціональним стресовим метаболітом, що виконує осмопротекторну, шаперонну, антиоксидантну функції, бере участь у регуляції генів та є джерелом енергії. Очікується, що збільшення вмісту проліну позитивно впливає на фотосинтез, що підтверджується збільшенням вмісту хлорофілу після обробки проліном та позитивною кореляцією проліну з інтенсивністю фотосинтезу (Bekka et al., 2018).

Метою нашого дослідження був порівняльний аналіз впливу накопичення проліну на фотосинтез та продуктивність вихідних і трансгенних рослин пшениці в репродуктивний період за змінних кліматичних умов.

Дослідження показало, що за умов підвищеної температури повітря або нестачі вологи в ґрунті трансгенні лінії озимої пшениці з підвищеним вмістом проліну демонстрували низку переваг у фазу молочно-воскової стиглості. Загальний вміст хлорофілу в їх листках був на 15,9–32,5% вищим, ніж у дикого типу. Також у трансгенних рослин спостерігалися вищі показники ефективного квантового виходу ФСІІ (ФПСІІ) на 16-28%, коефіцієнта фотохімічного гасіння (qP) на 23-26% і частки відкритих реакційних центрів ФСІІ (qL) на 28-61%. Специфічних закономірностей у зміні нефотохімічного гасіння (NPQ) не виявлено.

Важливо, що врожайність зерна трансгенних ліній була достовірно вищою, ніж у дикого типу. Крім того, було виявлено значну позитивну кореляцію між зерновою продуктивністю трансгенних рослин та часткою відкритих реакційних центрів ФСІІ, ефективним квантовим виходом і коефіцієнтом фотохімічного гасіння флуоресценції (коефіцієнт детермінації зв'язку змінювався від 0,762 до 0,966).

Література:

1. Adel S, Carels N. Plant tolerance to drought stress with emphasis on wheat. *Plants*. 2023;12(11):2170.
2. Bekka S, Abrous-Belbachir O, Djebbar R. Effects of exogenous proline on the physiological characteristics of *Triticum aestivum* L. and *Lens culinaris* Medik. under drought stress. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2018;111(2):477-491.
3. Noor S, Ali S, Rehman H, Ullah F, Ali GM. Comparative study of transgenic (*DREB1A*) and non-transgenic wheat lines on relative water content, sugar, proline and chlorophyll under drought and salt stresses. *Sarhad J. of Agriculture*. 2018;34(4):986-993.
4. Renu K-C, Vimal S, Nita L, Ashwani P. Proline – a key regulator conferring plant tolerance to salinity and drought. In: Hasanuzzaman M, Fujita M, Oku H, Islam MT. (Eds.), *Plant tolerance to environmental stress: role of phytoprotectants*. 1st ed. CRC Press, 2019. – pp. 59-80.

ВПЛИВ *ENTEROCOCCUS ITALICUS* ONU 547 НА ПРОРОСТАННЯ ТА РОЗВИТОК КАПУСТИ В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Теслюк Н. І., Горбенко І.М

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна

email: natalana@onu.edu.ua

Зіткнувшись із зростаючими вимогами світового харчового ринку, науковці в усьому світі активно працюють над удосконаленням методів вирощування овочевих культур, зокрема в умовах *in vitro*. Серед таких культур особливе місце займають представники родини *Brassicaceae*, які є одними з найчастіше культивованих і споживаних у світі. Одним із критично важливих етапів вирощування рослин у штучному середовищі та умовах *in vitro* є ефективне проростання насіння, тому пошук нових біологічних стимуляторів та дослідження умов проростання насіння, є актуальним напрямом у сучасній агробіотехнології.

Останніми роками зростає інтерес до використання молочнокислих бактерій як біологічних агентів, зокрема, інокуляція насіння штамми *Enterococcus italicus* та *Lactobacillus plantarum* продемонструвала позитивний ефект на схожість насіння, розвиток кореневої системи та загальну біомасу рослин. Так, було встановлено, що *Enterococcus italicus* ONU 547 проявляє антагоністичні властивості до широкого спектра фітопатогенних грибів, а також сприяє покращенню морфологічних показників розвитку проростків (Титаренко та ін., 2023). Відомо про вплив молочнокислих бактерій на стимуляцію росту рослин завдяки синтезу фітогормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберрелінів), біосурфактантів та інших речовин, що володіють антагоністичними властивостями по відношенню до фітопатогенів (Merlich et al., 2019).

Мета роботи – вивчення впливу *Enterococcus italicus* ONU 547 на проростання та розвиток капусти в культурі *in vitro*.

В наших дослідженнях для визначення впливу *Enterococcus italicus* ONU 547 на проростання капусти в культурі *in vitro* спочатку було проведено стерилізацію насіння за стандартною схемою, а саме витримування насіння в 70% етанолі 30 сек. і подальша стерилізація 20% розчином гіпохлориту натрію протягом 15 хв. Наступним кроком було приготування 1% НОР *Enterococcus italicus* ONU 547 і подальша інокуляція насіння.

Встановлено, що штам *Enterococcus italicus* ONU 547 показав позитивний вплив на проростання насіння капусти. На 3-ю добу відсоток проростання був на 10% більший, ніж в контролі (дистильована вода). Середня довжина пагону на 7-му добу в насіння, інокульованого бактеріями, була на 5 мм. більшою за контроль, в той час, як довжина кореня була більшою на 3 мм. На 10-ту добу динаміка показників зберігалася – довжина пагона була більшою за контроль на 6 мм, а кореня на 4 мм. Також в проростках, інокульованих штамом *Enterococcus italicus* ONU 547, були наявні додаткові корені у 70% досліджуваних об'єктів, в той час як при контролі додаткових коренів не спостерігалось.

Отже, нами була доведена перспективність використання штаму *Enterococcus italicus* ONU 547 для подальших досліджень у культурі капусти. Було закладено рекогносцирувальні досліді по культурі насіння капусти із використанням суспензій обраного штаму бактерій в різних концентраціях. Дослідження та спостереження тривають.

Література

1. Титаренко НВ, Теслюк НІ, Іваниця ВО. Вплив актинобактерій на адаптацію до умов *ex vitro* та ріст мікроклонованих рослин *Rubus fruticosus* L. Мікробіологія і біотехнологія. 2023;1(57):18-41.
2. Merlich A, Galkin M, Choiset Y, Limanska N, Vasylieva N, Ivanytsia V, Haertlé T. Characterization of the bacteriocin produced by *Enterococcus italicus* ONU547 isolated from Thai fermented cabbage. Folia Microbiol (Praha). 2019;64(4):535-545.

ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* ДЕРЕВІЯ ЗВИЧАЙНОГО (*ACHILLEA MILLEFOLIUM* L. sp.) З МЕТОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗРОБКИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ЙОГО ОСНОВІ

Хейломська Т.О., Шиша О.М., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: tanya.kheylomska@gmail.com

Деревій звичайний (*Achillea millefolium* L. sp.) належить до родини айстрових (складноцвітих), за латинською класифікацією - *Asteraceae* (*Compositae*). Рід деревій налічує 150 видів, які поширені майже по всьому світу, а щодо України, то на її території виявлено 19 видів.

Деревій використовується в лікувальних цілях більше трьох тисяч років як у традиційній, так і в альтернативній медицині для лікування грипу, кровотеч, дисменореї та діареї. Ефірна олія та похідні флавоноїдів, зокрема апігенін, рутин, лютеїн та камфора, є основними фітохімічними речовинами, що одержують з деревію. Ефірна олія деревію містить суміш монотерпенів та сесквітерпенів, а також велику кількість флавоноїдів. Порівняно високі концентрації фенольних сполук (карвакролу та тимолу) в ефірній олії можуть бути відповідальними за її антиоксидантну дію. Вважається, що деревій має широкий спектр фармакологічних ефектів, таких як знеболювальний, протизапальний, протидіабетичний, жовчогінний, спазмолітичний, протипухлинний, антиоксидантний, протигрибковий, антисептичний, гепатопротекторний та, можливо, противиразковий (Far et al., 2023).

В офіційній медицині використовують в основному деревій звичайний, тому об'єктом нашого дослідження *in vitro* став саме цей представник родини *Asteraceae* (*Compositae*). На сьогодні існує небагато робіт по введенню цієї рослини в культуру *in vitro* (Turker et al., 2009; Shatnawi et al., 2013).

Для отримання культури *in vitro* використовували насіння *A. Millefolium*, люб'язно надане д-ром Л. Мартонфьовою з ботанічного саду Університету ім. П.Й. Шафарика (м. Кошице, Словаччина), яке стерилізували в 70%-му етиловому спирті впродовж 1 хв, потім від 3 до 20 хв у 5%-му розчині гіпохлориту натрію з додаванням 2-ох крапель детергенту Tween-80 для підвищення ефективності стерилізуючого агенту. Потім насіння відмивали стерильною дистильованою водою двічі по 30 с і двічі по 5 хв. Пророщували насіння на середовищі MS, яке містило половинний набір макро- та мікро- солей MS. Ефективність стерилізації та пророщування насіння оцінювали за стандартними методиками.

Отже, нами підібрано умови для введення в культуру *in vitro* деревію для подальшого дослідження можливостей використання такої культури у розробці біотехнологічних процесів отримання з неї лікарських субстанцій та препаратів.

Література:

1. Far BF, Behzad G, Khalili H. *Achillea millefolium*: mechanism of action, pharmacokinetic, clinical drug-drug interactions and tolerability. Heliyon. 2023;9:e22841.
2. Turker AU, Yucesan B, Gurel E. *In vitro* regeneration of *Achillea millefolium* L. from shoot-tips and root segments of seedlings. J. Plant Biochem. Biotech. 2009;18:65-69.
3. Shatnawi MA. Multiplication and cryopreservation of yarrow (*Achillea millefolium* L., *Asteraceae*). J. Agr. Sci. Tech. 2013;15:163-173.

ОТРИМАННЯ ЕКЗОСОМОПОДІБНИХ НАНОВЕЗИКУЛ З КРОПИВИ ДВОДОМНОЇ НА ЇХ ХАРАКТЕРИЗАЦІЯ

Хейломська Т.О., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: tanya.kheylomska@gmail.com

Останніми роками, з метою розробки нових, ефективних та безпечних, методів лікування ран, опіків та інших порушень шкіряних покривів, отримали широке використання екзосомоподібні нановезикули (ЕПН) рослинного походження – нанорозмірні частинки, вкриті фосфоліпідним подвійним шаром, діаметром від 10 до 1000 нм (Mu et al., 2023).

Для ізолювання ЕПН з різних частин рослин або культур рослинних клітин використовують, як правило, методи ультрацентрифугування, які є простими у використанні, дозволяють екстрагувати та виділити більшу кількість екзосом, ніж інші методи (Mu et al., 2023). Метою нашої роботи було порівняльне дослідження впливу методу отримання ЕПН із зеленої біомаси кропиви дводомної (*Urtica dioica* L.) на властивості ізольованих ЕПН, для відбору найбільш ефективного підходу для їх ізолювання.

Для отримання ЕПН застосовували раніше запропоновані методи (Huang et al., 2021). Зокрема, для гомогенізації зеленої біомаси рослин кропиви дводомної використовували розтирання з кварцовим піском, розтирання після заморожування рідким азотом, або гомогенізацію за допомогою блендера при температурі криги, що тане. Після гомогенізації, однорідну суспензію центрифугували кілька разів при різних значеннях доцентрового прискорення, збираючи супернатант, а потім ізолювали ЕПН ультрацентрифугуванням.

Результати дослідження отриманих нановезикул за допомогою динамічного розсіювання світла були подібними для всіх протестованих нами методів ізолювання ЕПН. Результати дослідження зразків ЕПН за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) підтверджують утворення структур з двошаровою ліпідною мембраною і середніми розмірами 40-60 нм без виразної залежності від застосованого методу отримання, що співпадає з даним, отриманими раніше (Colombo et al., 2014).

Таким чином, слід зазначити, що застосовані методи є ефективними для отримання ЕПН із зеленої біомаси кропиви дводомної, відносно простими у виконанні, а також дають можливість отримати достатньо велику кількість ЕПН. Саме ці методи найчастіше використовують для ізолювання ЕПН (Mu et al., 2023).

Отримані дані підкреслюють важливість подальшої розробки ефективних способів препаративного отримання ЕПН з метою їх подальшого застосування для пришвидшення загоєння порушених шкіряних покривів, які зможуть покращити клінічні результати лікування ран та опіків у пацієнтів.

Роботу виконано частково за фінансової підтримки НАН України (бюджетна програма КПКВК 6541030, 2024-2028 р.р., державний реєстраційний номер: 0124U002424).

Література:

1. Mu N, Li J, Zeng L, You J, Li R, Qin A, Liu X, Yan F, Zhou Z. Plant-derived exosome-like nanovesicles: current progress and prospects. Int. J. Nanomedicine. 2023;18:4987-5009.
2. Huang Y, Wang S, Cai Q, Jin H. Effective methods for isolation and purification of extracellular vesicles from plants. J. Integr. Plant Biol. 2021;63(12):2020-2030.
3. Colombo M, Raposo G, Thery C. Biogenesis, secretion, and intercellular interactions of exosomes and other extracellular vesicles. Ann Rev. Cell Dev. Biol. 2014;30:255-289.

БІОХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН *SOLIDAGO CANADENSIS* L.

Чернікова Н. С.

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: nina95273@gmail.com

Інвазивна рослина *Solidago canadensis* відзначається високою стійкістю до різноманітних екологічних стресів, включаючи зміни температури, вологі умови та наявність патогенів. Головною метою дослідження є визначення особливостей лабільних механізмів стійкості у рослин золотарника канадського, а саме зміни в метаболізмі, регуляція діяльності ферментів, синтез захисних метаболітів, що є першою лінією оборони рослини.

З літературних даних відомо, що в ґрунті, де зростає *Solidago canadensis*, зафіксовано збільшення вмісту нітратного азоту, зменшення доступного фосфору, утворення нерозчинних сполук фосфору, висока активність ферментів антиоксидантного захисту, зростання вмісту калію, секреція коренями органічних кислот, накопичення лігнінів і танінів, виділення у ґрунт вторинних метаболітів, виявлено підвищення активності ґрунтових мікроорганізмів та ферментів (Ye et al., 2019; Elshafie et al., 2019; Bielecka et al., 2020).

Досліджено біохімічні та мікробіологічні особливості ризосферного ґрунту та рослин, вміст макро- і мікроелементів, брасиностероїдів, вторинних метаболітів, активність лаккази у ґрунті та рослинах *Solidago canadensis* L. в умовах Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка Національної академії наук України. Встановлено, що *S. canadensis* демонструє активну регуляцію поглинання поживних елементів, що слугує адаптивним механізмом до змін довкілля. Зокрема, накопичення калію в листках пов'язано з адаптацією до дефіциту води, а підвищений вміст марганцю у ґрунті — з алелопатичною активністю виду. Динаміка брасиностероїдів протягом вегетації свідчить про їхню участь у фізіолого-біохімічній адаптації. Показано сезонні коливання активності лаккази, вмісту гумусу, електропровідності та HCO_3^- , що вказує на трансформацію органічної речовини під впливом інвазивного виду. Алелопатична активність ґрунту зростала восени, що корелює з накопиченням екзометаболітів. Мікробіота ризосфери *S. canadensis* зазнала змін протягом сезону: чисельність мікроміцетів та актиноміцетів зростала, тоді як мікроорганізми, що споживають мінеральний азот, зменшувалися. Аналіз вторинних метаболітів виявив високий вміст флавоноїдів, танінів, сапонінів та тритерпеноїдів, які виконують антиоксидантну, антимікробну та алелопатичну функції.

Отже, результати досліджень вказують на те, що *Solidago canadensis* ефективно реалізує лабільні механізми стійкості завдяки біохімічній регуляції, синтезу захисних сполук, зміні активності ферментів та трансформації мікробного середовища ризосфери.

Література:

1. Bielecka A, Borkowska L, Królak E. Environmental changes caused by the clonal invasive plant *Solidago canadensis*. Ann Bot Fenn. 2020;57(1-3):33-48.
2. Elshafie HS, Gruľová D, Baranová B, Caputo L, De Martino L, Sedlák V, et al. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil extracted from *Solidago canadensis* L. growing wild in Slovakia. Molecules. 2019;24(7):1206.
3. Ye XQ, Yan YN, Wu M, Yu FH. High capacity of nutrient accumulation by invasive *Solidago canadensis* in a coastal grassland. Front Plant Sci. 2019;10:575.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЛІФЕРАЦІЇ ТКАНИН РОСЛИН *PETUNIA HYBRIDA* HORT. EX E. VILM. IN VITRO

Чорнобров О.Ю.

ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція», м. Боярка, Україна

e-mail: oksana_chornobrov@ukr.net

Одержання високоякісних цінних декоративних рослин актуальне завдання для промислового квітникарства. До них належать рослини *Petunia hybrida* Hort. ex E. Vilm. родини *Solanaceae* Juss. (Олейнікова, 2010). Мікроклональне розмноження дозволяє одержати генетично однорідні оздоровлені рослини упродовж року з мінімальної кількості донорного матеріалу та збільшити коефіцієнт розмноження (Кунах, 2005). Морфогенез і регенерацію *Petunia in vitro* досліджували низка вчених (Habas's et al., 2019; Farooq et al., 2021; Trang & Ha, 2025). Мета дослідження – визначення особливостей проліферації тканин *P. hybrida* за дії компонентів живильного середовища для одержання рослин *in vitro*.

Для досліджень використовували насіння рослин *P. hybrida*. Для стерилізації експлантатів використовували 70 % етиловий спирт та 1,0 % AgNO_3 . Рослинний матеріал культивували на безгормональному живильному середовищі MS (Murashige & Skoog, 1962) з додаванням $100 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ інозиту, $30 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ цукрози, $7,0\text{--}7,3 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ агару мікробіологічного. Показник кислотності середовища (pH) доводили до рівня 5,7–5,9. Регенераційну здатність мікропагонів (2,0–2,5 см) визначали на живильних середовищах з додаванням регуляторів росту цитокінінового типу дії (kinetin, BA, 2-iP). Асептичні умови створювали за методами, загальноприйнятими у біотехнології (Кунах, 2005). Дослідження здійснені у НДЛ біотехнології рослин ВП НУБіП України “Боярська ЛДС” упродовж 2024 р.

Дослідження встановлено ефективні умови стерилізації насіння *P. hybrida* (понад 80 %): використання 70 % етилового спирту упродовж 1 хв з наступним перенесенням у 1,0 % AgNO_3 на 5–6 хв. На 48 добу культивування на безгормональному MS одержали мікропагони завдовжки 3,0–5,0 см. Значний відсоток активно проліферуючих мікропагонів *P. hybrida* зафіксовано на безгормональному MS за використання активації росту наявних меристем експлантату. За таких умов на 35 добу культивування частка регенераційно здатних мікропагонів становила 90–95 %, довжина мікропагона – 6,5–10,0 см, коефіцієнт мультиплікації 4–8, довжина кореня – 2,1–6,2 см, ризогенна активність у 88–92 % експлантатів. Для активного росту і наступної адаптації рослини *in vitro* культивували по 1 шт/лаб. посуд. із 50–55 мл живильного середовища. Для власне розмноження мікропагони доцільно культивувати по 5 шт/лаб. посуд. із 30–35 мл середовища. За таких умов рослини *in vitro* мали типову пігментацію, деформації листових пластинок та ознак вітрифікації не фіксовано. Внесення у живильне середовище $0,5\text{--}1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ BA / kinetin / 2-iP стимулювало прямий морфогенез різної інтенсивності, мікропагоноутворення, часткове пожовтіння листових пластинок, потовщення основи стебла та незначний розвиток/відсутність коренів.

Визначені особливості проліферації тканин рослин *P. hybrida*, як основа протоколу мікроклонального розмноження, дозволяють одержати значну кількість рослин з високою часткою приживлюваності і коефіцієнтом мультиплікації *in vitro* та забезпечують платформу для подальших досліджень.

Література:

1. Кунах ВА. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. Київ: Логос; 2005.
2. Олейнікова ОМ. Петунія. Садові декоративні рослини. Харків : Веста; 2010.
3. Murashige TA, Skoog FA. Revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*. 1962;15(3):473-497.

NO-РАДИКАЛ ХЕЛАТУЮЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПЕПТИДІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ПЛОДІВ ГРАНАТА

Шевчук З.В., Прудіус О.Р., Галенова Т.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

e-mail: zoranasev251@gmail.com

Антиоксиданти відіграють ключову роль у нейтралізації вільних радикалів і зниженні рівня окисного стресу — важливого патогенетичного чинника розвитку серцево-судинних, нейродегенеративних та інших захворювань. Одним із небезпечних радикалів є оксид азоту, який спричиняє ушкодження клітинних мембран, білків і ДНК, порушуючи функціонування клітин і тканин. Ефективним способом протидії таким процесам є застосування природних антиоксидантів, здатних нейтралізувати вільні радикали та підтримувати окисно-відновний баланс (Chibuye et al., 2024). Серед них перспективними є пептиди рослинного походження, які проявляють антиоксидантну активність завдяки здатності модулювати окисні процеси (Malviya et al., 2013). Плоди граната (*Punica granatum*) містять широкий спектр біоактивних сполук – зокрема феноли, флавоноїди та пептиди – що здатні проявляти антиоксидантну дію (Singh et al., 2022). Особливий інтерес становить використання твердого залишку плодів граната, який залишається після вичавлювання соку, що дозволяє поєднати ефективну утилізацію харчових відходів із одержанням функціонально цінних компонентів для біотехнології та медицини. Метою даної роботи було оцінити потенціал пептидів, виділених з вторинної сировини плодів граната, нейтралізувати NO-радикал.

Пептиди отримували шляхом кислотного гідролізу білків, наявних у сухому залишку плодів граната після віджимання соку. Здатність нейтралізувати NO-радикал визначали спектрофотометрично (Christodoulou et al., 2022). Водний розчин пептидів змішували з 10 мМ нітропрусидом натрію в фосфатному буфері (рН 7,4) та інкубували у темряві при кімнатній температурі протягом 120 хв. Після цього додавали 10% водний розчин реактиву Грісса та витримували ще 30 хв у темряві. Оптичну щільність вимірювали при 546 нм.

У зразках, що містили пептиди, ізольовані з вичавок плодів граната, рівень NO-радикалів була на 20 % нижчим порівняно з контрольною пробою, яка замість дослідного зразка містила ультрачисту воду. Отримані дані свідчать про виражену здатність досліджуваних пептидів нейтралізувати оксид азоту, що вказує на їхній антиоксидантний потенціал і перспективність використання як природних інгібіторів оксидативного стресу.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшого вивчення пептидів із вичавок граната як перспективних антиоксидантів, зокрема з акцентом на дослідження механізмів дії та поглиблення знань про спектр їх біологічної активності.

Література:

1. Chibuye B, Singh IS, Ramasamy S, Maseka KK. Natural antioxidants: A comprehensive elucidation of their sources, mechanisms, and applications in health. Next Research. 2024;1(2).
2. Malviya S, Arvind, Jha A, Hettiarachchy N. Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel extracts. J Food Sci Technol. 2013;51(12).
3. Sigh S, Pal A, Ravikant, Sahara V. Antioxidant properties and radical scavenging ability of pomegranate peel: An in vitro study. Biocatal Agric Biotechnol. 2022;42.
4. Christodoulou M, Palacios J, Hesami G, Jafarzadeh S, Lorenzo J, Domínguez R, Moreno A, Hadidi M. Spectrophotometric methods for measurement of antioxidant activity in food and pharmaceuticals. J. antioxidants. 2022;11(11):1-33.

ASSESSMENT OF THE BIOENERGY POTENTIAL OF REGIONALLY ADAPTED CROPS *MISCANTHUS GIGANTEUS* AND *SIDA HERMAPHRODITA* FOR SUSTAINABLE FUEL PRODUCTION IN UKRAINE

Hreber I.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

e-mail: hreber.ivan@iit.kpi.ua

The world faces a challenge to select renewable energy biomass resources that show high sustainability alongside region-specific adaptations along with high productivity characteristics. The agricultural strength together with suitable climatic conditions of Ukraine makes the region an ideal territory for developing bioenergy production from perennial herbaceous plants. Two plant species known as *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* show great potential as lignocellulosic biofuel feedstocks in Eastern European territories including Ukraine (Vasyliov, 2023; Jablonowski et al., 2020).

Miscanthus giganteus (C4 hybrid C4 grass) features sterility along with elevated biomass production capacity while needing minimal care and being able to store carbon. Studies have proven that *Miscanthus giganteus* shows positive results while growing on degraded land areas in Ukraine (Pidlisnyuk et al., 2016). The perennial plant *Sida hermaphrodita* which originates from North America now thrives in Central and Eastern European regions because it efficiently converts biomass and demonstrates adaptive strength through low-fertility environments (Thomas et al., 2023; Jablonowski et al., 2020).

The Ukrainian context necessitates investigating bioenergy potential for these crops because of increasing sustainable energy needs and requirements to reduce dependence on traditional energy production. The research investigates new scholarly evidence about *M. giganteus* and *S. hermaphrodita* yield production and adaptation while discussing their chemical makeup to determine their potential as industrial-scale biofuel producers in Ukraine.

A study of bioenergy potential for *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* production occurs through a review of peer-reviewed scientific publications that study these crops in Ukrainian and Central European growing areas. The study draws information from available academic databases, namely Frontiers in Plant Science, Energies, GCB Bioenergy, and Nova Biotechnologica et Chimica. The research focused on experimental results about biomass yields and two plant species' tolerance to marginal territories alongside their chemical make-up and conversion rates for bioenergy usage. The method involved qualitative analysis and comparison of field trials, biochemical assessments, and life-cycle evaluations described in the selected publications (Pidlisnyuk et al., 2016; Thomas et al., 2023; Vasyliov, 2023; Jablonowski et al., 2020). The focus was on identifying trends in yield performance, environmental resilience, and suitability for use in biorefinery systems relevant to Ukrainian agro-ecological zones.

Under Ukrainian agroecological situations *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* produce significant bioenergy potential although their growth occurs on land which hasn't produced enough agricultural value. Research conducted in central and western Ukraine showed that *M. giganteus* yields between 20–30 t/ha of dry biomass in conditions with decreased agricultural inputs on abandoned soils (Vasyliov, 2023). This biomass crop exhibited steady performance on sites contaminated from former war activities which affirmed its value as both an energy producer and soil cleaner (Pidlisnyuk et al., 2016).

The energy output of *Miscanthus giganteus* far surpassed its energy input during cultivation because this plant produces more combustion and anaerobic digestion energy than cultivation energy requires. Thus this plant serves as a carbon-neutral biofuel option. Large-scale development becomes difficult through rhizome propagation because initial costs to establish this plant are high.

The biomass production of *Sida hermaphrodita* reached between 10-15 tons per hectare during rain-fed agricultural circumstances with reduced agricultural inputs (Thomas et al., 2023). The seed-based reproduction method of *Sida* makes its cultivation simpler than *Miscanthus* reproduction methods. The results of biochemical analysis showed that *Sida hermaphrodita* contains high proportions of cellulose and hemicellulose together with moderate lignin content which enables efficient hydrolysis through enzymes for biogas production (Jablonowski et al. 2020).

The plantation crops exhibited tolerance toward Ukrainian weather conditions together with suitable adaptation to local soil conditions specifically against winter seasons and drought periods. The deployment of these crops on unused land areas makes them more practical from both environmental and economic standpoints.

Research data indicates that *Miscanthus giganteus* and *Sida hermaphrodita* satisfy the requirements for sustainable biofuel growth in Ukraine. Their ability to occupy barren areas and their premium biomass characteristics along with minimal cultivation needs enable them to become part of national bioenergy targets. Ukraine can improve its renewable energy sector base by investing more funds into crop optimization trials and local agricultural testing for these plants.

References:

1. Jablonowski ND, Müller J, Harvolk-Schöning S, Liesebach M, Kalinina O, Schurr U. Two novel energy crops: *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L.—state of knowledge. GCB Bioenergy. 2020;12(1):39–56.

ВАЛОРИЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ПЕРЕРОБКИ ГОРОХУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ

Вовк Є.А., Циганков С.П.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,
e-mail: vovkeu@gmail.com

Основними способами фракціонування жовтого польового гороху є повітряна класифікація (сухе), та вологе фракціонування. Використання вологого способу забезпечує одержання білкових фракцій вищої чистоти, ніж сухе розділення (Remco та ін., 2019).

Однак при вологому фракціонуванні у промисловості використовуються значні кількості води (від 5-10 м³ води на тонну розмеленого гороху). Через це утворюються рідинні крохмалевмісні відходи, утилізація яких є значною проблемою (Albolafio та ін., 2021).

З метою валоризації таких відходів пропонується використання рідкої фракції після фракціонування гороху, збагаченої крохмалем, для інтеграції у виробництво біоетанолу разом із основною сировиною – кукурудзою.

На етапі приготування живильного середовища для етанольної ферментації гідроліз крохмалю має здійснюватися комплексом ензимів специфічної дії з урахуванням структурних та хімічних особливостей крохмалю того чи іншого походження. Результати порівняльних досліджень показують, що відсоткове співвідношення амілоза:амілопектин для комерційних зразків кукурудзяного крохмалю складає в середньому 25:75, тоді як для горохового 35:65 відповідно. (Siddiq та ін., 2022). Залежно від стадії фракціонування, типу екстракції білків, кількості стадій центрифугування рідка крохмальна фракція (РКФ) може відрізнятися за складом та містити до 10% сухих речовин, рН до 4,6. З яких загальний вміст вуглеводів - 76,6%, в тому числі крохмаль 64,6%, білок - 6,6% (Albolafio та ін., 2021), (Remco та ін., 2019).

Наші попередні експерименти з використання помелу цільного гороху показали, що умови ферментаційного гідролізу горохового крохмалю мають свої особливості порівняно з кукурудзяним. З огляду на особливості горохового крохмалю і з метою ефективного використання РКФ для приготування живильних середовищ підвищеної концентрації (VHG – Very High Gravity) на основі кукурудзи для одержання біоетанолу мають бути виконані поглиблені дослідження. Зокрема, з використанням високоактивних термостабільних ферментних препаратів амілолітичної (максимальний гідроліз наявного крохмалю), целюлолітичної (гідроліз некрохмальних полісахаридів, зменшення в'язкості) та протеолітичної дії (утворення пептидів з білків для додаткового живлення дріжджів), що працюють в умовах низьких значень рН.

Література:

1. Albolafio S, Gil MI, Allende A, Xanthakis E. Potential of wastewater valorization after wet extraction of proteins from faba bean and pea flours. recent progress in materials. 2021;3(2):013.
2. Farshi P, Mirmohammadali SN, Rajpurohit B, Smith JS, Li Y. Pea protein and starch: functional properties and applications in edible films. Journal of Agriculture and Food Research. 2024;15:100927.
3. Meenakshi Sundaram GS, Das D, Emiola-Sadiq T, Sajeeb KA, Zhang L, Meda V. Developments in the dry fractionation of plant components: a review. Separations. 2024;11:332.
4. Remco CK, Venema P, Nijse J, Van der Linden E, Van der Goot Atze J, Meinders M. Yellow pea aqueous fractionation increases the specific volume fraction and viscosity of its dispersions. Food Hydrocolloids. 2019;99(4):105332.

ПОТЕНЦІАЛ *TRAMETES VERSICOLOR* У ПОПЕРЕДНІЙ БІОЛОГІЧНІЙ ОБРОБЦІ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

Зубик П. Р., Громнадська М. О.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

e-mail: pv.zubyk@i.ua

Попередня обробка сировини сприяє покращенню фізичних, хімічних та реологічних властивостей біомаси. Тим самим відіграє важливу роль у виробництві етанолу, полегшуючи гідроліз сировини, тому є ключовим етапом у виробництві біопалива. Існують різні підходи попередньої обробки: фізичні, хімічні чи їх комбінації, проте вони часто є енергозатратними або вимагають використання агресивних реагентів (Tumuluru, 2018). Натомість використання біологічних об'єктів, в першу чергу базидієвих макроміцетів, є багатообіцяючою та екологічно безпечною перспективою. Метою є узагальнення даних літератури щодо використання *Trametes versicolor* для попередньої біологічної обробки лігноцелюлозної біомаси

Було досліджено *T. versicolor* (52J і CDH-дефіцитний m4D) для попередньої обробки соломи ріпаку. 52J знижував вміст глюкози й ксилози, тоді як m4D впливав лише на вміст ксилози. Обробка субстрату після обробки m4D показала вищий вихід глюкози завдяки покращеній деградації лігніну (Canam et al., 2011). 12-тижнева обробка деревини та *Miscanthus* цими штамми *T. versicolor* сприяла зменшенню нерозчинного лігніну та збільшенню його екстракції. Вихід глюкози після ферментативного гідролізу був вищим або аналогічним до контрольного. Біообробка також покращила енергетичні характеристики та міцність пелет, що робить цей метод перспективним для біопереробки (Kalinowski et al., 2017). Оптимізоване твердофазне культивування *T. versicolor* (52J і m4D) та *Phanerochaete chrysosporium* на *Camelina sativa* та *Panicum virgatum* покращило фізичні властивості пелет і підвищило доступність цукрів. Найкращі результати досягнуто після 31–32 днів обробки *T. versicolor* m4D, що зменшило вміст целюлози, але підвищило до 61,1% вихід глюкози і до 60,1% ксилози (Dao et al., 2023).

Біологічна модифікація біомаси ферментами *T. versicolor* підвищує доступність цукрів, що робить її ефективною для попередньої обробки сировини. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на оптимізації умов культивування та підборі штамів макроміцетів для підвищення доступності цукрів.

Література:

1. Canam T, Town JR, Tsang A, McAllister TA, Dumonceaux TJ. Biological pretreatment with a cellobiose dehydrogenase-deficient strain of *Trametes versicolor* enhances the biofuel potential of canola straw. *Bioresource technology*. 2011;102(21):10020-7.
2. Dao CN, Tabil LG, Mupondwa E, Dumonceaux T. Microbial pretreatment of camelina straw and switchgrass by *Trametes versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium* to improve physical quality and enhance enzymatic digestibility of solid biofuel pellets. *Renewable Energy*. 2023;217:119147.
3. Kalinoski RM, Flores HD, Thapa S, Tuegel ER, Bilek MA, Reyes-Mendez EY, West MJ, Dumonceaux TJ, Canam T. Pretreatment of hardwood and *Miscanthus* with *Trametes versicolor* for bioenergy conversion and densification strategies. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2017;183:1401-13.
4. Tumuluru JS. Why biomass preprocessing and pretreatments? In: *Biomass preprocessing and pretreatments for production of biofuels*. CRC Press, 2018. – pp. 1-13.

СЕЛЕКЦІЯ *Cyperus ESCULENTUS* L. ЗА ОЗНАКОЮ «ОКРУГЛА ФОРМА БУЛЬБИ»

Позняк О.В., Кондратенко С.І.

Дослідна станція «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН України, с.
Крути Чернігівської обл., Україна,
e-mail: konf-dsmayak@ukr.net

Смикавець їстівний, або чуфа (*Cyperus esculentus* L.) – єдиний культурний вид роду *Cyperus* із родини Осокових (Cyperaceae). Рослина універсального напрямку використання – харчова, олійна, крохмаленосна (Позняк, 2014). Завдяки високому вмісту жирів (вихід з га – 920–3200 кг олії) чуфа є перспективною культурою у фітоенергетиці (Каленська та ін., 2022; Рахметов, 2007).

В Україні до недавнього часу не були представлені сорти смикавця їстівного з морфолого-ідентифікаційною ознакою «округла форма бульби» (Державний реєстр..., 2025). На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН проводяться дослідження зі створення конкурентоспроможного сортименту цього виду рослин, зокрема створені сорт Екватор та лінія Кочівник, які характеризуються саме округлою формою бульб. Створені інноваційні розробки придатні до освоєння, зокрема, й у якості ресурсів для біопалива.

Сорт Екватор внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2024 р. (Патент на сорт рослини № 240422 від 16.10.2024 р.). Урожайність бульб – 21,6 т/га, середня кількість бульб з однієї рослини 185 штук, середня маса бульб з однієї рослини 371,3; маса 100 товарних бульб 204,2 г. Бульби округлої форми, довжиною і шириною 1,8 см (індекс форми 1,0), інтенсивність коричневого забарвлення бульб слабка. Горбкуватість на поверхні бульб наявна.

Лінія Кочівник за результатами проведення науково-технічної експертизи зареєстрована в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України у 2024 р. (Свідectvo про реєстрацію зразка генофонду рослин в Україні № 2558 від 28.10.2024 р. № реєстрації Національного каталогу UE 1400009). Урожайність бульб – 20,9 т/га, середня кількість бульб з однієї рослини 195 штук, середня маса бульб з однієї рослини 360,7 г; маса 100 товарних бульб 185,0 г. Бульби округлої форми, довжиною 1,7 см і шириною 1,6 см (індекс форми 1,06), інтенсивність коричневого забарвлення бульб слабка. Горбкуватість на поверхні бульб наявна. Створені в установі сорт Екватор та лінія Кочівник вирізняються з-поміж наявного вітчизняного сортименту здатністю цвісти в умовах північного Лісостепу України (в окремі роки ступінь цвітіння сягає 100% рослин).

Селекційна робота зі створення сортів смикавця їстівного з округлою формою бульб в установі триває, зокрема у напрямі одержання форм, котрі поєднують дану ознаку з ознаками, що також відсутні в сортах, зареєстрованих в Україні. До такої ознаки, що передбачена в моделі нового сорту, належить «чорне забарвлення бульби».

Література:

1. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні_17.03.2025 р. <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystestr-sortiv-roslin>. 2025.
2. Каленська СМ, Рахметов ДБ. та ін. Енергетичні та сировинні рослинні ресурси. Київ: НУБіП України, 2022. 90-92.
3. Позняк О. Смикавець їстівний, або чуфа. *АгроСвіт*. Полтава: Ляшенко В.Г., 2014. 11 (21). 8-9.
4. Рахметов ДБ. Роль нових культур у фітоенергетиці України. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007;116.:13-20.

ПЕРЕВАГИ ЗЕРНОВОГО СОРГО НАД КУКУРУДЗОЮ ЯК ОСНОВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

Самарін В.О., Циганков С.П.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна,
e-mail: samaa2488@gmail.com

У контексті переходу до відновлюваних джерел енергії та зміни клімату актуальним є пошук альтернативних культур для біопаливного виробництва. Традиційно в Україні основною крохмалевмісною сировиною для виробництва біопалива є кукурудза, проте в умовах дефіциту водних ресурсів та зміни клімату, доцільно розглядати зернове сорго як перспективну альтернативу.

Однією з ключових переваг зернового сорго є його здатність формувати ферментаційне середовище з нижчою динамічною в'язкістю порівняно з кукурудзою. Завдяки меншому вмісту β -глюканів та пентозанів, які у кукурудзі сприяють загущенню середовища та ускладнюють масообмін. Середовище з сорго краще піддається перемішуванню, забезпечує рівномірний розподіл ферментів і дріжджів, що сприяє стабільній ферментації. Саме тому, маючи таку технологічну перевагу, сорго є цінним для використання у режимах VHГ (Very High Gravity), де концентрація сухих речовин в середовищі становить від 28%. (Stamenković et al., 2021).

Для порівняння середовищ відібрали подрібненні зразки зернового сорго сорту «Brigga» та кукурудзу гібридного сорту «ДКС 3730». Лабораторні дослідження проводились на базі ДП «Марилівський спиртовий завод» (Тернопільська обл.) і ТОВ «Фастівські органічні біотехнології» (м. Фастів, Київська обл.). Вміст сухих речовин для всіх зразків середовища $28 \pm 0,01\%$. Для ферментації опукреного середовища було обрано дріжджі «Thermosacc» через високою стійкістю до впливу температури та рН. В розріджені зразки середовища вносили 0,8г сухих дріжджів, та ставили в термостат на бродіння 72 години.

Вимірювання динамічної в'язкості проводили на етапі гідроферментативної обробки, де було встановлено, що середовище з сорго демонструє нижчі показники в'язкості в межах ~ 177 мПа·с проти ~ 202 мПа·с у зразка з кукурудзи за однакових умов обробки. В результаті міцність ферментованого середовища із сорго становила 15,5%, що є порівнянною для кукурудзи при аналогічній концентрації сухих речовин.

Зважаючи на нижчу динамічну в'язкість середовища із зернового сорго, виникає задача оптимізувати умови ферментації для досягнення вищої концентрації етанолу у межах 17–18%. Підвищення вмісту сухих речовин у середовищі до 30–33% за умови застосування VHГ-технологій та активного азотного живлення може забезпечити ферментацію без критичного погіршення реологічних властивостей. (Appiah-Nkansah et al., 2021). Успішна реалізація цієї стратегії дозволить збільшити кінцеву міцність середовища та підвищити загальну енергоефективність виробництва біопалива з сорго.

Література:

1. Appiah-Nkansah NB, Zhang K, William R, Wang D. Ethanol production from mixtures of sweet sorghum juice and sorghum starch using very high gravity fermentation with urea supplementation. Ind Crops Prod. 2018;111:247-253.
2. Stamenković OS, Siliveru K, Veljković VB. Production of biofuels from sorghum. Renew. Sustain. Energy Rev. 2020;124(7):109769.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИГОТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ СУБСТРАТІВ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ГРИБІВ

Бахлуков Д.О.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: bahlukov@gmail.com

Враховуючи зростаючу значення грибів як цінного харчового продукту та потенціал їх використання у різних галузях, дослідження та оптимізація технологій підбору субстратів є важливим напрямком розвитку технології культивування грибів. Дослідження параметрів автоклавовання органічних субстратів є необхідним етапом для вдосконалення технологій культивування їстівних грибів. Процес автоклавовання змінює фізико-хімічні характеристики органічного субстрату, включаючи вміст вологи, структуру полі- та дисахаридів, а також доступність поживних речовин (Grim et al., 2024). Екстремальні умови обробки можуть зумовлювати як трансформацію, так і деградацію важливих компонентів субстрату, що впливає на їх біодоступність для міцелію грибів, а також спричиняти зміни у структурі та складі біологічно активних сполук, що, залежно від характеру цих модифікацій, може як позитивно, так і негативно позначатися на якості кінцевого продукту. Недостатня термічна обробка може спричинити збереження спорових форм небажаних мікроорганізмів, які можуть конкурувати з міцелієм грибів за поживні речовини та знизити споживчі характеристики продукції.

Метою роботи було встановлення оптимальних параметрів автоклавовання органічних субстратів: температури та часу. Об'єктами дослідження були харчові крупи: гречка зелена, горох лущений шліфований, пшениця, перловка, рис довгозернистий, кукурудза. Для репрезентативності експериментів використовували крупи різних торгових марок та виробників. Для підготовки субстратів використовували харчоварильний електричний котел KE-60 еталон (Черкаси, Україна) і електричний автоклав VK-75-01 (Полтава, Україна).

Використання харчових круп як субстратів демонструє низку переваг: багатий склад легкозасвоюваних поживних речовин та його контрольованість, високу вологоємність та аерацію, доступність, сприяння швидкому міцеліальному росту, потенціал для малих господарств та відносну безпечність, зумовлену стандартизованою відсутністю токсичних сполук та можливістю контролю якості сировини. Визначено основні вимоги до готового субстрату: розсипчастість, ступінь розвареності ядра зерна, вміст вологи та відсутність вільної вологи, стерильність. За результатами експериментів розроблено протокол приготування органічних субстратів для культивування грибів на основі харчових круп. Час попередньої варки круп варіював від 8 до 40 хвилин. Час видалення вільної поверхневої вологи 10 і 20 хвилин. Вміст вологи – на рівні 40–55%. Температура становила 121 °C, що є типовою для більшості субстратів (Rathod et al., 2024). Час стерилізації становив – 150 хв, що дозволило зменшити ризик проростання термостійких ендоспор бактерій *Bacillus*, *Clostridium* (Lenz et al., 2015) та плісневих грибів. Встановлені параметри автоклавовання створюють баланс між стерильністю, наявністю необхідної вологи та збереженням поживних властивостей субстрату. Оптимізація процесу сприятиме підвищенню продуктивності культивування грибів, зниженню виробничих витрат та покращенню якості отриманого продукту.

Література:

1. Grim D, Sonntag E, Rahmann G. Evaluation of different pasteurization and sterilization methods for oyster mushroom substrates. JMBFS. 2024;13(5):e10428.
2. Lenz CA, Reineke K, Knorr D, Vogel RF. High pressure thermal inactivation of *Clostridium botulinum* type E endospores - kinetic modeling and mechanistic insights. Frontiers in microbiology. 2015;6:652.
3. Rathod A, Prajapati B, Solanki HA. Impact of different substrate sterilization methods in *Pleurotus* sp. mushroom cultivation: a comprehensive review. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2024;6(4):831-843.

МЕТАГЕНОМНИЙ АНАЛІЗ МІКРОБІОМІВ ФІТОРИЗОСФЕРИ: ВИПАДОК ГІБРИДНОГО ПЕНІСЕТУМУ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ СТРЕСІ Cd І МІКРОПЛАСТИКІВ

Гребер І.О

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

e-mail: hreber.ivan@iill.kpi.ua

Вступ: Взаємовідносини між рослинами та мікроорганізмами у фіторизосфері створюють важливе екологічне середовище, яке впливає на біологічний розвиток рослин та стійкість до стресу. Рослини отримують користь від структур мікробіому ризосфери завдяки їхній здатності обробляти біотичні та абіотичні елементи, включаючи важкі метали та мікропластик (Berendsen et al., 2012; Mendes et al., 2013). Біотехнологічна галузь метагеноміки ризосфери слугує сучасним підходом до аналізу особливостей мікробіому, які існують поза межами культивованих організмів (Bulgarelli et al. 2013). Забруднення ґрунту мікропластиком кадмію (Cd) та поліпропілену (PP) викликає зміни в мікробних спільнотах поряд зі зменшенням мікробного різноманіття та порушенням функціональної характеристики ризосфери. (Zhao et al., 2025). Мікроорганізми, що стимулюють ріст рослин (PGPR), діють одночасно, щоб зменшити шкідливий вплив цих факторів, що допомагає підтримувати екологічну ефективність мікробіому (Fierer, 2017). Цей огляд оцінює результати досліджень щодо змін мікробіому ризосфери гібридного *Pennisetum* (*Pennisetum spp.*) внаслідок метагеномного аналізу за умов комбінованого стресу Cd та PP, а також оцінює використання PGPR для підтримки як структури, так і функціональної цілісності мікробіому ризосфери.

Матеріали та методи: Матеріалами огляду є сучасні рецензовані наукові публікації для вивчення метагеномного аналізу фіторизосфери мікробіому за умов стресу кадмієм та мікропластиком (Berendsen et al., 2012; Mendes et al., 2013; Zhao et al., 2025). Метод спирався на вивчення даних з відкритих джерел шляхом порівняльного аналізу, який зосереджувався на таксономічних змінах, а також функціональних адаптаціях мікробних спільнот у регіонах ризосфери. Аналіз результатів метагеномного секвенування був центральним моментом, при дослідженні, як PGPR допомагає зменшити вплив стресу.

Рослини гібридного виду *Pennisetum* зазнали численних негативних наслідків від взаємодії забруднювачів кадмієм (Cd) та поліпропіленовими мікропластиками (PP), що зменшило довжину їхньої надземної частини та рівень біомаси рослин. Токсичний ефект від впливу PP був сильнішим при використанні дрібних частинок розміром 6,5 мкм замість більших частинок розміром 830 мкм (Zhao et al., 2025). Ріст рослин отримав значні переваги, зокрема, від штамів PGPR *Bacillus sp.* Y-35, Y-62, Y-S та *Enterobacter sp.* Y-V. Результати дослідження показали, що інокуляція *Bacillus sp.* Y-35 збільшила довжину надземної частини на 40%, тоді як суха маса досягла 42,21% вище, ніж у контролі без PGPR (Zhao et al., 2025).

Сукупний вплив частинок Cd та PP на спільноти мікробіому ризосфери спричинив зниження їхньої різноманітності, одночасно змінюючи їхні функціональні метаболічні профілі, згідно з метагеномними дослідженнями. Додавання PGPR відновило мікробне різноманіття разом із покращеними функціональними характеристиками, що продемонструвало посилену експресію генів, пов'язаних з вуглеводним метаболізмом та енергетичними системами, а також сигналізацією та здатністю до синтезу нуклеотидів (Рис.1.). Наукові дослідження показали, що комбіноване забруднення Cd та PP впливає на життєво важливі метаболічні процеси, включаючи роботу пентозофосфатного шляху разом із розщепленням бензоату та біосинтезом амідів (Zhao et al., 2025).

PGPR викликали зміни в популяціях специфічних типів ризосферних бактерій, включаючи *Pseudomonadota*, *Actinomycetota* та *Acidobacteriota*, що вказує на їхню здатність допомагати мікробним спільнотам адаптуватися до стресу (Zhao et al., 2025). Дослідження показують, що посилена популяція *Actinobacteria* відображає два важливі процеси: краще розщеплення органічної речовини, а також сильніший імунітет рослин проти патогенів.

Висновок: Результати дослідження встановлюють, що застосування PGPR є успішним рішенням для протидії впливу забруднення Cd та PP на гібрид *Pennisetum*. Біоре mediaція забруднених ґрунтів стає перспективною завдяки інокуляції PGPR, оскільки обробка відновлює структуру та функцію мікробіома ризосфери та одночасно стимулює ріст рослин.

Література:

1. Berendsen RL, Pieterse CMJ, Bakker PAHM. The rhizosphere microbiome and plant health. Trends Plant Sci. 2012;17(8):478-486.
2. Bulgarelli D, Schlaeppi K, Spaepen S, et al. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. Annu Rev Plant Biol. 2013;64:807-838.
3. Fierer N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. Nat Rev Microbiol. 2017;15(10):579-590.
4. Mendes R, Garbeva P, Raaijmakers JM. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiol Rev. 2013;37(5):634-663.
5. Zhao S-Y, Meng Y-L, Yang Z-H, et al. Rhizosphere microbiome metagenomics in PGPR-mediated alleviation of combined stress from polypropylene microplastics and Cd in hybrid *Pennisetum*. Front Microbiol. 2025;16:1549043.

АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ОКРЕМИХ МАКРОМІЦЕТІВ ВІДНОСНО ДЕЯКИХ ФІТОПАТОГЕННИХ ГРИБІВ У ДУАЛЬНІЙ КУЛЬТУРІ

Зайченко Т.О.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна

e-mail: zaychenko.t@ukr.net

Фітопатогенні гриби відомі тим, що завдають значної шкоди сільському господарству, знижуючи якість і кількість врожаю та спричиняючи значні економічні втрати. За рахунок накопичення мікотоксинів у продуктах вони також загрожують здоров'ю людей та тварин. Оскільки хімічні препарати захисту рослин мають певний негативний вплив, саме біологічний контроль фітопатогенів стає все більш актуальним. Найбільш поширеним у цьому плані є застосування мікроміцетів, наприклад, аскомікотових грибів роду *Trichoderma*. Натомість, щодо макроміцетів по цьому питанню існують лише фрагментарні літературні дані. За рахунок фізичних та хімічних механізмів виживання та поширення у довкіллі шапинкові гриби так само мають потенціал для дослідження їх активності проти фітопатогенів.

Одним із поширених методів оцінки конкурентних взаємодій між грибами є спільне культивування на агаризованому поживному середовищі за методикою, запропонованою Бадалян та співавторами (Badalyan et al., 2002), із можливими модифікаціями. У цьому підході дві культури грибів інкубують сумісно в чашках Петрі, після чого оцінюють характер їх взаємодії. Виділяють такі типи реакцій: А – взаємне гальмування росту колоній при контакті та В – на дистанції, С – спокійне наростання і його підтипи (часткове та повне наростання після взаємного гальмування росту колоній при контакті – C_{A1} , C_{A2} та на дистанції – C_{B1} , C_{B2}). На основі виявлених типів взаємодій розраховують індекс антагонізму (AI), який кількісно відображає рівень антагоністичної активності (AA) досліджуваних культур.

Бадалян зі співавторами (Badalyan et al., 2002) визначили рівні AA 17-ти видів макроміцетів відносно патогенів зернових культур *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorok.) Shoem., *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc., *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Von Arx & Olivier var. *tritici* Walker та *Rhizoctonia cerealis* Van der Hoeven. За величиною AI (> 15) встановили найбільш активні види: *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., *Hypholoma fasciculare* (Fr.) Kumm., *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. *Lentinus tigrinus* (Bull.: Fr.) Sing. та *Schizophyllum commune* Fr., які повністю (C , C_{A2} , C_{B2}) або частково (C_{A1}) наростали на колонії досліджених паразитів рослин. Досліджено також AA 10-ти штамів *Xylaria polymorpha* (Pers.) Grev і 10 штамів *Xylaria longipes* Nitschke відносно *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (фітопатоген, який також спричиняє оніхомікози та системні інфекції у людей). Всі штами *X. polymorpha* проявили переважаючу AA відносно *F. solani* (по типу C_{A1} та C_{A2}). Натомість лише 5 штамів *X. longipes* взаємодіяли з *F. solani* за типом C_{A1} , тоді як інші утворювали тупикові колонії (типи А і В) (Atamanchuk et al., 2024). Встановлено AA 22-х штамів березової губки *Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai відносно патогена *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett, який спричиняє цвіль проростків зернових культур, кореневу гниль, хвороби листя та колосків. Міцелій *F. betulina* повністю пригнічував колонії *M. nivale* (по типу C_{A2}). Із *Fusarium poae* (Peck) Wollenw (який спричиняє фузаріоз зернових) штами *F. betulina* мали різні незвичні взаємодії вздовж контакту колоній: $C_{A1} + A$ – часткове наростання *F. betulina* на *F. poae* і навпаки, плюс часткове взаємне гальмування росту; взаємний антагонізм C_{A1} – наростання колоній одна на одну; і C_{A1} – часткове наростання *F. betulina* на колонії *F. poae*. Різниця у взаємодіях, вірогідно, відбувалася за рахунок штамоспецифічності *F. betulina* та за рахунок мінливості *F. poae*, яка властива мікроміцетам (Кізіцька & Круподьорова, 2024).

Отримані результати, а також дані інших дослідників засвідчують перспективність використання макроміцетів як ефективних агентів проти фітопатогенних мікроорганізмів. Завдяки виявленій антагоністичній та антимікотичній активності, вищі гриби можуть розглядатися нарівні з мікроміцетами як потенційне джерело біологічно активних сполук для створення екологічно безпечних засобів захисту рослин в агропромисловому виробництві.

Література:

1. Atamanchuk A, Bisko N, Al-Maali G. Antagonistic activity of wood-inhabiting *Xylaria* species against other fungi in dual culture experiments. J Microbiol Biotech Food Sci. 2024;14(1):e9529.
2. Badalyan SM., Innocenti G, Garibyan NG. Antagonistic activity of xylophilic mushrooms against pathogenic fungi of cereals in dual culture. Phytopathol. Mediterr. 2002;41:220-5.
3. Кізіцька ТО, Круподьорова ТА. Антагоністична активність штамів *Fomitopsis betulina* відносно рослинних патогенів *Microdochium nivale* та *Fusarium poae*. В: Біологія рослин та біотехнології: збірка тез IV конференції молодих учених; 2024 Трав 16-18; Київ. Київ: ДУ «ІХБГ НАНУ»; 2024, с. 59.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХІМІЧНОГО СИНТЕЗУ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ОДЕРЖАННЯ РИБОФЛАВІНУ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ.

Колесник Т.О., Ділбазі У.

Київський національний університет технологій та дизайну, м.Київ, Україна,

e-mail: domanska91@gmail.com, umudludilbazi@gmail.com

Рибофлавін, або вітамін В₂, є водорозчинним вітаміном, який відіграє ключову роль у метаболізмі, особливо у процесах окиснення та відновлення. Він незамінний для підтримки нормальної роботи клітин, шкіри, очей та нервової системи. Завдяки своїм властивостям, рибофлавін широко використовується у фармацевтиці, харчовій промисловості, ветеринарії. Основні методи отримання рибофлавіну - хімічний синтез і мікробіологічний (біотехнологічний) метод.

Хімічний синтез полягає у багатоступеневій реакції органічних сполук для утворення молекули рибофлавіну. Цей метод включає складні хімічні реакції, контроль умов та очищення кінцевого продукту. Перевагами цього методу є швидкість та контрольованість, можливість масштабування виробництва, висока чистота продукту при правильній організації виробництва. Але є й недоліки - висока собівартість через використання дорогих реагентів та багатоступеневих процесів, небезпека для довкілля, пов'язана з токсичними відходами, велике енергоспоживання, неекологічність у порівнянні з біотехнологічними підходами (Вороніна та ін., 2000; Краснопольський та ін., 2013; Мельничук та ін., 2014).

Мікробіологічним методом рибофлавін отримують за допомогою мікроорганізмів, таких як *Ashbya gossypii*, *Bacillus subtilis*, або *Candida famata*. Ці мікроорганізми здатні продукувати рибофлавін під час ферментації у спеціально створених умовах. Перевагами цього методу є екологічність виробництва, бо менше шкідливих відходів, низька собівартість бо використовуються недорогі субстрати (наприклад, побічні продукти сільського господарства), простота масштабування біореакторів, підвищена ефективність при генетичній модифікації штамів. До недоліків можна віднести - тривалість процесу, порівняно з хімічним синтезом, необхідність стерильних умов для ферментації, залежність від стабільності мікроорганізмів, які можуть змінювати активність, потрібно більше часу на очищення продукту (Мельничук та ін., 2014; Powers, 2003; Буценко та ін., 2010).

Обидва методи мають свої переваги та недоліки. Хімічний синтез забезпечує високу швидкість і контроль, але поступається за екологічністю та вартістю. Мікробіологічний метод, попри складність контролю умов, є більш сталим та економічно вигідним при масовому виробництві. У сучасних умовах, коли екологічні аспекти мають велике значення, біотехнологічні підходи до виробництва рибофлавіну набувають дедалі більшої популярності.

Література:

1. Буценко, Л.М., Пенчук Ю. М., Пирог Т. П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: навч. посібник. Київ: НУХТ, 2010; 323 с.
2. Вороніна Л.М., Десенко В.Ф., Мадієвська Н.М. та ін.. Біологічна хімія. - Х., 2000; 145 с.
3. Краснопольський Ю. М., Клещов Н. В. Фармацевтична біотехнологія. Виробництво біологічно-активних речовин. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2013; 304 с.
4. Мельничук М. Д., Кляченко О.Л., Бородай В.В. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014; 252 с.
5. Powers H.J. Riboflavin (vitamin B-2) and health. Amer. J. Clin. Nutr, 2003; P. 1352-1360.

МІКРОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХЛІБА НА ЗАКВАСЦІ

Корнієнко І.М.¹, Гуляєв В.М.², Коваленко А.Л.², Анацький А.С.², Філімоненко О.Ю.².¹Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ, Україна,²Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна,e-mail: irina.kornienko.1979@gmail.com

Проблема мікробного забруднення в харчових технологіях, нажаль, залишається актуальною. Особливу шкоду харчовим продуктам завдають плісняві гриби (особливо їх мікотоксини), оскільки їх наявність в продуктах харчування може призвести до значних економічних втрат в даній галузі. Токсичні метаболіти грибів – мікотоксини – становлять високий ризик для здоров'я людини. Оскільки громадськість потребує високоякісних, безпечних, але помірно оброблених харчових продуктів з тривалим терміном зберігання, які не містять консервантів, останнім часом велика увага приділяється біоконсервації продуктів харчування за рахунок властивостей молочнокислих бактерій (МКБ). МКБ відносять до групи потенційних дезактивуєючих мікроорганізмів, які виступають біологічними антагоністами по відношенню до грибів (Arasu et al., 2014, Gerez et al., 2009).

В технології хлібопечення існує проблема, пов'язана із розвитком хвороб хліба, де однією із причин є плісняві гриби, не заважаючи на процес ферментації та випікання хлібопродуктів. Нажаль, через невідповідні умови зберігання зерна та борошна, відбувається мікробне забруднення сировини, що напряду впливає на якість та біобезпеку хлібопродуктів. Для вирішення даного проблематичного питання, проведено дослідження впливу чистих культур МКБ у складі хлібної закваски на предмет пригнічення розвитку мікроскопічних грибів родів *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus* та бактерій роду *Basillus*, які визивають різні хвороби хліба. За результатами власних мікробіологічних досліджень хлібної закваски (закваска виготовлена шляхом ферментації борошняної складової чистими культурами МКБ - *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*), тіста та хліба - вище зазначених патогенних культур не було виявлено у дослідних зразках, що свідчить про ефективність використання метаболітів МКБ в хлібопеченні. Протягом 7 діб зберігання дослідних зразків хліба – не було відмічено проявів ознак хвороб хліба. Це пояснюється тим, що МКБ володіють антимікробною активністю, яка полягає в біосинтезі протигрибкових метаболітів молочнокислими бактеріям, а саме: діацетилу, ацетоїлу, молочної кислоти, перекису водню, жирних кислот. Також, відбувається конкуренція на рівні МКБ та патогенів за доступні поживні речовини, що в комплексі надає потужний антимікробний ефект. Результати власних досліджень співвідносяться з авторами (Carla Luciana Gerez, et al, 2009), якими було виявлено, що 95 протестованих штамів МКБ пригнічували ріст збудників хвороб хліба - *Aspergillus*, *Fusarium* і *Penicillium* - за рахунок протигрибкового ефекту. Враховуючи світові наукові праці за даним напрямком дослідження, а також, власні результати досліджень встановлено, що МКБ в харчових технологіях вважаються потенційними, перспективними біологічними агентами, котрі забезпечують біобезпеку харчових продуктів природним шляхом.

Література:

1. Arasu MV, Kim DH, Kim PI, Jung MW, Ilavenil S, Jane M. *In vitro* antifungal, probiotic and antioxidant properties of novel *Lactobacillus plantarum* K46 isolated from fermented sesame leaf. Ann. Microbiol. 2014;64:1333-1346.
2. Gerez CL, Torino MI, Rollán G, de Valde GF. Prevention of bread mould spoilage using lactic acid bacteria with antifungal properties. Food Control. 2009;20(2):144-148.

БОРІТЬБА З АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЮ ЗА ДОПОМОГОЮ БАКТЕРІОФАГІВ

Максимів О.В.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

e-mail: maksymiv.olga@iit.kpi.ua

Антибіотикорезистентність (АР) є однією з найгостріших проблем глобальної охорони здоров'я, що спричиняє зростання смертності, тривалості госпіталізації та витрат на лікування. Через зниження ефективності антибіотиків зростає інтерес до фаготерапії — використання бактеріофагів, вірусів, які специфічно інфікують та знищують бактерії (Abedon, 2019).

Бактеріофаги демонструють високу специфічність до мішені, що мінімізує вплив на нормальну мікрофлору пацієнта, а також здатність руйнувати біоплівки, відповідальні за хронічні інфекції та резистентність (Górski et al., 2020). Синергетичне застосування фагів з антибіотиками дозволяє знижувати дозування останніх і підвищувати ефективність лікування (Abedon, 2019).

Генно-інженерні фаги відкривають нові можливості боротьби зі стійкими бактеріями, зокрема шляхом доставки генів, що пригнічують механізми резистентності (Pires et al., 2016). Фаготерапію також вивчають для профілактики госпітальних інфекцій через обробку поверхонь і медичного обладнання (Hesse et al., 2021).

Водночас конкуренція з темперентними або хронічними вірусами може знижувати ефективність фаг-антибіотичної синергії, що слід враховувати при плануванні терапії (Landa et al., 2021). Попри значні перспективи, для широкого застосування фагів необхідно вирішити питання стандартизації виробництва, регуляторних вимог, безпеки та клінічної ефективності (Górski et al., 2020).

Література

1. Abedon S. Phage-antibiotic combination treatments: Antagonistic impacts of antibiotics on the pharmacodynamics of phage therapy. *Antibiotics*. 2019;8(4):182.
2. Górski A, Międzybrodzki R, Jończyk-Matysiak E, et al. Phage therapy: What have we learned? *Viruses*. 2020;12(3):255.
3. Hesse S, Adhya S, Blaschek H. Phage biocontrol in clinical and environmental settings: opportunities and challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:678135.
4. Landa K, Mossman L, Whitaker, Rapti Z, Clifton S. Phage-antibiotic synergy inhibited by temperate and chronic virus competition. 2021;2104.08989.
5. Pires D, Cleto S, Sillankorva S, Azeredo J, Lu T. Genetically engineered phages: a review of advances over the last decade. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2016;80(3):523-543.

КОНСТРУЮВАННЯ ПЛАЗМІД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ГЕМОВІСНИХ БІЛКІВ КЛІТИНАМИ ДРІЖДЖІВ

Підкурғанна О.Г., Андріяш Г.С., Тігунова О.О.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,

e-mail: pidkurhanna@gmail.com

Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* часто використовують як клітинну фабрику для виробництва харчових інгредієнтів, фармацевтичних препаратів, хімікатів та палива (Nielsen J, 2019). Гемоглобін є важливим для медицини, а біологічні функції гема пов'язані переважно із киснем в процесах зв'язування, транспорту та протидії активним формам кисню. Виділення гему та гемовісних білків з природних джерел є малоефективним і складним, тому є інтерес до створення технології виробництва на основі мікроорганізмів. CRISPR/Cas9 є однією з найпоширеніших систем редагування геному. Метою було створення штаму-продуценту легемоглобіну виду *S. cerevisiae*, використовуючи плазмиду для модифікації геному на основі CRISPR/Cas9.

В дослідженнях було клоновано гени інтересу з геному дріжджів *S. cerevisiae* ATCC-18824 (Y-2519) високоточною полімеразою Phusion High-Fidelity PCR Master Mix with HF Buffer (Thermo Scientific, cat. no. F531S). Елементи для конструкцій вирізані з відповідних плазмід Mo-Clo YTK за допомогою рестриктази Eco31I(BsaI) (Thermo Scientific, cat. no. ER0291) та зліговані T4 ДНК лігазою (Thermo Scientific, cat. no. EL0011). Плазмідна ДНК виділена методом лужного лізису. Компетентні клітини *E. coli* DH5α приготовані і трансформовані хімічним методом (CaCl₂).

Ефективною стратегією для збільшення продукції гемоглобінів в клітинах дріжджів є надекспресія генів, що відповідають за синтез гема. Для *S. cerevisiae* гени *HEM2*, *HEM3* та *HEM12* (кодують дегідратазу амінолевуленової кислоти, порфобіліноген деаміназу та уропорфіриноген декарбоксилазу, відповідно) вважаються лімітуючими (Liu L et al., 2014). В роботі клоновано послідовності генів інтересу – *HEM1*, *HEM2*, *HEM3*, *HEM4*, *HEM12*, *HEM13*, *HEM14* та *HEM15*, які було поставлено під контроль індукцйбельного промотора pGAL1 та термінатора tADH1 в відповідні плазмиди. Нові конструкції містили конектори ConLX, перед промотором, та ConRX, після термінатора, які після обробки рестриктазою *BsmBI* (*Esp3I*) формують комплементарні липкі кінці, необхідні для наступного етапу конструювання – об'єднання по чотири гени інтересу в одну касету. В конструкціях також наявні гомологічні плечі – послідовності по 500 п.н., ідентичні послідовностям в геномі *S. cerevisiae*, попереду та після гена *URA3*, що дозволяє цілеспрямовано та безшовно інтегрувати гени інтересу в *URA3*-сайт. В плазміді наявні сайти рестрикції *NotI*, які дозволяють отримати лінійну донорну ДНК касету з генами інтересу, готову до трансформації і інтеграції в геном за допомогою CRISPR-Cas9.

Таким чином, створено вісім конструкцій плазмід для підвищеного накопичення штамом-продуцентом *Saccharomyces cerevisiae* гемовісних білків. Отримані конструкції будуть використані як донорна ДНК для інтеграції в геном дріжджів.

Література:

1. Nielsen J. Yeast systems biology: Model organism and cell factory. Biotechnol J. 2019; 14(9):e1800421.
2. Liu L, Martinez JL, Liu Z, Petranovic D, Nielsen J. Balanced globin protein expression and heme biosynthesis improve production of human hemoglobin in *Saccharomyces cerevisiae*. Metabolic Engineering. 2014; 21:9-16.

МІКРОБНІ БІОСТИМУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ХІМІЧНИМ ДОБРИВАМ

Фролов Д.А.

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

e-mail: frolov.dmytro1@lil.kpi.ua

В умовах деградації ґрунтів, надмірного внесення мінеральних добрив і кліматичних змін зростає потреба у безпечних засобах підвищення врожайності. Мікробні біостимулятори росту рослин (МБРР) розглядаються як ефективна альтернатива, оскільки активують фізіолого-біохімічні процеси, підвищують продуктивність культур і стійкість до стресів (Rouphael & Colla, 2020).

МБРР містять корисні бактерії та гриби, зокрема *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, які сприяють фіксації азоту, розчиненню фосфатів, синтезу фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни), а також індукують системну резистентність до патогенів (Backer et al., 2018; Vurukonda et al., 2016).

На відміну від хімічних добрив, мікробні препарати не спричиняють накопичення токсичних залишків у ґрунті, не порушують мікробіоту, а навпаки — підтримують її екологічну рівновагу. Вони також сприяють зниженню викидів парникових газів, зокрема N₂O, що утворюється при надмірному внесенні азотних добрив (Meena et al., 2020).

Комбіноване застосування МБРР із зниженими дозами добрив дозволяє зберігати високу врожайність, мінімізуючи екологічні ризики. Подальший розвиток біостимуляторів має базуватись на адаптації до типів ґрунтів, клімату та специфіки культур (Mahanty et al., 2017).

Література:

1. Backer R, Rokem JS, Ilangumaran G, Lamont J, Praslickova D, Ricci E, et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Front Plant Sci.* 2018;9:1473.
2. Mahanty T, Bhattacharjee S, Goswami M, Bhattacharyya P, Das B, Ghosh A, Tribedi P. Biofertilizers: Potential approach for sustainable agriculture development. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017;24(4):3315-3335.
3. Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS. Sustainable agriculture with microbial bio-stimulants: current trends and future perspectives. In: Meena RS, editor. *Soil Health Restoration and Management*. Cham: Springer; 2020. p.165–85.
4. Rouphael Y, Colla G. Biostimulants in agriculture. *Front Plant Sci.* 2020;11:40.
5. Vurukonda SSKP, Vardharajula S, Shrivastava M, SkZ A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiol Res.* 2016;184:13-24.

Наукове видання

V конференція молодих учених

БІОЛОГІЯ РОСЛИН
ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ

15–16 травня 2025 року

В авторській редакції