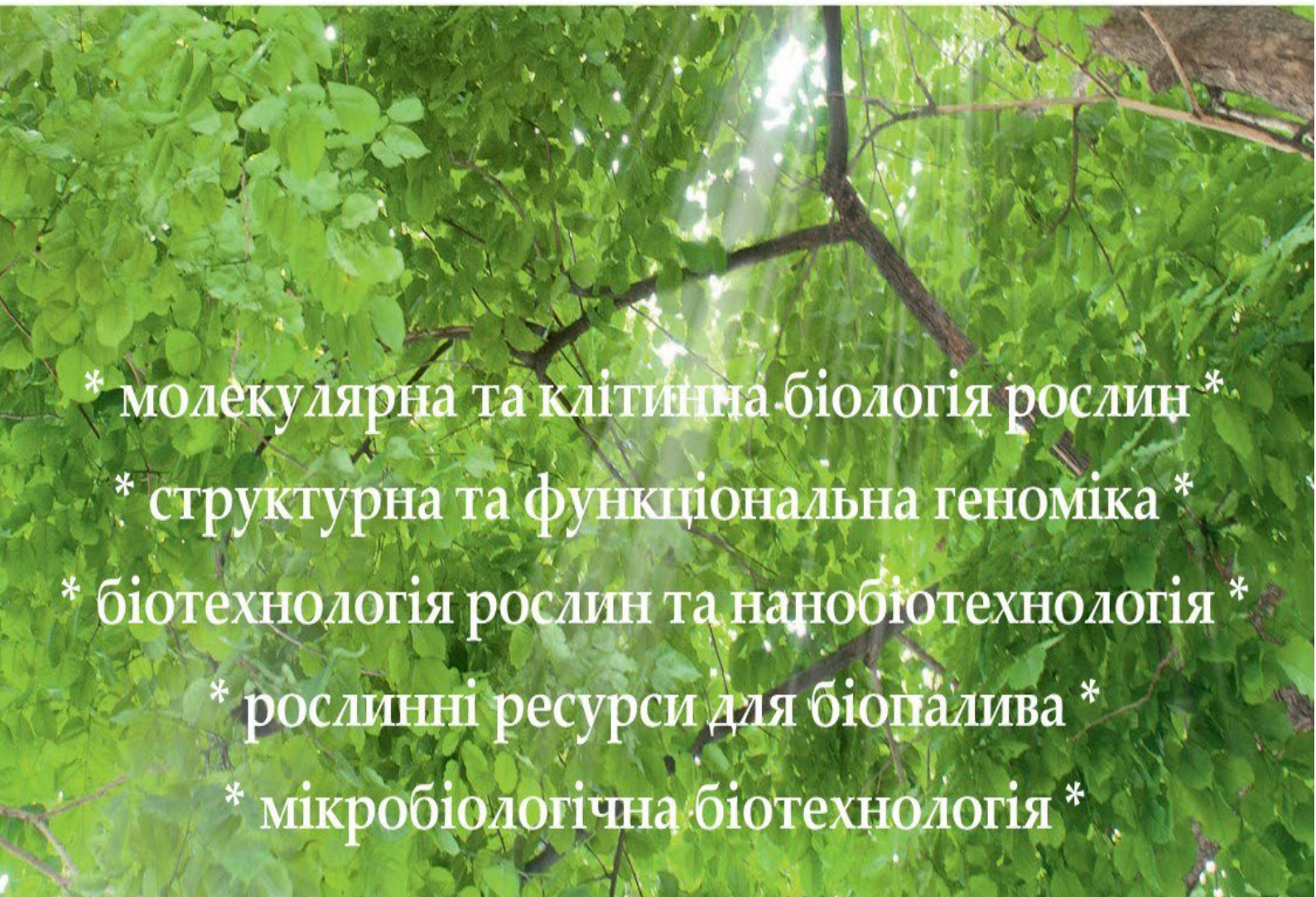




# IV конференція молодих учених «БІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ»

*до VII-го Міжнародного Дня Рослин в Україні*

*16-18 травня 2024 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 IV конференції молодих учених  
**«БІОЛОГІЯ РОСЛИН ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ»**

16-18 травня 2024 року

Київ-2024

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

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

Materials of IV Conference for Young Scientists

**«PLANT BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY»**

May 16-18, 2024

Kyiv-2024

**Біологія рослин та біотехнології:** збірка тез ІV конференції молодих учених, м.Київ, 16 – 18 травня 2024 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. Рабоконт

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

**Члени Оргкомітету:** чл.-кор. НАН України А.І. Ємець, д.б.н. С.В. Ісаснков, 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. Ожередов, 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 IV conference of young scientists, Kyiv, May 16-18, 2024. - 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), Korkhoviyy V.I. (PhD), Krupodiorova T.A. (PhD), Novozhylov D.O. (PhD), Ozheredov S.P. (PhD), Pastukhova N.L. (PhD), Spivak S.I. (PhD), Tigonova 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.

## ЗМІСТ

### МОЛЕКУЛЯРНА ТА КЛІТИННА БІОЛОГІЯ

- Булгаков І.В., Раєвський О. В. БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСУ БІЛКІВ ЗАДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ САЙТІВ ЗВ'ЯЗУВАННЯ ATG8 6
- Колошко Ю.В. МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ КЛІТИН ТА ЇХ РОЛЬ У РОЗВИТКУ ТКАНИН ТА МЕТАСТАЗУ РАКУ 8
- Kustovskiy Y., Yemets A. COMPARISON OF STABILITY OF IVERMECTIN COMPLEXES WITH  $\beta$ 1-TUBULIN OF *ARABIDOPSIS THALIANA*, *HAEMONCHUS CONTORTUS*, *FUSARIUM GRAMINEARUM*, AND *FUSARIUM OXYSPORUM* 9
- Ожередов Д.С., Ожередов С.П., Карпов П.А. ПОШУК АЛОСТЕРИЧНИХ ЕФЕКТОРІВ FtsZ БІЛКІВ БАКТЕРІЙ НА ПІДСТАВІ КОМПЛЕКСНОГО СТРУКТУРНО-БІОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ 10
- Pushkarova N., Hannelova J., Marques S.M., Bednar D., Paruch K., Akavaram N., Spichal L., Damborsky J., Yemets A., Hejatk J. IDENTIFICATION OF NOVEL CYTOKININS BY MOLECULAR DOCKING 11
- Стихиляс М. М., Дзьобак А. В., Раєвський О. В., Блюм Я. Б. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛІГАНД-БІЛКОВИХ ВЗАЄМОДІЙ ГІСТОНДЕАЦЕТИЛАЗ КЛАСУ II В РІЗНОГО ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ 12
- Хаблак С.Г., Спичак В.М. РАСОВИЙ СКЛАД ОСЕРЕДКІВ ПАРАЗИТУ *OROVACHE CUMANA* В ПОСІВАХ СОНЯШНИКУ В ЛІСОСТЕПУ КРАЇНИ 13
- Shadrina R., Arslan S., Yemets A. DEVELOPMENT OF AUTOPHAGY ON SIMULATED MICROGRAVITY IN PLANTS AND THE ROLE OF MICROTUBULES IN THIS PROCESS 14

### СТРУКТУРНА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА ГЕНОМІКА

- Блюм Р.Я., Ємець А.І., Пірко Я.В. ЕВОЛЮЦІЯ ТА ДИВЕРГЕНЦІЯ ГЕНІВ  $\alpha$ - ТА  $\beta$ -ТУБУЛІНУ У ГЕНОМІ *ARABIDOPSIS THALIANA* 15
- Гординський С.О., Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Постовойтова А.С., Рабоконь А.М., Пірко Я.В. ГЕНОТИПУВАННЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ ЗЛАКОВИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ILP-МАРКЕРІВ 16
- Міщенко А.М., Андреев І.О. МІКРОСАТЕЛІТНИЙ АНАЛІЗ СОРТІВ ФУНДУКА (*CORYLUS SPP.*) СЕЛЕКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «СОФІЇВКА» 17
- Навроцька Д.О., Бублик О.М., Андреев І.О., Кунах В.А. ОСОБЛИВОСТІ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ВИДУ *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* E. DESV. З РЕГІОНУ ПРИБЕРЕЖНОЇ АНТАРКТИКИ 18
- Рабоконь А., Сахарова В., Блюм Р., Кваско А., Денисенко С., Карелов А., Созінова О., Шиша О., Созінов І., Козуб Н., Ємець А., Пірко Я. ВЕРИФІКАЦІЯ МАРКЕРІВ ДО ГЕНА *SR39* НА СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ 20
- Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Рабоконь А.М., Пірко Я.В., Блюм Я.Б. БАРКОДИНГ ЗРАЗКІВ *SAMELINA MICROCARPA* ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНАТОРНОЇ ОЦІНКИ ПОЛІМОРФІЗМУ ДОВЖИНИ ІНТРОНІВ ТУБУЛІНУ (сТВР) 21
- Созінова О.І., Блюм Я.Б. АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ГЕНА ПУРОІНДОЛІНУ А ЕКСТРАМ'ЯКОЗЕРНОГО СОРТУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ «ОКСАНА» 23

### БІОТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИН ТА НАНОБІОТЕХНОЛОГІЯ

- Баня А.Р., Корецька Н.І., Покинсьброда Т.Я., Карпенко О.В. ВПЛИВ БІОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА АДАПТАЦІЮ СОРГО ТРАВ'ЯНИСТОГО В УМОВАХ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ 24
- Блізніченко А. І., Петріна Р. О. ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* *ECHINACEA PURPUREA* 25
- Борова М.М., Бузіашвілі А.Ю., Ємець А.І. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОЦІНКА ФУНГІСТАТИЧНОЇ ДІЇ 26

Бузіашвілі А.Ю., Кустовський Є.О., Шиша О. М., Ємець А.І. АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ КОМБІНАЦІЙ ФІТОГОРМОНІВ НА МОРФОГЕНЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЕКСПЛАНТІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ	27
Гуржий А.Є., Ткаченко Т.А. ВИКОРИСТАННЯ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> ЯК МОДЕЛЬНОЇ РОСЛИНИ ДЛЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
Гусейнова К.Е., Петрух А.О., Давидюк Д.А., Волошина І.М. ВПЛИВ CuNPs НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	29
Гуцько К.І., Петріна Р.О. КУЛЬТИВУВАННЯ АМАРАНТУ В УМОВАХ <i>IN VITRO</i>	30
Федорченко В.С., Резніченко Л.С., Лютко О.Б., Вітрак К.В., Грузіна Т.Г., Дибкова С.М. АНТИМІКРОБНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, СИНТЕЗОВАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРАКТУ <i>MATRICARIA CHAMOMILLA</i> L.	31
Фурманець С.О., Галузінський М.О., Прилуцька С.В. ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН МІКРОЗЕЛЕНІ ГОРОХУ ПІСЛЯ ДІЇ C60 ФУЛЕРЕНУ	32
Hazratov A.T., Jurayeva N.K., Mustafina F.U., Abdinazarov S.H. BIOTECHNOLOGY AS MODERN APPROACH IN BIODIVERSITY CONSERVATION AND ENRICHMENT OF THE COLLECTION OF TASHKENT BOTANICAL GARDEN	33
Jamalova D.N., Mustafina F.U. PROPAGATION OF <i>FERULA SUMBUL</i> BY BIOTECHNOLOGICAL METHOD	34
Jurayeva N.K., Hazratov A.T., Mustafina F.U., Abdinazarov S.H.. MICROPROPAGATION OF VALUABLE SPECIES OF TASHKENT BOTANICAL GARDEN COLLECTION	35
Коробкова К.С. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БІОТЕХНОЛОГІЇ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗБУДНИКІВ ФІТОПЛАЗМОЗІВ	36
Кущенко К.С., Кляченко О.Л., Кустовська А.В. ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГВОЗДИКИ САДОВОЇ ( <i>DIANTHUS CARYOPHYLLUS</i> L.)	37
Некрутенко А.І., Гринчук К.В. <i>AGROBACTERIUM</i> -ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ МОДЕЛЬНОЇ РОСЛИНИ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> МЕТОДОМ «FLORAL DIP»	39
Обезюк І. М., Михалків Л. М., Коць С. Я. ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАНОКАРБОКСИЛАТІВ ГЕРМАНІЮ І ЦИНКУ НА ФОНІ ЗАСОЛЕННЯ	40
Пикало С.В., Юрченко Т.В., Харченко М.В. ОЦІНКА <i>IN VITRO</i> СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ	41
Арслан (Плоховська) С.Г., Гарсія-Вілларакко А., Фуенте-Гонсалес Е., Лукас Х.А., Гутьєррес-Маньєро Ф.Х., Рамос-Солано В., Рамос-Солано Б., Ємець А.І. ВИКОРИСТАННЯ PGRV ДЛЯ БІОСИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНТИБАКТЕРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ	41
Потупа В. Ю., Косинська Т.В., Шкотова Л.В., Волошина І.М. НАНОПРАЙМУВАННЯ ZnONPs ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	42
Теслюк Н. І., Газіна І.М. ПЕРВИННІ ЕТАПИ КЛОНАЛЬНОГО МІКРОРОЗМНОЖЕННЯ <i>VACCINIUM ULIGINOSUM</i> L. В КУЛЬТУРІ <i>IN VITRO</i>	44
Чорнобров О.Ю., Чорнобров О.Ю. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТОКОЛУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ТКАНИН РОСЛИН <i>TILIA PLATYPHYLLOS</i> SCOP. <i>IN VITRO</i>	45

### РОСЛИННІ РЕСУРСИ ДЛЯ БІОПАЛИВА

Бірук Я.Ю. БІОПАЛИВО ЯК ВАЖЛИВА АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОПНИМ ДЖЕРЕЛАМ ЕНЕРГІЇ	46
--	----

Гоцуляк В.Я., Блюм Р.Я., Рабоконь А.М., Савчук О.М., Ємець А.І., Блюм Я.Б. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТАГ-ЛІПАЗ <i>CAMELINA SATIVA</i> І <i>BRASSICA CARINATA</i> ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З ПРОМИСЛОВИМИ ЛІПАЗАМИ ГРИБНОГО ПОХОДЖЕННЯ	47
Іванейчик Н.Ю. ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ: ВПЛИВ ДЕФІЦИТУ АЗОТУ ТА ВИБІР СЕРЕДОВИЩА КУЛЬТИВУВАННЯ	48
Колошко Ю.В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ БІОМАСИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА: ЗЕРНОВИХ, ЦЕЛЮЛОЗИ, ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА, ТОЩО	49
Кулічкова Г. І., Іванова Т. С., Самарін В.О., Циганков С. П. БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ	50
Позняк О.В., Тризуб З.А., Чабан Л.В., Кондратенко С.І. ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ В СЕЛЕКЦІЇ <i>CYPERUS ESCULENTUS</i> L.	51
Самарін В.О., Іванова Т.С., Циганков С.П. ВИРОБНИЦТВО БІОЕТАНОЛУ З <i>SORGHUM BICOLOR</i> ПРИ УМОВІ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ СУСЛА	52
<b><u>МІКРОБІОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ</u></b>	
Бахлуков Д.О., Круподьорова Т.А. ФЕРМЕНТОВАНА МІКРОМІЦЕТАМИ ХАРЧОВА ПРОДУКЦІЯ	53
Буценко Л.М., Тимофієнко М. ВИДІЛЕННЯ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ З НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ	54
Воробей А.М., Пирог Т.П., Шевчук Т.А. АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> ІМВ В-7241, СИНТЕЗОВАНИХ ЗА НАЯВНОСТІ ЕРИТРИТОЛУ ТА ТРИПТОФАНУ	55
Гудзенко О.В. ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІБРИНОГЕНУ ПІД ВПЛИВОМ МОРСЬКИХ ПРОДУЦЕНТІВ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 231 і <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 248	56
Дворецький В.В., Ткач Є.Д., Бунас А.А. ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ БАКТЕРІАЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ ПРЕПАРАТІВ НУМІ [К] ВІО ТА НУМІ [К] ВІО+“PLUS” ПРИ СУМІСНОМУ ЗАСТОСУВАННІ З КВАНТУМ ДІАФАН	57
Демченко П.С., Тітова Л.О. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ <i>E.COLI</i> ДЛЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СИНТЕЗУ S-АДЕНОЗИЛ-L-МЕТІОНІНУ	58
Кізіцька Т.О., Круподьорова Т.А. АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ШТАМІВ <i>FOMITOPSIS BETULINA</i> ВІДНОСНО РОСЛИННИХ ПАТОГЕНІВ <i>MICRODOCHIUM NIVALE</i> ТА <i>FUSARIUM POAE</i>	59
Ковшар І.Д., Стабніков В.П. СПОСОБИ ВИДІЛЕННЯ ВІЛЬНОГО КАЛЬЦІЮ З ЯЄЧНОЇ ШКАРЛУПИ ДЛЯ ПРОЦЕСУ БІОЦЕМЕНТАЦІЇ	60
Комінарець О.Є., Мельникова Н.М., Коць С.Я. ВПЛИВ МІКРОБНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА РОЗВИТОК ПРОРОСТКІВ КОНЮШИНИ	61
Корнієнко І.М. РОЛЬ АНТОГОНІСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ В ХАРЧОВІЙ БІОТЕХНОЛОГІЇ	62
Охмакевич А.М., Дон Є.А., Ключка Л.В., Пирог Т.П. ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS</i> ІМВ Ас-5017 У СУМІШІ З ЕФІРНОЮ ОЛІЄЮ НА ДВОВИДОВІ БІОПЛІВКИ	63
Прендецька О.М., Опанович Ю.Ю., Лужецький Т.Б. СКРИНІНГ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ ЯК ПОТЕНЦІЙНИХ ПРОБІОТИЧНИХ ПРОДУЦЕНТІВ В КОСМЕТИЧНІЙ ІНДУСТРІЇ	64
Rakhmatova N.R., Uzbekov V.V., Kushakov S.O., Imamkhodjayeva A.S., Buriev Z.T. BIOTECHNOLOGICAL COTTON VARIETY AND BIOTIC STRESS	65
Соколова Н., Дмитрук К., Дмитрук О., Ємець А. ІЗОЛЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДРІЖДЖІВ З РИЗОСФЕРИ РІЗНИХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ	66



## БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСУ БІЛКІВ ЗАДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ САЙТІВ ЗВ'ЯЗУВАННЯ ATG8

Булгаков І.В., Раєвський О. В

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [elihbul@gmail.com](mailto:elihbul@gmail.com)

Для ініціації аутофагії необхідний кіназний комплекс ULK1, який тісно регулюється AMPK та mTOR, які діють як активатор та інгібітор відповідно. AMPK активує ULK1 за допомогою фосфорилування. Комплекс ULK1, що складається з FIP200, ATG13 та ATG101, стимулює комплекс фосфатидилінозит-3-кінази класу III (PIK3C3), який складається з BECN1 (який може пригнічуватися VCL-2), AMBRA1, ATG14L, VPS15. Цей комплекс потім продукує пул фосфатидилінозитол-3-фосфату (PtdIns3P), який призводить до залучення білків WIPI, які відновлюють ATG9-позитивні везикули з попередніх мембран, а також рекрутування комплексу ATG5-ATG12-ATG16L1 (E3). LC3 спочатку розщеплюється протеазою ATG4 з утворенням цитозольного LC3-I, який далі розпізнається компонентами E1 (ATG7), E2 (ATG3) та E3, що призводить до його кон'югації з фосфатидилетаноламіном (PE). Після цього процесу LC3-I позначається як LC3-II. LC3-II зв'язується з LIR- рецепторами аутофагії (AR; наприклад, p62), пов'язаними з вантажем, призначеним для деградації (Aman Y et al., 2021). Подано у розгляд створення штучної інтерпретованої моделі, що розглядається, як - "Біоінформатичний аналіз та моделювання комплексу білків, відповідальних за асоціацію фагосоми з мікротрубочками рослинної клітини" у поетапному науково-дослідницькому розрізі з метою дослідження процесу комплексоутворення ATG-білків для ідентифікації сайтів зв'язування ATG8. Окреслено наявність ефекту гіперацетилювання як на стабільність і динаміку самої мікротрубочки, так і на здатність до асоціації з білками MAP в опублікованому дослідженні (Rayevsky and Bulgakov et al., 2023), а також проаналізувати залежність PPI карти від зміни стану ацетилювання  $\alpha$ -тубулінів. Здійснено імплементацію сучасних методів молекулярного дослідження *in silico*, залучених на етапі генезису «суперкомплексу» ULK1/ATG1, (Bulgakov and Rayevsky et al., 2023) з метою реконструкції мультимерного білкового комплексу та виявлення сайтів зв'язування ATG8 (Rayevsky A et al., 2021). Відповідно, у дослідженні (Rayevsky and Bulgakov et al., 2023), з метою ефективного використання наявних обчислювальних ресурсів та сервісів у розрахунках молекулярної динаміки ми використали нашу віртуальну лабораторію CSLabGrid (Pydiura N and Karpov P et al., 2013); ( Karpov P and Brytsun V et al., 2015), що є частиною Українського національного глід-комплексу (<http://uran.ua/>). Для повноцінної роботи в частині проекту "Біоінформатичні та молекулярно-клітинні дослідження структури та функцій цитоскелета рослин" ("Bioinformatic and molecular-cell studies of the structure and functions of the cytoskeleton of plants") (номер держреєстрації 0120U100937) "Дослідження atg білків, залучених до формування комплексу atg1, його взаємодії з білком atg8 у процесі дозрівання аутофагосом", а також у подальшому напрацюванні "Реконструкція геометрії молекул atg13 і atg101 у процесі складання комплексу", програму скомпілювали на кластері в середовищі віртуальної організації CSLab IFBG (Pydiura N and Karpov P et al., 2013); (Karpov P and Brytsun, V et al., 2015). Передбачення тривимірної структури білка за послідовністю амінокислот використана система III AlphaFold (Jumper J et al., 2021), створена Google DeepMind. Молекулярну динаміку (МД) проводили у водному середовищі з використанням програми GROMACS 4.5;5.0 (Lee J et al., 2016). Візуалізацію білкових структур та білок-лігандних комплексів проводили за допомогою програми PyMOL та VMD 1.9.3 (Liang M et al., 2003); (Spivak M et al., 2023).

### Література:

1. Aman Y, Schmauck-Medina T, Hansen M, Morimoto RI, Simon AK, Bjedov I, et al. Autophagy in healthy aging and disease. *Nature Aging*. 2021;1(8):634-50.
2. Bulgakov E, Rayevsky A. Analysis of Atg proteins involved in the formation of the Atg1 complex, their interaction with the Atg8 protein during autophagosome maturation. *Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv*. 2023;32:136-41.

3. Jumper, J., et al., Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 2021. 596(7873): p. 583-589.
4. Karpov P, V.M B, Rayevsky A, Demchuk O, Pydiura N, Ozheredov S, et al. High-Throughput Screening of New Antimitotic Compounds Based on CSLabGrid Virtual Organization. *Science and Innovation (ISSN 2409-9066)*. 2015;11:85-93.
5. Lee J, Cheng X, Swails JM, Yeom MS, Eastman PK, Lemkul JA, et al. CHARMM-GUI Input Generator for NAMD, GROMACS, AMBER, OpenMM, and CHARMM/OpenMM Simulations Using the CHARMM36 Additive Force Field. *Journal of chemical theory and computation*. 2016;12(1):405-13.
6. Liang MP, Banatao DR, Klein TE, Brutlag DL, Altman RB. WebFEATURE: An interactive web tool for identifying and visualizing functional sites on macromolecular structures. *Nucleic Acids Res*. 2003;31(13):3324-7.
7. Pydiura N, Karpov P, Blume Y. Hardware environment for CSLabGrid: Reaching maximum efficacy of computations in structural biology and bioinformatics2013.
8. Rayevsky A, Bulgakov E, Sharifi M, Samofalova D, Ozheredov D, Karpov P, et al. In silico induced effect of N- $\epsilon$ -lysine acetylation on microtubule stability and subsequent interaction of microtubule-associated proteins. *Cell Biol Int*. 2023;47(9):1547-57.
9. Rayevsky A, D.S.O., D. Samofalova, S. P. Ozheredov, P. A. Karpov & Ya. B. Blume The Role of Posttranslational Acetylation in the Association of Autophagy Protein ATG8 with Microtubules in Plant Cells. *Cytol. Genet.*, 2021. 55: p. 510–518.
10. Spivak M, Stone JE, Ribeiro J, Saam J, Freddolino PL, Bernardi RC, et al. VMD as a Platform for Interactive Small Molecule Preparation and Visualization in Quantum and Classical Simulations. *Journal of chemical information and modeling*. 2023;63(15):4664-78.

## МЕХАНІЗМИ МІГРАЦІЇ КЛІТИН ТА ЇХ РОЛЬ У РОЗВИТКУ ТКАНИН ТА МЕТАСТАЗУ РАКУ

Колошко Ю.В.

Національний університет цивільного захисту України., м. Харків, Україна

e-mail: [yuvita.75@ukr.net](mailto:yuvita.75@ukr.net)

В організмі людини клітини постійно рухаються, мігрують з одного місця на інше. Механізми міграції клітин є важливою складовою багатьох фізіологічних і патологічних процесів. У статті розглянемо різні механізми міграції клітин та їх роль у розвитку тканин та метастазу раку. Міграція клітин є складним процесом, який включає рух клітин вздовж певного шляху на підставі зміни форми, подвійного цитоскелету, зміни взаємодії з субстратом, включення специфічних протеїнів та регуляції сигнальних шляхів. Різні типи клітин мають свої унікальні механізми міграції, але вони усі базуються на загальних принципах.

Один з основних механізмів міграції клітин – амебоїдний рух. Він характеризується формуванням випрямленої випадкової панцирної ноги або псевдоподії, яка витягується у напрямку руху клітини. Розподіл цитоплазми та цитоскелету приводить до передвиження клітини вперед. Цей механізм міграції широко застосовується в розвитку ембріогенезу, зокрема, в міграції мезенхімальних клітин (Li, 2017).

Інший важливий механізм міграції клітин – епітеліальна доокружна міграція. Він включає перехід клітин з однієї місцевості на іншу шляхом взаємодії з сусідніми клітинами та ексформацією зі старого тканинного шару. Цей механізм активно залучений до формування органів та тканин під час ембріогенезу. Він також відіграє важливу роль у виході клітин з одного стану в інший, наприклад, з нормальної клітини в злоякісну. Однак, коли механізми міграції клітин стають вибуховими, вони можуть сприяти метастазу раку. Метастаз – це поширення ракових клітин з первинного ураження на віддалені органи. Механізми міграції, зазначені вище, можуть бути втягнуті в цей процес.

Одна з головних причин метастазу – це руйнування клітинної адгезії. Ракові клітини втрачають здатність прикріплюватися до сусідніх клітин та матриці. Це дозволяє їм рухатися від первинного ураження до інших органів, де вони можуть утворювати нові ураження. Наявність здатності до міграції та інвазії значно погіршує прогноз для пацієнта.

Дослідження механізмів міграції клітин та їх ролі у розвитку тканин та метастазу раку допоможуть виявити нові шляхи лікування раку та забезпечити пацієнтам більш ефективні терапевтичні можливості. Розуміння тих процесів, які контролюють рух клітин, може призвести до відкриття нових цілей для лікування раку (Li, 2017).

Механізми міграції клітин грають важливу роль у розвитку тканин та метастазу раку. Розуміння цих механізмів може виявитися критичним для розробки нових методів лікування раку. Дослідження в цій галузі продовжуються, і маємо надію, що вони приведуть до поліпшення прогнозу та лікування ракових хворих.

### Література:

1. Li R. Molecular mechanisms of cellular migration in cancer metastasis. IUBMB Life. 2017;69(12):911-917.

## COMPARISON OF STABILITY OF IVERMECTIN COMPLEXES WITH $\beta$ 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, c. Kyiv, Ukraine,*

*e-mail: [ykustovskiy@gmail.com](mailto:ykustovskiy@gmail.com)*

Ivermectin (IVM) is a known antiparasitic agent that binds to numerous proteins in eukaryotic cells and thus has a vast range of mechanisms of action. The IVM stabilizing effect on microtubules (MT) of *Haemonchus contortus* via binding to  $\beta$ -tubulin was reported by Ashraf et al. (2015), laying the foundation for our previous studies (Kustovskiy et al., 2024a, b). Based on the results of computations, it was theoretically predicted by us that IVM binding to  $\beta$ -tubulin of *Arabidopsis thaliana*, *H. contortus*, *Fusarium graminearum*, and *F. oxysporum* can lead to stable complexes; however, the affinities of resulting complexes were not yet compared quantitatively. Therefore, the current study aimed to perform end-state calculations of the free energies of IVM binding ( $\Delta G_{\text{bind}}$ ) to  $\beta$ -tubulin of the above species based on the conformations of complexes collected using molecular-dynamics (MD) simulations in the previous studies.

The MM/PBSA calculations were performed for conformations of IVM complexes with  $\beta$ 1-tubulin of *A. thaliana* (UniProtKB: P12411), *H. contortus* (A2TF56,) and *Fusarium* (Q4HZS8; the sequences of  $\beta$ 1-tubulin of *F. graminearum* and *F. oxysporum* are identical) contained in second halves of three 100 ns trajectories (50-100 ns) using the gmx\_MMPBSA tool (Valdés-Tresanco et al., 2021). The setup of preceding molecular docking and MD simulations and the properties of resulting trajectories are described in the articles (Kustovskiy et al., 2024a, b).

As the result of MM/PBSA calculations, it was found that the IVM complex with  $\beta$ 1-tubulin of *A. thaliana* was the most stable among studied complexes with mean  $\Delta G_{\text{bind}}$  of  $-12,26 \pm 3,33$  kcal/mol; the IVM complex with  $\beta$ 1-tubulin of *Fusarium* had the mean  $\Delta G_{\text{bind}}$  of  $-11,30 \pm 5,20$  kcal/mol; the highest mean  $\Delta G_{\text{bind}}$  of  $-9,05 \pm 5,32$  kcal/mol was determined for the complex of IVM and  $\beta$ 1-tubulin *H. contortus*. According to the results of energy decomposition analysis, the residues Arg242(241) of H7, Arg(Lys)277(276) of M-loop, Arg319(318) of S8 and Thr(Arg)360(359) of S9-S10 had the highest contribution to affinities, which indicates the importance of IVM interactions with these residues for the maintenance of complexes stability.

Consequently, the  $\Delta G_{\text{bind}}$  of IVM complexes with  $\beta$ 1-tubulin of *A. thaliana*, *H. contortus*, *F. graminearum*, and *F. oxysporum* were determined. While the IVM complex with  $\beta$ 1-tubulin of *A. thaliana* was the most stable, the IVM complex with  $\beta$ 1-tubulin of *H. contortus* had the highest mean  $\Delta G_{\text{bind}}$  and thus the lowest stability.

### 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.  $\beta$ -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  $\beta$ -tubulin. *Plant Physiol. Biochem.* 2024;206(108296):1-12.
4. Valdés-Tresanco MS, Valdés-Tresanco ME, Valiente PA, Moreno E. gmx\_MMPBSA: A New Tool to Perform End-State Free Energy Calculations with GROMACS. *J. Chem. Theory Comput.* 2021;17(10):6281-6291.

## ПОШУК АЛОСТЕРИЧНИХ ЕФЕКТОРІВ FtsZ БІЛКІВ БАКТЕРІЙ НА ПІДСТАВІ КОМПЛЕКСНОГО СТРУКТУРНО-БІОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Ожередов Д.С., Ожередов С.П., Карпов П.А.

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

e-mail: [ozheredovdaniil@gmail.com](mailto:ozheredovdaniil@gmail.com)

За даним Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), станом на перше півріччя 2022 р, щорічна загибель близько 5 млн людей безпосередньо пов'язана з різноманітними бактеріальними інфекціями. Бінарний поділ - найпоширеніший спосіб розмноження бактерій. Тому ключове значення під час пошуку та розробки протимікробних препаратів має визначення ключової молекули апарату клітинного поділу, а саме білку FtsZ.

Ідея дослідження полягала у пошуку нових ефекторів за допомогою кластеризації лігандів за сайтами зв'язування, шляхом порівняльного аналізу просторових структур FtsZ з низькомолекулярними сполуками депонованих у базі RCSB PDB та наступним докуванням речовин з біохімічно підтвердженою цільовою взаємодією з FtsZ.

Порівняний аналіз структур FtsZ та їх комплексів з лігандами здійснювали з використанням інструментів програмного пакету PyMOL і відповідних плагінів (CavitOmiX, G\_Measure v.0.9b і PyVOL). Оцінювання внутрішніх зсувів структур здійснювалось на підставі показників RMSD і хмар каталофорів. Первинну оцінку взаємодії доведених ефекторів з FtsZ виконували на підставі поз і оцінювальних функцій докінгу в програмі CCDC Gold. Перевірка отриманих результатів здійснювалась за допомогою молекулярної динаміки в програмі Gromacs. Реконструкція фармакофорів і фармакофорний скринінг були виконані із використанням мережевого сервісу PharmIT (<https://pharmit.csb.pitt.edu/>).

За результатами первинної ревізії спеціалізованих ресурсів, було відібрано 19 речовин для яких існують як структурні (92 PDB-структур), так і біохімічні (ChEMBL) докази взаємодії з FtsZ білками. Структурне вирівнювання експериментальних комплексів дозволило згрупувати контрольні ліганди за 4-ма сайтами, визначити топологію сайтів, амінокислотний склад, референсні речовини та відповідні фармакофорні моделі. Водночас, була створена бібліотека, що містить 394 сполук для яких докази взаємодії з FtsZ присутні щонайменше, у однієї з зазначених баз.

Структурне дослідження визначило, що кишені експериментально-підтверджених сайтів мають надзвичайно високу гнучкість і потенціал ліганд-білкового припасування (структурної адаптації). Перш за все, така адаптація реалізується у випадку ефекторів сайту міждоменної щілини, також відомого як сайт алостеричної регуляції. У зв'язку із цим, традиційні протоколи докінгу та скринінгу із використанням окремих молекулярних мішеней було визначено як неефективні. Водночас, було показано, що результативність пошуку алостеричних ефекторів можна значно покращити через застосування ансамблю мішеней, що під час докінгу відтворює конформаційні флуктуації карману сайту. Тестовий скринінг із використанням зазначеного методу дозволив ідентифікувати 89 з 394 сполук саме із сайтом міждоменної щілини. Додатково, належність зазначених сполук до алостеричних ефекторів FtsZ була підтверджена на підставі подібності до контрольних фармакофорів і експериментальних структур RCSB Protein Data Bank.

## IDENTIFICATION OF NOVEL CYTOKININS BY MOLECULAR DOCKING

Pushkarova N.<sup>1,2</sup>, Hanelova J.<sup>3</sup>, Marques S.M.<sup>3,4</sup>, Bednar D.<sup>3,4</sup>, Paruch K.<sup>4,5</sup>, Akavaram N.<sup>5</sup>, Spichal L.<sup>6</sup>, Damborsky J.<sup>3,4</sup>, Yemets A.<sup>2</sup> and Hejatko J.<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup>*CEITEC - Central European Institute of Technology, Masaryk University, c. Brno, Czech Republic,*

<sup>2</sup>*Institute of Food Biotechnology and Genomics, Natl. Acad. Sci. Ukraine, c. Kyiv, Ukraine,*

<sup>3</sup>*Loschmidt Laboratories, Department of Experimental Biology and RECETOX, Faculty of Science, Masaryk University,*

<sup>4</sup>*International Clinical Research Center, St. Anne's University Hospital Brno,*

<sup>5</sup>*Department of Chemistry, Faculty of Science, Masaryk University,*

<sup>6</sup>*Czech Advanced Technology and Research Institute (CATRIN), Palacký University Olomouc, Czech Republic,*

<sup>7</sup>*National Centre for Biomolecular Research, Faculty of Science, Masaryk University*

e-mail: [pushkarovano@gmail.com](mailto:pushkarovano@gmail.com)

Cytokinins (CKs) are phytohormones that regulate diverse aspects of plants growth and development. In *Arabidopsis thaliana*, CKs bind to the extracellular CHASE (cyclases/histidine kinases associated sensory extracellular domain) domain of sensory histidine kinases (AHK2, AHK3 and AHK4) activating multistep phosphorelay (MSP) signaling with the primary response genes regulating CK-dependent plant responses (Hwang, Sheen and Muller 2012). Based on the known structure of CK-binding AHK4 CHASE domain (Hothorn, Dabi and Chory 2011), the in silico screen was performed to search for the ligands that could bind and control the activity of CK receptors leading to either CK-like or anti CK effects upon exogenous plant treatment.

Four predicted compounds were assessed for their affinity to CK receptors using a competition binding assay with radioactively labelled naturally occurring CK *trans*-Zeatin (Romanov et al., 2005). To discriminate between agonistic or antagonistic mode of binding, a reporter system wherein CK receptor activation induces  $\beta$ -galactosidase expression in *Escherichia coli* was used (Suzuki et al. 2001). Root elongation of *Arabidopsis* seedlings and chlorophyll dynamics during the initial stages of de-etiolation were examined upon treatment with the predicted ligands. Additionally, transgenic *Arabidopsis* line carrying *TCSn::GFP*, a CK-responsive synthetic reporter (Muller and Sheen 2008), were used to evaluate transcriptional activation of CK signaling in a response to exogenous treatment with the predicted ligands.

Two ligands (MU2239 and MU2240) showed affinity to AHK3 and AHK4 receptors and activated them in a dose-dependent manner. A weak activation of AHK4 was also noted with application of ligand MU2238. The observed root growth inhibition as well as chlorophyll kinetics pattern in seedlings during first four hours of de-etiolation suggests CK-like effect of ligands MU2239 and MU2240. In line with that, exogenous treatment with MU2239 and MU2240 ligands resulted into activation of CK-responsive *TCSn::GFP* reporter line. Based on that, we conclude CK-like nature of predicted ligands MU2239 and MU2240, providing evidence for successful employment of virtual screening for molecular docking to gain new phytohormones with promising potential in agriculture applications.

*This project has received funding through the MSCA4Ukraine project, which is funded by the European Union. This work was supported from European Regional Development Fund-Project „SINGING PLANT“ (No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_026/0008446).*

### References:

1. Hothorn M, Dabi T, Chory J. Structural basis for cytokinin recognition by *Arabidopsis thaliana* histidine kinase 4. *Nat. Chem. Biol.* 2011;7:766-768.
2. Hwang I, Sheen J, Muller B. Cytokinin signaling networks. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2012;63:353-380.
3. Muller B, Sheen J. Cytokinin and auxin interaction in root stem-cell specification during early embryogenesis. *Nature.* 2008;453:1094-1097.
4. Suzuki T, Miwa K, Ishikawa K, Yamada H, Aiba H, Mizuno T. The *Arabidopsis* sensor Histidine kinase, AHk4, can respond to cytokinins. *Plant Cell Physiol.* 2001;42:107-113.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛІГАНД-БІЛКОВИХ ВЗАЄМОДІЙ ГІСТОНДЕАЦЕТИЛАЗ КЛАСУ ІІВ РІЗНОГО ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Стихилияс М. М.<sup>1</sup>, Дзьобак А. В.<sup>2</sup>, Раєвський О. В.<sup>1</sup>, Блюм Я. Б.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Навчально-науковий інститут високих технологій КНУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна,

e-mail: [stihilia@gmail.com](mailto:stihilia@gmail.com)

Ацетилювання тубуліну стабілізує мікротрубочки та відіграє важливу роль в поділі клітин. Відомо, що за деацетилювання тубуліну у *Homo sapiens* відповідальна HDAC6, яка відноситься до класу ІІв. Також відомо, що до цього ж класу гістондеацетилаз людини відноситься HDAC10. Наявні дані свідчать, що вона, на відміну від HDAC6, не бере участь у деацетилюванні тубуліну (Park et al., 2020). Серед рослинних гомологів цього класу гістондеацетилаз за деацетилювання тубуліну у *Arabidopsis thaliana* відповідальна HDA14 (Tran et al., 2012). На сьогоднішній день не встановлено, яка саме гістондеацетилаза бере участь у деацетилюванні тубуліну у *Oryza sativa*. Тому вивчення цього питання для поглибленого розуміння процесів ацетилювання та деацетилювання тубуліну є актуальною задачею.

За допомогою філогенетичного аналізу було встановлено, що найближчими ортологами гістондеацетилаз класу ІІв людини є HDA14 *A. thaliana* та HDAC10 *O. sativa*. За результатами докінгу було встановлено, що за формування ключових взаємодій з лігандами відповідальні наступні амінокислотні залишки: Gly143, Phe144, Trp203, Glu272 (HDAC10 *H. sapiens*); Asp497, His500, Ser568, His651, Tyr782 (HDAC6 *H. sapiens*); His222, His261, Thr290, Glu387 (HDAC10 *O. sativa*); His80, Pro154, Tyr156, Phe211 (HDA14 *A. thaliana*). Було виявлено, що найбільше перетинаються вибірки до HDAC6 та HDAC10 *H. sapiens*, і HDA14 *A. thaliana* та HDAC10 *O. sativa*. При цьому хіти і до HDA14 *A. thaliana*, і до HDAC10 *O. sativa* мають вищі коефіцієнти схожості з хітами до HDAC6, ніж до HDAC10 *H. sapiens*. Відомо, що заміна певних амінокислотних залишків HDAC6 людини унеможливує нормальне деацетилювання  $\alpha$ -тубуліну за рахунок порушень розпізнавання субстрату (Miyake et al., 2016). За допомогою мультиструктурного аналізу було показано, що в HDAC10 присутня точкова варіація A531, яка відповідає S531 HDAC6. Це призводить до заміни гідрофобного аланіну на гідрофільний серин. В рослинних послідовностях, при використанні множинного структурного вирівнювання, амінокислотам W459, D460, N530, S531 HDAC6 людини відповідають N76, K77, T172, S173 відповідно. Важливо зазначити, що дані амінокислотні залишки характеризуються подібними властивостями, а саме: W459 та K77 є амфіфільними амінокислотами, N76 та D460 – гідрофільними, N530 та T172, і S531 та S173 – гідрофільними. Аналіз хімічного простору показав більш чітку кластеризацію для хітів до гістондеацетилаз людини, у порівнянні з рослинними. Також спостерігається дещо більша подібність між сполуками до рослинних гістондеацетилаз та HDAC6 людини, порівняно з HDAC10 людини.

Таким чином, отримані результати можуть вказувати на більшу спорідненість HDA14 *A. thaliana* та HDAC10 *O. sativa* до HDAC6, на відміну від HDAC10 *H. sapiens*. Це в свою чергу дає змогу припустити, що HDAC10 може бути відповідальною за деацетилювання тубуліну у *O. sativa*. Проте дане припущення ще потребує подальшої перевірки.

### Література:

1. Miyake Y, Keusch JJ, Wang L, et al. Structural insights into HDAC6 tubulin deacetylation and its selective inhibition. *Nat. Chem. Biol.* 2016;12(9):748-754.
2. Park SY, Kim JS. A short guide to histone deacetylases including recent progress on class II enzymes. *Exp. Mol. Med.* 2020;52(2):204-212.
3. Tran HT, Nimick M, Uhrig RG, et al. *Arabidopsis thaliana* histone deacetylase 14 (HDA14) is an  $\alpha$ -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.

## РАСОВИЙ СКЛАД ОСЕРЕДКІВ ПАРАЗИТУ *OROBANCHE CUMANA* В ПОСІВАХ СОНЯШНИКУ В ЛІСОСТЕПУ КРАЇНИ

Хаблак С.Г., Спичак В.М.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна,  
e-mail: [sergeyhab211981@gmail.com](mailto:sergeyhab211981@gmail.com)

Паразитний бур'ян *Orobanche cumana* є обов'язковою та нефотосинтетичною кореневою паразитичною рослиною соняшнику (*Helianthus annuus* L.), яка становить значну загрозу в Європі, особливо в Україні і країнах навколо Чорного моря та в Іспанії (Louarn et al., 2016).

Останніми роками в Степу України спостерігається ураження вовчком гібридів соняшнику, що мають стійкість до рас E, F і G. З північного Степу України ураження вовчком активно переміщується до центральних, північних і західних регіонів країни. Це обумовлено появою на цих територіях нових осередків і рас паразиту. Нині проблема шкідливості вовчка має світове значення. Дослідження ареалу поширення паразита, визначення його расового складу та розробка заходів з обмеження шкідливості вовчка є необхідними вимогами для стабілізації та підвищення врожайності соняшнику і вивчення клітинних та молекулярних механізмів стійкості культури до патогена.

Різноманітність стратегій, що включають захисну відповідь соняшнику на ранніх стадіях життєвого циклу паразита, були описані в ряді досліджень, а саме: лігніфікація та субаризація клітинних стінок господаря; накопичення калози, пероксидаз і H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в корі та зшивання білків у клітинних стінках; активність фенілаланін-амоніази (phenylalanine ammonia lyase - PAL) і високі концентрації фенольних сполук у коренях господаря; і дегенерацію зараження після встановлення зв'язку господарь-патоген (Yang et al., 2017). Проте, немає цілісної картини залучення компонентів клітини у механізмах імунітету до паразиту *Orobanche cumana* Wallr. Розуміння цього питання і екстраполяція цих даних на інші культури дозволить поглибити теорію імунітету рослин до патогенів, краще зрозуміти участь клітинної стінки у захисних реакціях клітини проти патогенних організмів, вивчити механізми стійкості, пов'язаних із клітинною стінкою, і зрозуміти, чому ці механізми не спрацьовують при зустрічі з деякими хвороботворними мікроорганізмами і вірусами, що має фундаментальне значення для селекції і захисту рослин.

Вивчення осередків і расового складу вовчка на посівах соняшнику в умовах Лісостепу України показало, що популяція вовчка має високу ступінь вірулентності, що долає імунітет кращих гібридів вітчизняної та іноземної селекції, стійких до E, F і G рас даного паразита і розширює свій ареал із Степу на Лісостеп і далі на Полісся. Поява нових дуже агресивних рас вовчка (E, F і G) свідчить про важливу необхідність вирішення завдання зі створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита, а також залучення еліситорів у захист клітини від широкого спектра грибкових, бактеріальних, вірусних захворювань і квіткового паразита вовчка.

### Література

1. Louarn J, Boniface M-C, Pouilly N, Velasco L, Pérez-Vich B, Vincourt P, Muñoz, S. Sunflower resistance to broomrape (*Orobanche cumana*) is controlled by specific QTLs for different parasitism stages. *Front. Plant Sci.* 2016;7:590.
2. Yang C, Xu L, Zhang N, Islam F, Song W, Hu L, Liu D, Xie X, Zhou W. iTRAQ-based proteomics of sunflower cultivars differing in resistance to parasitic weed *Orobanche cumana*. *Proteomics.* 2017:17.



## DEVELOPMENT OF AUTOPHAGY ON SIMULATED MICROGRAVITY IN PLANTS AND THE ROLE OF MICROTUBULES IN THIS PROCESS

Shadrina R., Arslan S., Yemets A.

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

*e-mail: [ruslanashadrina@gmail.com](mailto:ruslanashadrina@gmail.com)*

It is well known that microgravity is a stress factor that negatively affects the morphology and growth of plants. Previous studies have revealed significant deviations in the growth and development of *Arabidopsis* under microgravity conditions (Kamal et al., 2018; Karahara et al., 2020). As a result of evolution, plants have developed numerous adaptation mechanisms to various biotic and abiotic stress stimuli. One of these mechanisms is associated with the degradation and disposal of damaged proteins and organelles that can be produced in plant cells. This intracellular catabolic process is called autophagy. It is involved in the control of cell homeostasis and modulates plant response and adaptation to various stresses. During the development of autophagy, the formation and movement of autophagosomes occurs, the mobility of which is associated with the dynamics of microtubules (MTs). The development and role of autophagy in response to microgravity, as well as the participation of microtubules in this process in plants, have not previously been studied.

In our study, the influence of simulated microgravity on the growth and development of plants was investigated on the 6<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup>, and 12<sup>th</sup> days of clinostating of *Arabidopsis thaliana* seedlings (Yemets et al., 2024). Using two different GFP-expressing *A. thaliana* lines (GFP-ATG8 and GFP-MAP4), laser scanning confocal microscopy and gene expression analysis of  $\alpha$ -tubulin (*AtTUA*),  $\beta$ -tubulin (*AtTUB*) and *ATG8* genes, it has been established that a pronounced stress response of plants caused by simulated microgravity is observed on days 6 and 9. It was revealed that morphological changes found in plants are directly related to changes in the organization and dynamics of MTs on the 6<sup>th</sup> day; however, after 9 and 12 days of simulated microgravity no dramatic disturbances of MTs were found. The data obtained using LysoTracker™ Red and *A. thaliana* transgenic line (GFP-ATG8a) showed induction of autophagy and maximum level of autophagosome formation in root cells after 6 days, followed by a gradual decrease of autophagosome number on 9<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> days in experimental conditions. To establish possible links between the development of autophagy and the involvement of MTs in simulated microgravity response, we analysed the patterns of co-expression of all *AtATG8*, *AtTUA* and *AtTUB* genes during this process. It was found that the most pronounced increase of expression in response to simulated microgravity was observed for *AtATG8b*, *AtATG8f*, and *AtTUA2*, *AtTUA3*, as well as *AtTUB2*, *AtTUB3* genes. Overall, the main responses to stress were established after 6 and 9 days of exposure to microgravity, while after 12 days, an adaptive response of plants to microgravity-induced stress was observed (Yemets et al., 2024). Thus, the identification of key genes responsible for the interaction of MTs with autophagosomes at the initial stages of the development of autophagy induced by simulated microgravity allows us to better understand the processes of plant adaptation when grown in extreme conditions, in particular in outer space.

### References:

1. Kamal K.Y., Herranz R., van Loon J.J.W.A., Medina F.J. Simulated microgravity, Mars gravity, and 2g hypergravity affect cell cycle regulation, ribosome biogenesis, and epigenetics in *Arabidopsis* cell cultures. *Sci Rep.* 2018;8(1):6424.
2. Karahara I., Suto T., Yamaguchi T., Yashiro U., et al. Vegetative and reproductive growth of *Arabidopsis* under microgravity conditions in space. *J. Plant Res.* 2020;133(4):571-585.
3. Yemets A., Shadrina R., Blume R., Plokhovska S., Blume Ya. Autophagy formation, microtubule disorientation, and alteration of ATG8 and tubulin gene expression under simulated microgravity in *Arabidopsis thaliana*. *npj Microgravity.* 2024;10(1):31.

ЕВОЛЮЦІЯ ТА ДИВЕРГЕНЦІЯ ГЕНІВ  $\alpha$ - ТА  $\beta$ -ТУБУЛІНУ У ГЕНОМІ *Arabidopsis thaliana*

Блюм Р.Я., Ємець А.І., Пірко Я.В.

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

e-mail: [blume.rostislav@gmail.com](mailto:blume.rostislav@gmail.com)

Тубуліни вважаються одними з найбільш консервативних білків еукаріот, а у рослин вони також представлені декількома підродинами генів (Breviario et al., 2013). У квіткових рослин наявні представники трьох підродин тубулінів:  $\alpha$ ,  $\beta$  та  $\gamma$  (Findeisen et al., 2014). Переважна більшість тубулінів представлені  $\alpha$ - та  $\beta$ -тубулінами – двома найбільш типовими білками з даної родини (Oakley et al., 2007). Недостатнє вивчення еволюційного контексту варіації їхньої копійності у різних видів значною мірою звужує розуміння причин виникнення такої широкої панелі цих генів. Ізотипове різноманіття генів тубуліну загальновідомого диплоїдного модельного організму *Arabidopsis thaliana* є добре вивченими (Breviario, 2013), однак виникнення такого різноманіття залишається майже невідомим.

В ході дослідження було проаналізовано еволюційну історію дивергенції всіх генів  $\alpha$ - і  $\beta$ -тубуліну, щоб пояснити їхню різноманітність і походження. Дослідження було проведено за методикою, описаною нами раніше, котра включала аналіз внутрішньогеномної синтениї *A. thaliana*, а також міжгеномної синтениї з *Theobroma cacao* та *Vitis vinifera*, котрі не зазнали згаданих подій повногеномної дуплікації  $\alpha$ - та  $\beta$ -WGD (Yemets et al., 2023). Появу даних ортологічних пар генів було датовано спираючись на дані щодо подій дивергенції локусів різних генів у *A. thaliana* (Wang et al., 2013).

Результати аналізу міжхромосомної синтениї геному *A. thaliana* дозволили виявити, що пари генів  $\beta$ -тубуліну *AtTUB1-AtTUB5* та *AtTUB4-AtTUB9* є палеоонтологами та виникли в результаті  $\alpha$ -WGD події (WGD – whole genome duplication – подія повногеномної дуплікації). *AtTUB2* та *AtTUB3*, так само як і *AtTUA3* та *AtTUA5* є паралогами, котрі виникли в результаті локальної дуплікації в даному локусі. *AtTUB7* був єдиним геном тубуліну, дуплікатів якого не було виявлено у геномі *A. thaliana*. Варто також зазначити, що *AtTUB6* є транспонованим, або переміщеним (transposed duplicate) дуплікатом (паралогом) гена *AtTUB8*. Отримані результати свідчать на користь того, що гени *AtTUA4*, *AtTUA6* (від *AtTUA2*) та *AtTUA1* (*AtTUA3*) найвірогідніше виникли в результаті серії незалежних дуплікацій окремих генів *AtTUA2* та *AtTUA3*, відповідно, а не шляхом дуплікації певного геномного регіону, оскільки паралогічні гени не мають подібного геномного оточення та не були розпізнані як частини певного синтенозного блоку. Описані висновки для  $\alpha$ - та  $\beta$ -тубулінів також були підтверджені результатами міжгеномної синтениї, виконаної для пар геномів *A. thaliana*–*T. cacao* та *A. thaliana*–*V. vinifera*. Слід відзначити, що поглиблене розуміння походження різних ізотипів  $\alpha$ - та  $\beta$ -тубулінів *A. thaliana* є важливим кроком на шляху встановлення функціональної ролі кожного з ізотипів тубуліну у цього та інших споріднених видів.

**Література:**

1. Breviario D, Giani S, Morello L. Multiple tubulins: evolutionary aspects and biological implications. *Plant J.* 2013;75:202-218.
2. Findeisen P, Muhlhausen S, Dempewolf S, Hertzog J, Zietlow A, Carlomagno T, Kollmar M. Six subgroups and extensive recent duplications characterize the evolution of the eukaryotic tubulin protein family. *Genome Biol. Evol.* 2014;6(9):2274–2288.
3. Oakley RV, Wang YS, Ramakrishna W, Harding SA, Tsai CJ. Differential expansion and expression of alpha- and beta-tubulin gene families in *Populus*. *Plant Physiol.* 2007;145:961-973.
4. Wang Y, Tan X, Paterson AH. Different patterns of gene structure divergence following gene duplication in *Arabidopsis*. *BMC Genomics.* 2013;14:652.
5. Yemets A, Shadrina R, Blume R, Plokhovska S, Blume Y. Autophagy formation, microtubule disorientation, and alteration of ATG8 and tubulin gene expression under simulated microgravity in *Arabidopsis thaliana*. *Microgravity.* 2024;10:31.

## ГЕНОТИПУВАННЯ ДЕЯКИХ ВИДІВ ЗЛАКОВИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЛР-МАРКЕРІВ

Гординський С.О., Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Постовойтова А.С., Рабокоть А.М., Пірко Я.В.  
ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [serhiy\\_hordinskiy@ukr.net](mailto:serhiy_hordinskiy@ukr.net)

Пшениця, переважно *Triticum aestivum* L., у 2020-2021 роках – друга за популярністю у світі після кукурудзи зернова культура з обсягом виробництва 760 мільйонів тон зерна (Dinu M. et al., 2018). Донором геному D пшениці є *Aegilops tauschii*, який має високу стійкість до хвороб та стресів. Маркери, що базуються на вивченні поліморфізму довжини інтронів (Intron Length Polymorphism - ІЛР), використовуються як надійні кодомінантні маркери у рослин. Значущість інтронів як джерела молекулярних маркерів для генетичних досліджень зумовлює потребу розробки ІЛР-маркерів для аналізу злаків, зокрема *A. tauschii*.

Було розроблено 8 ІЛР-маркерів для *A. tauschii* та за їх використання проаналізовано 21 генотип представників різних видів *Aegilops*, 10 зразків *T. aestivum*, 10 генотипів *T. durum*. Також для порівняння було використано розроблені раніше молекулярні маркери, котрі дозволяють оцінювати поліморфізм довжини інтронів генів  $\beta$ -тубуліну (ТВР- та сТВР-маркери) (Bardini et al., 2004, Braglia et al., 2010). Виділення ДНК, ІЛР та розділення продуктів ампліфікації проводили згідно методик, описаних нами раніше (Гординський et al., 2022).

За результатами аналізу з вивокристанням шести ІЛР-маркерів зразки пшениці вдалося диференціювати відповідно до їх видової приналежності. Також три з шести ІЛР-маркерів дозволили диференціювати різні сорти *T. aestivum* і *T. durum*. За ТВР та сТВР молекулярними профілями зразки пшениці вдається розрізнити як за видами, так і за сортами. Найбільш поліморфним для представників *Aegilops* виявився ІЛР-маркер, котрий був специфічним до інтрону гена серин/треонін протеїнкази, а найбільшу варіабельність даної цільової ділянки спостерігали для зразків *A. speltooides*. Варто також зазначити, що проведений кластерний аналіз, котрий спирався на дані здійсненого генотипування, дозволив розрізнити ряд зразків за їх видовою приналежністю, а генотипи *A. searsii* відокремилися в окрему групу з бутстреп-підтримкою 99%. Зважаючи на отримані результати, можна зробити висновок про значний потенціал і ефективність використання розроблених ІЛР-маркерів для диференціації видів роду *Aegilops* та деяких сортів твердої та м'якої пшениці.

Дослідження проведені в рамках проекту для дослідницьких груп молодих вчених НАН України «Баркодинг ДНК на основі генів тубулінів: автентифікація видів пшениці та споріднених зернових культур у харчових продуктах» (2024-25 рр.) (Державний реєстраційний № 0124U002378).

### Література:

1. Dinu M, Whittaker A, Pagliai G, Benedettelli S, Sofi, F. Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. The Journal of nutritional biochemistry. 2018; 52:1-9.
2. Bardini M, Lee D, Donini P, Mariani A, Giani S, Toschi M, Lowe C, Breviario D. Tubulin-based polymorphism (TBP): a new tool, based on functionally relevant sequences, to assess genetic diversity in plant species. Genome. 2004; 47(2): 281–291.
3. Braglia LB, Manca AM, Mastromauro FM, Breviario D. сТВР: successful intron length polymorphism (ІЛР)-based genotyping method targeted to well defined experimental needs. Diversity. 2010; 2(4): 572–585.
4. Гординський СО, Постовойтова АС, Рабокоть АМ, Пірко ЯВ, Блюм ЯБ. Розроблення ІЛР-маркерів для *Aegilops tauschii* та застосування їх у молекулярно-генетичному аналізі. Фактори експериментальної еволюції організмів 2022;30:19-23.

## МІКРОСАТЕЛІТНИЙ АНАЛІЗ СОРТІВ ФУНДУКА (*CORYLUS* spp.) СЕЛЕКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «СОФІЇВКА»

Міщенко А.М., Андрєєв І.О.

Інститут молекулярної біології та генетики НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [mishchenkoandrii9@gmail.com](mailto:mishchenkoandrii9@gmail.com)

Культивовані форми ліщини (*Corylus* spp.) родини *Betulaceae* Gray. під назвою фундук вирощуються як джерело горіхів, деревини та елементів декору. Паспортизація сортів фундука має вирішальне значення для селекційної роботи, оскільки дає змогу охарактеризувати і верифікувати геномний склад гібридних особин і спрямувати подальшу роботу селекціонера. Для ідентифікації сортів в усьому світі широко використовуються SSR-маркери завдяки їх високій інформативності та відтворюваності.

У нашому дослідженні для ідентифікації українських сортів фундука було вперше використано розроблену раніше систему SSR-маркерів (Akin et al., 2016). Дана маркерна система була успішно застосована для ідентифікації сортів та гібридів ліщини з колекції Орегонського університету, США.

Аналіз ПЛР-спектрів 9 SSR-маркерів дав змогу охарактеризувати алельний склад сортів, створених у Національному дендрологічному парку «Софіївка» (Косенко та ін., 2023). Виявлено суттєві відмінності в діапазоні розмірів алелей досліджених мікросателітних локусів порівняно із сортами фундука різного походження з колекції Орегонського університету (Akin et al., 2016). Отримані результати свідчать про придатність використаних мікросателітних маркерів для аналізу сортів фундука української селекції.

### Література:

1. Akin M, Nyberg A, Postman J, Mehlenbacher S, Bassil N V. A multiplexed microsatellite fingerprinting set for hazelnut cultivar identification. *Eur. J. Hortic. Sci.* 2016;81(6):327–338.
2. Косенко ІС, Опалко АІ, Балабак ОА, Грабовий ВМ, Опалко ОА. Результати селекції фундука (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) на антропоадаптованість. *Факт. Експ. Евол. Орг.* 2023;33:36–41.

## ОСОБЛИВОСТІ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНОЇ МІНЛИВОСТІ *DESCHAMPSIA ANTARCTICA* З МОРСЬКОЇ АНТАРКТИКИ

Навроцька Д.О., Бублик О.М., Андрєєв І.О., Кунах В.А.  
Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [navrotska.daria@gmail.com](mailto:navrotska.daria@gmail.com)

Рослинність прибережного регіону Антарктичного півострова, що представлена двома видами судинних (*Deschampsia antarctica* E. Desv. та *Colobanthus quitensis* Kunth. Bartl.) і близько 300 видами нижчих рослин (Chwedorzewska, Bednarek, 2011; Загричук та ін. 2011/2012; Parnikoza et al., 2011), викликає особливий інтерес для вивчення на фізіологічному, біохімічному, та молекулярно-біологічному рівнях. Ці рослини змогли вижити і пристосувались до існування в несприятливих екстремальних умовах, які характеризуються постійними коливаннями середньодобової температури, надмірною засоленістю середовища, зміною доступності вологи, а також впливом ультрафіолетового опромінення. Тому дослідження *D. antarctica*, єдиного виду злакових, що населяє морську Антарктику, має важливе значення для розуміння молекулярно-генетичних основ реакції рослин на абіотичний стрес різного роду.

Серед досліджених рослин *D. antarctica* з острівних популяцій морської Антарктики, разом з диплоїдами (26 хромосом у каріотипі) було виявлено атипові хромосомні форми, а саме гіпотриплоїд і рослини з В-хромосомами. FISH-аналіз виявив відмінності в кількості локусів 5S і 35S рДНК між особинами, що належали до різних хромосомних форм (Navrotska et al. 2018). Водночас, молекулярно-генетичний аналіз з використанням ISSR- та IRAP-ПЛП показав, що генетичні відстані між рослинами з різним числом хромосом не перевищують такі між диплоїдами (Navrotska et al. 2017).

В ході вивчення сигнальних шляхів відповіді на абіотичний стрес у *D. antarctica* ми провели біоінформатичний аналіз транскрипційних факторів підродиною CBF/DREB, *C-repeat binding factor/dehydration responsive element-binding proteins*. Були вперше передбачені і охарактеризовані гени *DREB2A* та *DREB2B* та їхні білкові продукти у *D. antarctica* (Бублик та ін., 2016; Bublik et al., 2022). Для гена *DREB2B* в одному із альтернативних транскриптів, який утворюється внаслідок сплайсингу за відсутності стресу і у більшості інших злаків кодує лише неактивний вкорочений білок, виявлено додаткову відкриту рамку зчитування, з якої може транслюватися функціонально активний білок. Ця особливість гена *DaDREB2B* потенційно може забезпечувати постійну експресію захисних генів, які регулює цей ТФ, а отже, і підвищену стресостійкість виду (Бублик та ін., 2016). Також було передбачено і описано 17 ТФ із груп CBF/DREB1 та DREB4 (Bublik et al., 2016). Детально охарактеризовано повний склад генів стрес-індукованих ТФ із групи ICE, *inducer of CBF expression*, які активують експресію ТФ CBF (Bublik et al., 2023).

Причини каріотипової гетерогенності *D. antarctica* у поєднанні з відносно низькою молекулярно-генетичною мінливістю на краю південного ареалу виду все ще залишаються невизначеними. Ми припускаємо, що поява таких рослин може бути проявом початкових етапів мікроеволюції в маргінальних популяціях. Відомо, що генетичні зміни в поєднанні з перебудовою каріотипу дозволяють деяким особинам виживати в несприятливих умовах довкілля з утворенням нових форм або навіть нового виду. Разом з тим, подальші детальні дослідження генів стрес-індукованих ТФ з родини DREB та інших дозволять краще зрозуміти механізми відповіді на абіотичний стрес як у *D. antarctica*, так і у інших видів злаків загалом.

### Література:

1. Бублик ОМ, Андрєєв ІО, Кунах ВА. Ідентифікація та аналіз *in silico* генів стрес-індукованих транскрипційних факторів DREB2 у *Deschampsia antarctica* Desv. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2016;19:202–7.
2. Загричук ОМ, Дробик НМ, Козерецька ІА, Парнікоза ІЮ, Кунах ВА. Введення в культуру *in vitro* *Deschampsia antarctica* Desv. (Poaceae) з двох районів Прибережної Антарктики. Український антарктичний журнал. 2011/2012;10–11:289–95.

3. Bublyk O.M., Andreev I.O., Kunakh V.A. Bioinformatic prediction of genes of cold-induced transcription factors CBF/DREB1 and DREB4 in *Deschampsia antarctica* Desv. Ukrainian Antarctic Journal. 2016;15:81–95.
4. Bublyk OM, Andreev IO, Kunakh VA. Comparative analysis of promoters of DREB2B transcription factor genes in *Deschampsia antarctica* and other grasses. Cytology and Genetics. 2022;56(5):399–409.
5. Bublyk OM, Andreev IO, Kunakh VA. Prediction and analysis of stress-inducible ICE transcription factors in *Deschampsia antarctica*. Biopolymers & Cell. 2023;39(2):110.
6. Chwedorzewska KJ, Bednarek PT. Genetic and epigenetic studies on populations of *Deschampsia antarctica* Desv. from contrasting environments on King George Island. Polish Polar Research. 2011;32(1):15–26.
7. Navrotska DO, Andreev IO, Parnikoza IYu, Spiridonova KV, Poronnik OO, Miryuta NYu, Myryuta GYu, Zahrychuk OM, Drobyk NM, Kunakh VA. Comprehensive characterization of cultivated in vitro plants with different chromosome numbers. Cytology and Genetics. 2017; 51(6):422–31.
8. Navrotska DO, Andreev IO, Betekhtin AA, Rojek M, Parnikoza IYu, Myryuta GYu, Poronnik OO, Miryuta NYu, Szymanowska-Pulka J, Grakhov V, Ivannikov R, Hasterok R, Kunakh VA. Assessment of the molecular cytogenetic, morphometric and biochemical parameters of *Deschampsia antarctica* from its southern range limit in maritime Antarctic. Pol. Polar Res. 2018; 39(4):525–48.
9. Parnikoza IYu, Kozeretska IA, Kunakh VA. Vascular plants of the Maritime Antarctic: origin and adaptation. American Journal of Plant Sciences. 2011;2(3):381–95.

## ВЕРИФІКАЦІЯ МАРКЕРІВ ДО ГЕНА *Sr39* НА СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

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

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

e-mail: [rabokonnastya@gmail.com](mailto:rabokonnastya@gmail.com)

Пшениця є однією з найважливіших культурних рослин у світі та відіграє визначальну роль у забезпеченні харчової безпеки багатьох країн, в тому числі і України. Проте, загроза широкого поширення хвороб та шкідників постійно створюють тиск на врожайність і якість пшениці. Одними з найбільш небезпечних хвороб пшениці вважаються хвороби, спричинені грибами, зокрема стеблова іржа. Створення матеріалу озимої пшениці із впровадженням ефективних генів стійкості до стеблової іржі є вкрай важливим для зменшення загрози виникнення епіфітотій стеблової іржі. Для цього залишається актуальною розробка ефективних маркерів для виявлення стійких генотипів на ранніх стадіях розвитку рослин. Відомо, що ген *Sr39* забезпечує стійкість до всіх наразі відомих рас стеблової іржі, включно з Ug99 (Jin Y et al., 2007). Тому метою дослідження були валідація та оцінка ефективності молекулярних маркерів для гена *Sr39*, запропонованих раніше різними авторами (Bernardo AN et al., 2013): *Sr39#50*, *Sr39#22*, *BSD260*, *BE500705*, *Xmag2090*, *Xmag464*, *Xcn1158*, *Wmc25*, *Xwmc344*. Як рослинний матеріал використовували сорти-дворучки "Хуторянка", "Соломія", "Афіна" та стійкі канадські лінії *RL6089*, *35H2-3*, *DK20*, *RL5711*, *DH31*. Окремо для кожного ДНК-маркера були підібрані температурні режими проведення ПЛР із визначенням оптимальної температури та часу гібридизації праймерів. Найбільш інформативними виявилися маркери *Sr39#50*, *Sr39#22* та *BSD260*. При цьому наявність алеля стійкості гена *Sr39* підтверджено у лінії *RL5711*, у якій виявлено амплікони, що відповідають гену стійкості *Sr39*, зокрема 310 п.н., 800 п.н та 931 п.н. відповідно. Такі ж амплікони було виявлено у зразка *RL6089* з *Sr40*. У зразка *35H2-3* ген стійкості *Sr39* виявлено лише за маркером *Sr39#22*. Зразок *RL6089* виступав як контроль наявності гена *Sr40*, а тому отримані дані свідчать, що маркери *Sr39#50* та *Sr39#22* у деяких випадках можуть бути ефективними для детектування не лише гена *Sr39*, а й гена *Sr40*. Серед протестованих SSR-маркерів поліморфізм спостерігався при використанні *Xmag2090* та *Wmc25*. Однак, спираючись на аналіз отриманих результатів для контрольних зразків, подальше використання цих маркерів можливе лише у поєднанні з іншими ДНК-маркерами, оскільки вони не дозволяють однозначно диференціювати генотипи, у яких присутній або відсутній даний ген стійкості. Крім того, було виявлено, що маркер *Xwmc344* також може виявляти ген *Sr39*.

Таким чином, на підставі отриманих даних можлива подальша ідентифікація стійких генотипів серед ліній пшениці, а отже результати будуть використані під час селекційної роботи, що сприятиме підвищенню стійкості до стеблової іржі цієї важливої культури в Україні.

Робота виконана в рамках проекту 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, ДР№ 0123U102941).

**Література**  
Bernardo AN, Bowden RL, Rouse MN et al. Validation of Molecular markers for new stem rust resistance genes in u.s. hard winter wheat. *Crop Sci.* 2013;53(3):755–764.

2. Jin Y, Singh RP, Ward RW et al. Characterization of Seedling infection types and adult plant infection responses of monogenic *SR* gene lines to race TTKS of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. *Plant Dis.* 2007;91(9):1096–1099.

## БАРКОДИНГ ЗРАЗКІВ *CAMELINA MICROCARPA* ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНАТОРНОЇ ОЦІНКИ ПОЛІМОРФІЗМУ ДОВЖИНИ ІНТРОНІВ ТУБУЛІНУ (сТВР)

Сахарова В.Г., Блюм Р.Я., Рабокоть А.М., Пірко Я.В., Блюм Я.Б.

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

e-mail: [vl\\_saharova@ukr.net](mailto:vl_saharova@ukr.net)

Оскільки з великою імовірністю *Camelina microcarpa* Andr. ex DC. є безпосереднім диким предком рижю посівного (*C. sativa*), цей висновок є важливим для визначення еволюційних зв'язків та походження культурних видів роду *Camelina* (Blume et al., 2023; Brock et al., 2018). За результатами ряду досліджень виявлено два різні цитотипи *C. microcarpa*:  $2n=40$  (тип 1) та  $2n=38$  (тип 2). Слід зазначити, що цитотип  $2n=40$  має спільні три субгеноми з *C. sativa* ( $N^6N^7N^7$ ), а цитотип  $2n=38$  має лише два спільні ( $N^6$  та  $N^7$ ) з трьох субгеномів (Chaudhary et al., 2020). Представники обох типів *C. microcarpa* зустрічаються лише в Україні та на Кавказі (східній Туреччині, Грузії та Вірменії) (Chaudhary et al., 2020). Зважаючи на згадане вище, метою нашої роботи було проаналізувати за допомогою методу комбінаторної оцінки поліморфізму довжини інтронів тубуліну (combinatorial Tubulin-Based Polymorphism, сТВР) зразки *C. microcarpa*, зібрані в Україні, та порівняти зі зразками, котрі походять з Грузії, Угорщини, Польщі, Німеччини, Іспанії та США, які, імовірно, можуть характеризуватись різним хромосомним числом та, відповідно, різним набором підгеномів.

Враховуючи те, що раніше метод сТВР вже був успішно апробований для молекулярно-генетичної оцінки зразків виду *C. microcarpa* (Galasso et al., 2015), нами було проаналізовано 113 зразків цього виду, з яких 94 були отримані з гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, а ще 19 – з USDA National Plant Germplasm System (США). Виділення ДНК з гербарних зразків, ампліфікацію та електрофоретичний аналіз проводили за методиками, вже описаними нами раніше (Сахарова та ін., 2022).

В результаті проведених досліджень проаналізовані зразки були чітко розділені на 3 великі групи. Слід зазначити, що всі 11-ть зразків з Грузії, а також зразок зі штату Монтана (США), який морфологічно дуже відрізнявся від інших, характеризувались більшою кількістю ампліконів та, імовірно, належать до типу 1 *C. microcarpa* ( $2n=40$ ). В окрему групу виокремилися зразки з двома референтними тетраплоїдами (*C. intermedia*, пом. provis.,  $2n=26$ ), що дозволило ідентифікувати інші зразки з цієї ж групи як тетраплоїди. Один з них, зразок з Криму, був визначений як *C. rumelica*. Здійснений аналіз також дозволив виявити декілька зразків *C. rumelica* (помилково визначених як *C. microcarpa*), занесених на Північ України, поза ареал поширення даного виду. Така помилка могла статись тому, що видова приналежність відповідного гербарного матеріалу була встановлена лише спираючись на морфологічні характеристики. Найбільш численну групу склали всі інші зразки типу 2 *C. microcarpa* ( $2n=38$ ), які є найбільш поширеними на території України. Певної закономірності у розподілі зразків за місцем їх походження не спостерігалось, однак, в окремі підгрупи при кластерному аналізі виокремлювались зразки, зібрані в Луганській області та Києві.

Отже, за результатами проведеного дослідження було продемонстровано можливість диференціювання зразків *C. microcarpa* за допомогою методу сТВР відповідно до плоідності та особливостей набору підгеномів аналізованих зразків.

*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).*

### Література:

1. Blume R.Y., Kalendar R., Guo L., Cahoon E.B., Blume Y.B. Overcoming genetic paucity of *Camelina sativa*: possibilities for interspecific hybridization conditioned by the genus evolution pathway. *Front. Plant. Sci.*, 2023; 14:1259431.



2. Brock JR, Dönmez AA, Beilstein MA, Olsen KM. Phylogenetics of *Camelina* Crantz (Brassicaceae) and insights on the origin of gold-of-pleasure (*Camelina sativa*). *Mol. Phylogenetics Evol.* 2018; 127:834–842.
3. Chaudhary R, Koh CS, Kagale S, Tang L, Wu SW, Lv Z, Mason AS, Sharpe AG, Diederichsen A, Parkin AP. Assessing diversity in the *Camelina* genus provides insights into the genome structure of *Camelina sativa*. *G3.* 2020; 10:1297–308.
4. Galasso I, Manca A, Braglia L, Ponzoni E, Breviario D. Genomic fingerprinting of *Camelina* Species using сТВР as molecular marker. *Am. J. Plant Sci.* 2015; 6(8):1184–1200.
5. Сахарова ВГ, Блюм РЯ, Рабокoнь АМ, Пірко ЯВ, Мосякін СЛ, Блюм ЯБ. Порівняння методів виділення ДНК із гербарних зразків рижю дрібноплідного (*Camelina microcarpa* Andr. ex DC.). *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2022; 30:82-86.

## АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ГЕНА ПУРОІНДОЛІНУ А ЕКСТРАМ'ЯКОЗЕРНОГО СОРТУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ "ОКСАНА"

Созінова О.І., Блюм Я.Б.

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

Однією з основних характеристик якості зерна пшениці є текстура зерна, яка впливає на властивості помолу зерна та водопоглинальні властивості борошна. Відповідно, сорти пшениці м'якої поділяються на твердозерні та м'якозерні. Твердозерні сорти пшениці м'якої використовуються для виробництва хліба, тоді як борошно з м'якозерних сортів має кондитерське призначення. Текстура зерна, в основному, визначається складом пуринодолінів. Пуринодоліни – збагачені триптофаном низькомолекулярні білки зернівки, що поділяються на пуринодолін а та пуринодолін б. У *Triticum aestivum* L. гени пуринодоліну а (*Pina-D1*) і пуринодоліну б (*Pinb-D1*) знаходяться на короткому плечі хромосоми 5D у локусі твердозерності *Ha* і тісно зчеплені між собою (Pauly et al., 2013). Задачею нашої роботи був аналіз послідовності гена пуринодоліну а в українського екстрам'якозерного сорту пшениці м'якої "Оксана".

Для секвенування повної послідовності гена, що кодує пуринодолін а, було вибрано пару праймерів PinA, розроблену (Massa et al., 2006). Ця пара праймерів дозволяє отримати один продукт ампліфікації довжиною біля 500 п.н. Для аналізу хроматограм після секвенування використовували програму Chromas v.2.6.6. Послідовності вирівнювали з використанням програми MEGA 11. Як референсну послідовність використовували послідовність гена пуринодоліну а (алель *Pina-D1a*) DQ363911.1. сорту "Chinese Spring" (CS) з бази NCBI.

Вирівнювання послідовностей дозволило виявити відмінності від референсного спектру за певними позиціями нуклеотидів. Результати аналізу хроматограм після секвенування засвідчують наявність подвійних піків в цих позиціях. Позиції, де спостерігались подвійні піки, відмічали відносно початку послідовності пуринодолінового гена сорту CS. Позиції з подвійними піками були стабільними при аналізі різних хроматограм. Було ідентифіковано такі позиції з подвійними піками, що відповідають двом варіантам нуклеотидів відносно гена CS: 24 (C/A), 70 (A/G), 81 (C/T), 121 (C/G), 230 (T/A), 249 (C/T), 257 (A/G). У парі нуклеотидів другим записано варіант у певній позиції як у сорту CS. Такий поліморфізм свідчить про наявність двох варіантів гена пуринодоліну в сорту "Оксана". Послідовності було записано у вигляді двох варіантів послідовності, один з яких відповідав варіанту послідовності CS, інший включав 7 замін відносно гена CS (*Pina-2*). За результатами Blast-аналізу варіанту *Pina-2* послідовності гена пуринодоліну а в базі даних NCBI виявлено, що цей спрогнозований варіант послідовності є на 100% ідентичним деяким послідовностям гена пуринодоліну а пшениці-однозернянки *T. monosocum* L.: TA 2025 (AY622786.1), BGE-014269 (HQ696585), TI716 (EU307585.1.1), TA183 (DQ269819.1), TA 2025 (AY622786.1), які мають алель *Pina-A<sup>m</sup>1b*. Це свідчить, що сорт "Оксана" має інтрогресований алель *Pina-A<sup>m</sup>1* від *T. monosocum*, а також алель *Pina-D1a*, на хромосомі 5D, який є типовим для сортів «hard» так і «soft».

### Література:

1. Massa AN, Morris CF. Molecular evolution of the puroindoline-a, puroindoline-b, and grain softness protein-1 genes in the tribe Triticeae. *J. Mol. Evol.* 2006;63:526–536.
2. Pauly A, Pareyt B, Fierens E, Delcour JA. Wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. turgidum* L. ssp. durum) kernel hardness: ii. implications for end-product quality and role of puroindolines therein. *Compr. Rev. Food. Sci. Food. Saf.* 2013;12(4):427–438.

## ВПЛИВ БІОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА АДАПТАЦІЮ СОРГО ТРАВ'ЯНИСТОГО В УМОВАХ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Баня А.Р., Корецька Н.І., Покинсьброда Т.Я., Карпенко О.В.  
Відділення фізико-хімії горючих копалин ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка  
Національної академії наук України, м. Львів, Україна,  
e-mail: [andrewbn199@gmail.com](mailto:andrewbn199@gmail.com)

З розвитком підприємств вугільної промисловості значно зріс рівень антропогенного навантаження на довкілля. В результаті виходять з землекористування значні обсяги сільськогосподарських земель, виснажуються водні ресурси, порушується гідрогеологічний режим ґрунтових і поверхневих вод, спричиняється негативний вплив на біоту, зокрема рослини (Sonter et al., 2018). Для підвищення адаптаційної здатності рослин до несприятливих умов використовують різноманітні ріст регулювальні речовини (Munns et al., 2023). До таких речовин належать біогенні поверхнево-активні речовини (біоПАР, біосурфактанти). Завдяки своїм фізико-хімічним і біологічним властивостям (поверхнева, емульгувальна активність, вплив на клітинні мембрани мікроорганізмів і рослин), активності за низьких концентрацій, різних рН, температур, біодеградабельності біоПАР перспективні для екологічно безпечних технологій (Silva et al., 2014).

Для збереження біологічного різноманіття і оцінки стану природних екосистем за впливу антропогенного навантаження, важливим є використання біоіндикаторних ознак у рослин, зокрема вмісту пігментів фотосинтезу. Вміст фотосинтетичних пігментів може бути показником динаміки роботи фотосинтетичного апарату та стійкості рослин до несприятливих екологічних факторів середовища (Eullaffroy 2013).

Проводили експеримент на субстратах породних відвалів вугільних шахт Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) ПАТ “Львівська вугільна компанія” (с. Сілець, Сокальський район, Львівської обл.): червоній породі (перегоріла зі зміненими властивостями) і чорній (неперегорілій), які відрізняються за кислотністю та складом (Баранов, 2008). Передпосівне оброблення насіння сорго трав'янистого (*Sorghum bicolor* subsp. *drummondii*) (3 год.) розчином рамноліпідного біокомплексу штаму *Pseudomonas* sp. PS-17, контроль – вода. Дослідні рослини вирощували впродовж 60 діб у 10-л ємностях з підготовленими субстратами, у процесі росту визначали вміст пігментів фотосинтезу – одного із маркерів дії несприятливих умов на рослини.

Отримані дані свідчать, що передпосівна обробка насіння сорго трав'янистого розчином РБК сприяють підвищенню вмісту пігментів фотосинтезу: хлорофіл *a* збільшувався на чорній породі – на 10%, на червоній – 42%; хлорофіл *b* на чорній породі – на 16%, на червоній – 21%; каротиноїди на обох типах порід підвищувалися – на 21%; сумарний вміст хлорофілів у сорго за дії рамноліпідного біокомплексу: на чорній породі – 12,5%, на червоній – 32% щодо контролю. Це створює передумови не лише для підвищення адаптаційної здатності сорго трав'янистого до умов росту на субстратах породних відвалів вугільних шахт, але й надає можливість для ефективного використання у екологічно безпечних підходах відновлення техногенно порушених територій.

### Література:

1. Sonter LJ, Ali SH, Watson JEM. Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B*. 2018; 285: 20181926.
2. Munns R., Millar AH. Seven plant capacities to adapt to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*. 2023; 74 (15): 4308-4323.
3. Silva RCFS, Almeida DG, Luna JM, Rufino RD, Santos VA., Sarubbo LA. Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills. *Int. J. Mol. Sci.* 2014; 15 (7): 12523-12542.
4. Eullaffroy P. Phytotoxicology: Contaminant effects on markers of photosynthesis. In: Férard, JF., Blaise, C. (eds) *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology*. Springer, Dordrecht; 2013.
5. Баранов ВІ. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ «ЗАТ Львівсистеменерго» як об'єкта для озеленення. *Вісн. Львів. ун-ту*. 2008; 46:172-178.

## ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* *ECHINACEA PURPUREA*

Блізніченко А. І., Петріна Р. О.

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

e-mail: [anastasiia.bliznichenko.bt.2023@lpnu.ua](mailto:anastasiia.bliznichenko.bt.2023@lpnu.ua)

*Echinacea purpurea* (Asteraceae) – це багаторічна лікарська рослина з родини Айстрові, або Складноцвіті (Asteraceae). Існує дев'ять різних видів ехінацеї, але лише три з них використовуються як лікарські рослини з широким терапевтичним застосуванням: *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida* та *Echinacea angustifolia*. Виявлено такі властивості рослин: імуномодулюючі, канабіноміметичні, протизапальні, противірусні, антимікробні, антиоксидантні (Burlou-Nagy et al., 2022).

*Echinacea purpurea* є широко культивованою лікарською рослиною, яка в основному використовується для хіміопрофілактики та хіміотерапії інфекційних захворювань верхніх і нижніх дихальних шляхів. Цей вид традиційно використовується для лікування зубного болю, болю в кишківнику, укусу змії, шкірних захворювань, судом, хронічного артриту та раку. Хоча дослідники помітили виділення та структурне з'ясування його основних сполук, немає підтверджень щодо механізму їх дії. Алкаміди, похідні кавової кислоти, та полісахариди вважаються важливими складовими рослини, вони мають імуномодулюючі властивості. Крім того, кавова кислота міститься в деяких видах ехінацеї, її можна застосовувати для ідентифікації та контролю якості рослини. Полісахариди відіграють важливу роль у протизапальній дії препаратів ехінацеї (Ciganovic et al., 2023).

Метою роботи було ввести в культуру *in vitro* *Echinacea purpurea* та оптимізувати умови культивування для максимального одержання калусної біомаси.

Для введення в культуру *in vitro* *Echinacea purpurea* використано середовище Мурасиге-Скуга з додаванням вітамінів, сахарози та регуляторів росту (Coker et al., 2000; Kristen et al., 2000): 1,0 мг/л індолілоцтової кислоти (ІОК), 2,0 мг/л  $\alpha$ -нафтил-1-оцтової кислоти (НОК), 0,5 мг/л 6-фурфуріламінопурину. Як експланти використано листки, стебла та корені рослини. Стерилізація проведена 70%-им етиловим спиртом та 30%-им перекисом водню. Культивування проведено при 23°C, з фотоперіодом 16/8 протягом 30 діб.

Отримано калусну біомасу *Echinacea purpurea* на модифікованому середовищі МС. Експланти листків утворювали більше калусної біомаси при співвідношенні ІОК:кінетин – 2:1 мг/л середовища. Експланти стебел утворювали більше калусної біомаси при співвідношенні НОК:ФАП – 1:1 мг/л середовища. Експланти листків на усіх середовищах швидше отримували калусну біомасу, порівняно до експлантів стебел та коренів.

### Література:

1. Burlou-Nagy C, Banica F, Jurca T, Vicas LG, Marian E, et al. *Echinacea purpurea* (L.) moench: biological and pharmacological properties - a review. *Plants*. 2022;11:1244.
2. Ciganovic P, Jakupovic L, Momchev P, Nižic Nodilo L, Hafner A, Zovko Koncic M. Extraction optimization, antioxidant, cosmeceutical and wound healing potential of *Echinacea purpurea* glycerolic extracts. *Molecules*. 2023;28:1177.
3. Coker PS, Camper ND. *In vitro* culture of *Echinacea purpurea* L. *J. Herbs Spices Med. Plants*. 2000;7(4):1-7.
4. Choffe KL, Jerrin MRV, Murch SJ, Saxena PK. *In vitro* regeneration of *Echinacea purpurea* L.: direct somatic embryogenesis and indirect shoot organogenesis in petiole culture. *In vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 2000;36(1):30-36.

## «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОЦІНКА ФУНГІСТАТИЧНОЇ ДІЇ

Борова М.М., Бузіашвілі А.Ю., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [marie0589@gmail.com](mailto:marie0589@gmail.com)

Біосинтез наночастинок срібла за допомогою ендofітних бактерій є безпечною альтернативою хімічному методу. Синтезовані за допомогою бактерій наночастинок можуть використовуватися у боротьбі з хворобами рослин і стимулюванні росту рослин (Sunkar and Nachiyar, 2012). Переважно для отримання металічних наночастинок використовують так звані низхідні підходи «зверху вниз» і висхідні - «знизу вгору». Однак, фізико-хімічний синтез зазвичай пов'язаний із забрудненням хімічними речовинами-прекурсорами, використанням токсичних розчинників та утворенням небезпечних токсичних кінцевих продуктів. Деякі з цих методів також мають проблеми пов'язані зі стабільністю, контрольованим ростом кристалів і агрегацією нанорозмірних частинок. Тому, біологічні методи все більше застосовуються для синтезу наночастинок, оскільки є більш безпечними та екологічними порівняно з традиційними фізичними та хімічними методами (Ibrahim et al., 2019).

Для біологічного синтезу наночастинок срібла використовували супернатант *B. subtilis*. Для цього нарощену культуру центрифугували протягом 10 хв при 10000 об./хв., Далі надосадову рідину відбирали в окрему чисту конічну колбу об'ємом 50 мл. До цієї рідини додавали 5 мл 1 mM AgNO<sub>3</sub> та культивували протягом 48 год за температури 30°C. Про початок формування наночастинок свідчила зміна кольору розчину від світло-жовтого до темно-коричневого. Слід відмітити, що проводили підбір концентрацій нітрату срібла від 1мМ до 50мМ. Оптимальною виявилась концентрація 1 мМ. При цьому враховували як візуальний стан розчину (відсутність кристалічного осаду), так і оптичні характеристики – смугу поглинання вищої інтенсивності спостерігали саме при 1 мМ AgNO<sub>3</sub>. Для підтвердження формування нанорозмірного срібла використовували аналіз спектрів поглинання. Спектри поглинання отриманих зразків вимірювали на спектрофотометрі Specord UV-VIS Analytik Jena AG (Німеччина). Було показано, що максимум поглинання наночастинок Ag відповідає діапазону 400-430 нм, що підтверджує формування наночастинок срібла згідно літературних даних (Ibrahim et al., 2019). Для порівняння було виміряно також спектр супернатанту бактеріальної культури при цьому спостерігали появу короткохвильового максимуму при 260 нм. Поглинання у короткохвильовому діапазоні (260-278 нм) можна пояснити вивільненням залишків триптофану і тирозину, присутніх у білковій біомасі бактерії (Alagumuthu and Kirubha, 2012). За результатами трансмісійної електронної мікроскопії визначено розміри частинок у межах 16-27 нм та сферичну морфологію.

У подальшому отримані зразки наночастинок Ag використовували для дослідження антигрибкової активності. При цьому використовували загальноприйнятий метод дифузії в агар. Через 11 діб оцінювали фунгістатичний вплив наночастинок Ag за відношенням площі міцелію на дослідних чашках Петрі до площі міцелію у негативному контролі. Було виявлено, що найвищу фунгістатичну активність проявляли наночастинок срібла на основі штаму *B. subtilis* B-7099. Площа міцелію у цих зразках становила 88,2%, тоді як у контролі – 95,05%. Найнижчу активність мали наночастинок срібла, синтезовані на основі штаму *B. subtilis* B-7445 – площа міцелію була 94,1%, а для супернатанту (контроль) – 97,85% відповідно.

Отже, показано, що наночастинок Ag можна успішно синтезувати шляхом «зеленого» синтезу за допомогою різних штамів *B. subtilis* з доведеною помірною фунгістатичною дією. Протигрибкова активність наночастинок металів ймовірно пояснюється тим фактом, що вони мають більшу площу поверхні, що дозволяє їм краще контактувати з мікроорганізмами. Саме наночастинок срібла, що синтезовані за допомогою підходів «зеленого» синтезу є найбільш перспективними та доступними для фармацевтичного та біомедичного застосування.

### Література:

1. Sunkar S, Nachiyar CV. Biogenesis of antibacterial silver nanoparticles using the endophytic bacterium *Bacillus cereus* isolated from *Garcinia xanthochymus*. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 2012;(12):953-959.
2. Ibrahim E, Fouad H, Zhang M, Zhang Y, Qiu W, Yan C, Li B, Mo J, Chen J. Biosynthesis of silver nanoparticles using endophytic bacteria and their role in inhibition of rice pathogenic bacteria and plant growth promotion. RSC Adv. 2019;9:29293-29299.
3. Alagumuthu G, Kirubha R. Synthesis and characterisation of silver nanoparticles in different medium. OJSTA. 2012;1:13-17.

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ КОМБІНАЦІЙ ФІТОГОРМОНІВ НА МОРФОГЕНЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЕКСПЛАНТІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

Бузіашвілі А.Ю., Кустовський Є.О., Шиша О.М., Ємець А.І.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [buziashvili.an@gmail.com](mailto:buziashvili.an@gmail.com)

Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) – одна з найбільш перспективних технічних культур для вирощування в Україні, однак, дана культура дуже вибаглива до внесення добрив та обробки засобами захисту рослин від фітопатогенів, зокрема, рослинних нематод, та шкідників (<https://superagronom.com/articles/683-tsukrovi-buryaki-ta-zbilshennyu-plosch-pid-nimi-v-2023-chi-zalishitsya-kultura-u-favoritah>). Тому метою даної роботи було визначити оптимальні концентрації фітогормонів у складі живильного середовища на основі МС для ефективного мікроклонального розмноження цукрового буряку лінії ММ ½ для подальших досліджень впливу іверметину (антинематодної сполуки) на рослини цукрового буряку в умовах *in vitro*.

Як експланти використовували листкові диски діаметром 4-5 мм та фрагменти черешків довжиною 3-4 мм, відокремлених від стебла рослин, які культивували *in vitro*. Експланти розміщували на чашки Петрі із живильним середовищем МС, що містило 4,3 г/л макро- та мікросолей МС, 30 г/л сахарози, 500 мг/л цефотаксиму, а також різні концентрації фітогормонів (Ghosh et al., 2013, Jafari et al., 2009, Lytvyn et al., 2014). Через 30 діб оцінювали частоту калюсоутворення та регенерацію пагонів на експлантах.

Загалом, було виявлено низьку життєздатність експлантів на усіх досліджуваних живильних середовищах. Однак слід зазначити, що на всіх експлантах, які залишились живими, спостерігали утворення калюсу. Проте, регенерацію пагонів рослин цукрового буряку на експлантах не відмічали. Найвищу частоту калюсоутворення спостерігали при культивуванні експлантів на середовищі, що містило 0,2 мг/л ІОК та 1,5 мг/л БАП, яка дорівнювала у середньому 87 та 77% для листкових дисків та черешків. Деяко нижча частота калюсоутворення була на середовищі, що містило 0,1 мг/л ІБК та 1 мг/л БАП – 73 та 34% для листкових дисків та черешків; на середовищі, що містило 0,1 мг/л ІБК, 0,1 мг/л НОК та 1 мг/л БАП, частота калюсоутворення на листкових дисках та черешках становила 36 та 60%. На середовищах, доповнених 0,5 мг/л ІОК та 2 мг/л БАП, або 1 мг/л БАП частота калюсоутворення та життєздатність експлантів була найнижчою та становила: 9 та 25% - листкових дисків та черешків на середовищі із 0,5 мг/л ІОК, 2 мг/л БАП; 34 та 15% - на середовищі, доповненому 1 мг/л БАП. Отже, отримані результати вказують на необхідність подальших досліджень для визначення оптимальної комбінації фітогормонів для високої частоти регенерації пагонів на експлантах цукрового буряку.

Роботу виконано А.Ю. Бузіашвілі та Є.О. Кустовським в рамках проекту науково-дослідних робіт молодих учених НАН України (№ 0123U103026, 2023-2024 р.р.) та Ємець А.І. - в рамках бюджетної теми відділу (бюджетна програма КПКВК 6541030, 2024-2028 р.р.).

### Література:

1. Ghosh N, Caraway E, Das A, Dani R. *In vitro* regeneration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) via leaf explants and callusing. Ann. Plant Sci. 2013;2(10):405-411.
2. Jafari M, Norouzi P, Malboobi MA, et al. Enhanced resistance to a lepidopteran pest in transgenic sugar beet plants expressing synthetic *cryIAb* gene, Euphytica, 2009;165:333–344.
3. Lytvyn DI, Syvura VV, Kurylo VV, Olenieva VD, Yemets AI, Blume YaB. Creation of transgenic sugar beet lines expressing insect pest resistance genes *cryIC* and *cry2A*. Cytol Genet. 2014;48(2):69-75.

## ВИКОРИСТАННЯ *ARABIDOPSIS THALIANA* ЯК МОДЕЛЬНОЇ РОСЛИНИ ДЛЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Гуржий А.Є., Ткаченко Т.А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [figusviridis@gmail.com](mailto:figusviridis@gmail.com)

*Arabidopsis thaliana* – це однорічна рослина, що належить до родини Капустяні (*Brassicaceae*). Її роль у біотехнології є досить важливою, оскільки вона є економічно вигідною сировиною і зручна для використання як модельний організм для молекулярної генетики рослин. *Arabidopsis thaliana* має короткий життєвий цикл і невеликий геном, який легко піддавати перетворенням за допомогою мутагенезу. Також цей об'єкт полегшує ідентифікацію генів на основі лише фенотипу за допомогою молекулярно-генетичних досліджень, порівняно з іншими рослинами. У лабораторіях досить часто рослину модифікують, для ефективнішої роботи. Одним з напрямів використання є виділення генів з *Arabidopsis thaliana*, які можна використовувати для пошуку їх гомологів у культурних рослинах. Дослідження різних біологічних ефектів на модельній рослині (бур'яні), а потім перенесення їх результатів на сільськогосподарські рослини значно спрощує роботу науковців (Gepstein and Horwitz, 1995).

Іншим напрямом використання *Arabidopsis thaliana* як модельної рослини є дослідження її циркадних ритмів. Здебільшого користуються відомостями про процеси транскрипції, оскільки про посттрансляційні модифікації протеому поки відомо не багато. Проте існують дані на основі відповідних досліджень, що на циркадні ритми впливає фосфорилування білку, що є важливим для розвитку фосфопротеоміки як науки. Методи визначення фосфопептидів є трудомісткими. *Arabidopsis thaliana* підходить для проведення цих досліджень, бо вона має добре відтворений циркадний ритм (Krahmer et al., 2015)

Також *Arabidopsis thaliana* має важливе значення для визначення чистоти і рівня мутагенності ґрунту. Для ідентифікації невідомих токсичних речовин, оцінки їх токсичності застосовують мікрочіпи ДНК, що забезпечують оцінку загальновідомих моделей експресії генів під дією ксенобіотиків. У *Arabidopsis thaliana* ідентифікували гени, що індуються у відповідь на один конкретний метал. У дослідженнях описано створення трансгенного організму, у якого виявляється активність репортерного гену при вирощуванні на середовищі, що містить нікель і при цьому відсутня реакція на інші важкі метали. Такі трансгенні моделі ефективні для дослідження забруднених важкими металами ґрунтів і економічно вигідні для використання (Krizek et al., 2003)

Отже, *Arabidopsis thaliana* має перспективи використання як модельний організм в молекулярній генетиці рослин, а також як трансгенна рослина в біотехнологічних та екологічних дослідженнях.

### Література:

1. Gepstein S, Horwitz BA. The impact of Arabidopsis research on plant biotechnology. *Biotechnology Advances*. 1995;13(3):403–14.
2. Krahmer J, Hindle MM, Martin SF, Le Bihan T, Millar AJ. Sample preparation for phosphoproteomic analysis of circadian time series in *Arabidopsis thaliana*. In: *Methods in Enzymology* [Internet]. Elsevier; 2015 [cited 2024 Apr 30]. p. 405–431. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0076687914000238>
3. Krizek BA, Prost V, Joshi RM, Stoming T, Glenn TC. Developing transgenic Arabidopsis plants to be metal-specific bioindicators. *Environ. Toxicol. Chem.* 2003;22(1):175–181.

## ВПЛИВ CuNPs НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Гусейнова К.Е., Петрух А.О., Давидюк Д.А., Волошина І.М.  
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна  
e-mail: [i\\_woloschyna@yahoo.com](mailto:i_woloschyna@yahoo.com)

Зміна клімату має великий вплив на ріст і продуктивність рослин, спричиняючи різні біотичні та абіотичні стреси для них. До найбільш розповсюджених абіотичних стресів включають солоність, посуху, екстремально низькі та високі температури тощо. Їхній вплив на сільське господарство є причиною великомасштабних неврожаїв у різних частинах світу, що призводить до проблем з продовольчою безпекою. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є пошук нових підходів для подолання цих проблем і досягнення стійкості рослин. Не випадково, останнім часом неабияка увага у наукових дослідженнях приділяється речовинам, які містять поживні елементи у нанорозмірному стані, а саме, наночастинкам металів (Khalid et al., 2022).

Зернові культури є досить чутливими до абіотичних стресів. На різних стадіях розвитку рослини реагують по-різному. Так, наприклад, нестача вологи та сухості у літній період спричиняють пожовтіння листя та засихання стебел, а у ранньовесняний час пригнічується проростання насіння та кушіння, сходи формуються слабкими, сильно зрідженими. Тому для боротьби з негативними наслідками абіотичного стресу доцільно застосовувати CuNPs, адже мідь є важливим мікроелементом для продовольчих культур. Найбільш інтенсивно вона засвоюється рослинами під час кушіння та колосіння, активуючи вуглеводний і білковий обміни та беручи участь у формуванні репродуктивних органів (Матусевич, 2024). Наномідь використовується як нанофунгіцид та нанобактерицид, а також підвищує посухостійкість та солоностійкість зернових рослин. Крім того, було встановлено, що CuNPs мають здатність контактувати з оболонкою насіння, покращуючи його схожість, і як результат ріст розсади рослин. Стимуляція росту зернових культур наночастинками міді відбувається за рахунок утворення ними пор на рослинній клітинній стінці, що покращує поглинання води, запускаючи сприятливе проростання насіння. Однак слід бути обережним, використовуючи CuNPs, оскільки для нормального росту рослинам необхідна незначна кількість міді, так як при високих концентраціях вона може спричинити негативний вплив на рослинність (Kausar et al., 2022).

Таким чином, завдяки легкому розчиненню, невеликим розмірам і ефективному поглинанню рослинами, наномідь використовується для покращення росту та стресостійкості зернових культур, тим самим збільшуючи їх урожайність.

### Література:

1. Khalid MF, Iqbal Khan R, Jawaid MZ, Shafqat W, Hussain S, Ahmed T, Rizwan M, Ercisli S, Pop OL, Alina Marc R. Nanoparticles: the plant saviour under abiotic stresses. *Nanomaterials* 2022;12(21):3915.
2. Матусевич ГД. Вплив наночастинок цинку та міді на посухостійкість пшениці озимої. У: Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку; 28 берез. 2024; Біла Церква. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет; 2024. с. 180-182.
3. Kausar H, Mehmood A, Khan RT, Ahmad KS, Hussain S, Nawaz F, Iqbal MS, Nasir M, Ullah TS. Green synthesis and characterization of copper nanoparticles for investigating their effect on germination and growth of wheat. *Plos One*. 2022;17(6):e0269987.



## КУЛЬТИВУВАННЯ АМАРАНТУ В УМОВАХ *IN VITRO*

Гуцько К.І., Петріна Р.О.

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

e-mail: [kateryna.i.hutsko@lpnu.ua](mailto:kateryna.i.hutsko@lpnu.ua)

Амарант (*Amaranthus*) – рід трав'янистих однорічних рослин, налічує близько 87 видів (Assad et al., 2017). Зерна амаранту містять значну кількість білка (14% -17%), жиру (5-9%) і крохмалю (62%). Найчастіше амарант використовують як корм для тварин, а також для споживання людиною як суперфуд через велику кількість метаболітів (флавоноїди, алкалоїди, феноли, вітаміни, макро- та мікроелементи, поліненасичені жирні кислоти, сквален) (Manyelo et al., 2022; Cedillo-Cortezano et al., 2024). Рослини *Amaranthus* мають протиалергічні, протипухлинні, антигіпертензивні, антиоксидантні, ранозагоювальні властивості, використовують при діабеті, хворобах серця, захворюваннях печінки (Assad et al., 2017).

Використання методу культури тканин дозволяє отримувати біомасу незалежно від умов навколишнього середовища, від якості ґрунтів, зменшуючи земельні площі та легко моделюючи процес. Крім того, використовуючи метод культури тканин, можна покращити біорізноманіття рослин, оскільки в природі насіння амаранту легко розповсюджується вітром, пригнічує ріст інших культур та знижує їх врожай (Assad et al., 2017). Методи культури *in vitro* є корисними інструментами для безперервного отримання метаболітів рослин. Описано ряд досліджень отримання калусу сортів амарантів, які вирощують у Китаї та Індії. Встановлено, що індукцію калусу зумовлює поєднання 1-нафтилоцтової кислоти (НОК) (0,1 та 1 мг/л) та бензиламінопурину (ВАР) (3,0 мг/л), 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти (0,5 мг/л) та кінетину (1,0 мг/л) у живильному середовищі (Xuan et al., 2023).

Метою роботи було введення в культуру *in vitro* амаранту сортів "Лера" і "Ультра" та дослідження впливу регуляторів росту на ріст калусної біомаси.

Використано модифіковані середовища Мурасиге-Скуга з ВАР 3 мг/л та НОК 0,1-1,0 мг/л. Як експланти використано листову меристему, меристематичні верхівки і гіпокотиль пророщеного насіння амаранту сортів "Лера" та "Ультра". Експланти простерилізовано 1 хв в 96% етанолі та в 20хв в 30% пергідролі, тричі промито дистильованою стерильною водою. Культивування проведено в термостатичних умовах в ламінарі за температури  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , фотоперіоді 16/8, освітленості 3000 лк та відносної вологості повітря 70%. Із збільшенням концентрації НОК в середовищі спостерігаємо збільшення росту біомаси.

Введено в культуру *in vitro* амарант сортів "Лера" та "Ультра" досліджено вплив 1-нафтилоцтової кислоти та бензиламінопурину на ріст калусної біомаси за різних концентрацій і співвідношень під час культивування в умовах *in vitro*. Найкращі результати отримано при використанні модифікованого середовища Мурасиге-Скуга з 3 мг/л ВАР та 1,0 мг/л НОК.

### Література:

1. Assad R, Reshi ZA, Jan S, Rashid I. Biology of amaranths. The Botanical Review. 2017;83:382–436.
2. Cedillo-Cortezano M, Martinez-Cuevas LR, López JAM, Barrera López IL, Escutia-Perez S, Petricevich VL. Use of medicinal plants in the process of wound healing: a literature review. Pharmaceuticals. 2024;17:303.
3. Manyelo TG, Sebola NA, Hassan ZM, Ng'ambi JW, Weeks WJ, Mabelebele M. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages. Molecules. 2022;27(3):623.
4. Xuan Y, Liu S, Xie L, Pan J. Establishment of *Amaranthus* spp. calluses and cell suspension culture, and the effect of plant growth regulators on total flavonoid content. Tropical Plants. 2023;2:15.

## АНТИМІКРОБНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, СИНТЕЗОВАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСТРАКТУ *MATRICARIA CHAMOMILLA* L.

Федорченко В.С.<sup>1,2,3</sup>, Рєзніченко Л.С.<sup>2</sup>, Лютко О.Б.<sup>3</sup>, Вітрак К.В.<sup>3</sup>, Грузіна Т.Г.<sup>2</sup>,  
Дибкова С.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут біоколоїдної хімії імені Ф.Д. Овчаренка НАН України, м. Київ, Україна

<sup>3</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

e-mail: [vladimirsfedorchenko@gmail.com](mailto:vladimirsfedorchenko@gmail.com)

Сьогодні існує гостра потреба в нових антимікробних агентах, адже стійкість до антимікробних засобів сягає загрозливих масштабів. Зелений синтез наночастинок срібла (AgNPs) з використанням екстрактів лікарських трав пропонує екологічно чисту альтернативу традиційним методам. *Matricaria chamomilla* L. (ромашка лікарська) має багатий хімічний склад, що робить її перспективним кандидатом для синтезу AgNPs (Parlinska-Wojtan et al., 2016). Це дозволяє отримувати AgNPs з унікальними властивостями, які можуть бути більш ефективними проти стійких до антимікробних засобів мікроорганізмів (Menichetti et al., 2023).

Для отримання наночастинок срібла використовували водний екстракт сушених квітів ромашки аптечної (*Matricaria chamomilla* L.) ПрАТ «Ліктрави» (Україна): 10 г сухої рослинної сировини у дистильованій воді витримували при температурі 80°C протягом 30 хв, після охолодження екстракт відділяли від рослинного матеріалу фільтруванням (фільтрувальний папір Whatman №1). Іонний розчин нітрату срібла (AgNO<sub>3</sub>) відновлювали при температурі 80°C отриманим рослинним екстрактом. Отримані наночастинок характеризували методами UV-Vis спектроскопії (СФ 46, Ломо), сканувальної електронної мікроскопії (СЕМ) (MIRA 3, TESCAN, Чехія) та енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії (ЕДС) (детектор X-Max 80, Oxford Instruments Analytical, Великобританія).

Антимікробні властивості синтезованих AgNPs вивчали диско-дифузійним методом в Лабораторії мікробіології та хіміотерапії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України». Як тестові були використані 4 штами з колекції Лабораторії мікробіології та хіміотерапії ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Enterococcus faecalis* ATCC 29213, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 та *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.

В результаті проведених досліджень були синтезовані наночастинок срібла сферичної форми середнього розміру 200 нм, які виявили високу антимікробну активність стосовно усіх досліджених тестових штамів мікроорганізмів. Середній розмір зони затримки росту становив 27±1 мм для *E. coli* ATCC 25922, 23±3 мм для *S. aureus* ATCC 25923, 24±2 мм для *P. aeruginosa* ATCC 27853 та 17±2 мм для *E. faecalis* ATCC 29213.

Отримані дані вказують на ефективність синтезованих наночастинок срібла як нового класу антимікробних агентів при розробці антимікробних препаратів та дезінфікуючих засобів.

### Література:

1. Menichetti A, Mavridi-Printezi A, Mordini D, Montalti M. Effect of size, shape and surface functionalization on the antibacterial activity of silver nanoparticles. J Funct Biomater. 2023;14(5):244.
2. Parlinska-Wojtan M, Kus-Liskiewicz M, Depciuch J, Sadik O. Green synthesis and antibacterial effects of aqueous colloidal solutions of silver nanoparticles using camomile terpenoids as a combined reducing and capping agent. Bioprocess Biosyst Eng. 2016;39(8):1213-1223.

## ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН МІКРОЗЕЛЕНІ ГОРОХУ ПІСЛЯ ДІЇ C<sub>60</sub> ФУЛЕРЕНУ

Фурманець С.О., Галузінський М.О., Прилуцька С.В.

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

e-mail: [stasfurmanets@gmail.com](mailto:stasfurmanets@gmail.com)

Наразі значний інтерес у дослідників викликає вивчення впливу наночастинок різної природи на сільськогосподарські культури, зокрема на мікрозелень, яка є важливою складовою екосистем та вирощується як культура для харчування. Вуглецеві наноструктури завдяки унікальним фізико-хімічним і біологічним властивостям, а також структурі широко використовуються у різних галузях промисловості у тому числі сільському господарстві. Представником вуглецевих наноматеріалів є фулерен C<sub>60</sub>. Завдяки гідрофобним властивостям, молекули C<sub>60</sub> можуть взаємодіяти з біологічними мембранами та концентруватися в неполярних ділянках клітинної мембрани, виявляти антиоксидантні властивості тощо.

*Метою роботи* було оцінити морфометричні показники, вміст фотосинтетичних пігментів та активність каталази у мікрозелені гороху після обробки насіння водним колоїдним розчином фулерену C<sub>60</sub> за різних концентрацій.

У роботі було використано горох сорту "Есо", виробника «АБІНА», урожаю 2022 року. Стерилізували насіння гороху розчином 0,1% борної кислоти упродовж 25 хв за кімнатної температури. Перед пророщенням насіння гороху попередньо замочували у водному розчині фулерену C<sub>60</sub> за відповідних концентрацій (проба 1 – 0,1 мкг/мл, проба 2 – 0,2 мкг/мл, проба 3 – 0,5 мкг/мл, проба 4 – 1 мкг/мл). Кожна проба містила 30 г насіння гороху. Водні розчини фулерену C<sub>60</sub> було синтезовано та охарактеризовано у хімічній лабораторії Технічного університету Ільменау (Німеччина). Біометричні показники мікрозелені гороху оцінювали за загальноприйнятими методиками. Вміст фотосинтетичних пігментів визначали у спиртових екстрактах проростків гороху спектрофотометричним методом при оптичному поглинанні 665, 649 та 441 нм. Активність каталази (КФ 1.11.1.6) оцінювали спектрофотометричним методом при поглинанні 410 нм. Оцінку досліджуваних морфометричних, фізіологічних і біохімічних показників проводили на 14 день після обробки насіння гороху розчином фулерену C<sub>60</sub>. Статистичну обробку отриманих результатів було проведено за допомогою дисперсійного аналізу «ANOVA» та програми Excel 2016.

*Результати досліджень.* Після обробки насіння гороху розчином фулерену C<sub>60</sub> у досліджуваному діапазоні концентрацій 0,1–0,5 мкг/мл значення морфометричних показників (висота рослини, діаметр головного пагона, кількість листків, загальна маса рослини, маса усіх листків, довжина кореня) відповідали контрольним значенням. Тоді як після дії 1 мкг/мл фулерену C<sub>60</sub> виявлено незначне зменшення кількості листків (3 шт), висоти рослини на 13% (8,9 ± 0,1 см) і довжини кореня на 16% (13,01 ± 0,1 см), а також маси усіх листків на 32% (0,03 ± 0,001 г) порівняно з контролем. Нами не було відмічено значного впливу фулерену C<sub>60</sub> у досліджуваному діапазоні концентрацій на фотосинтетичну активність у проростках гороху. На 14 день після обробки 0,5 мкг/мл фулереном C<sub>60</sub> підвищувався вміст фотосинтетичних пігментів у проростках гороху хлорофілів а і b на 29% та каротиноїдів на 24 % порівняно з контролем. Крім того, після дії 0,1 і 0,2 мкг/мл фулерену C<sub>60</sub> було показано активацію каталази у проростках гороху на 24 % порівняно з контролем. Отримані нами результати можуть свідчити про реакцію рослин на стрес, або активний ріст.

*Висновок.* Отже нами було показано, що фулерен C<sub>60</sub> суттєво не впливає на фізіолого-біохімічний стан мікрозелені гороху та не виявляє фітотоксичних ефектів. Отримані результати свідчать про перспективність використання фулерену C<sub>60</sub> у сучасних агробіотехнологіях для підвищення врожайності, покращення стійкості рослини до факторів навколишнього середовища та інтенсифікації росту сільськогосподарських рослин.

## BIOTECHNOLOGY AS MODERN APPROACH IN BIODIVERSITY CONSERVATION AND ENRICHMENT OF THE COLLECTION OF TASHKENT BOTANICAL GARDEN

Hazratov A.T., Jurayeva H.K., Mustafina F.U., Abdinazarov S.H.

Tashkent botanical garden named after academician F.N. Rusanov, c. Tashkent, Uzbekistan,  
e-mail: [xazratovabbos65@gmail.com](mailto:xazratovabbos65@gmail.com)

The conservation of the biological diversity is one of the most important tasks in nature conservation, which receives a great attention throughout the world. This is due to the limited availability of biological resources necessary for human existence and the threat of their depletion. Since the beginning of the 20th century, the disappearance of varieties, species and even genera has occurred exponentially. The development of methods for preserving plants with disappearing habitats and decreasing numbers are of particular interest, as well as for unique forms that improve the assortment of cultivated plants. The strategy for conserving of the biological diversity includes *in situ* and *ex situ* conservation. Along with traditional methods of *ex situ* conservation of plants, the use of culture of isolated tissues and organs for these purposes is becoming increasingly important (Bacchetta et al., 2023; Global Strategy Plant Conservation, 2002).

The State program “Development of scientific basis for sustainable reproduction in *in vitro* conditions of the valuable specimens from collection” is being conducted at the laboratory of Biotechnology of the Tashkent Botanical Garden. The main purpose of this program is propagation of the plant species growing in Tashkent Botanical Garden. Priority is usually given to the species represented with a single specimen.

*Corylus avellana* L. Common hazel (Betulaceae Gray). Hazel (hazel) and its cultural forms - hazelnuts - are among the most valuable fruit crops with a rich composition of macro- and microelements in their fruits, vitamins, with a balanced amount of proteins, fats and carbohydrates. The wood of this crop is valuable and highly durable and can be used in the furniture industry. The leaves, bark and plus of the nut contain up to 13% tannins, which are used in the production of leather raw materials. The hazel root system forms a large number of superficially located, long, very powerful root branches, which makes it a good soil-fixing species. The use of McCown Woody Plant Medium (WPM) (Lloyd and McCown, 1980) with a low content of sucrose - 10,000 mg/l, agar 7,000 mg/l with phytohormones 6-benzylaminopurine (BAP) and indolyl-3-butyric acid, stimulation the development of the root system on a 50% nutrient medium with the phytohormone  $\alpha$ -naphthylacetic acid and further adaptation to the soil made it possible to obtain plants within 6-9 months.

*Acer platanoides* L. Plantain maple variety Crimson King (Acearceae Juss.) is a deciduous, slow-growing tree, reaching 15 m with age. The crown shape is wide-round and even. The leaves are deep purple and do not change their color throughout the growing season. The trunk is smooth, dark in color, with clearly defined longitudinal grooves. Thanks to its graceful form, the Crimson King sycamore maple is extremely popular. The protocol for microclonal propagation of this species includes the use of lateral buds as explants, sterilization, placing of sterilized explants *in vitro* culture on a hormone-free nutrient medium WPM, or with a composition of the phytohormone 6-benzylaminopurine, the formation and growing of seedlings on a hormone-free nutrient medium, or in a composition with phytohormone 6-BAP, or in a composition with phytohormones  $\alpha$ -naphthylacetic acid (NAA), 6-BAP and thidiazuron, rooting using a nutrient medium and phytohormone NAA and adaptation to the soil.

### References:

1. Bacchetta L, Remotti PC, Bernardini C, Saccardo F. Adventitious shoot regeneration from leaf explants and stem nodes of *Lilium*. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 2003;74:37-44.
2. Global Strategy Plant Conservation, 2002: [www.bgci.org.uk/files/7/0/global\\_strategy.pdf](http://www.bgci.org.uk/files/7/0/global_strategy.pdf).
3. 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.

## PROPAGATION OF FERULA SUMBUL BY BIOTECHNOLOGICAL METHOD

Jamalova D.N.<sup>1</sup>, Mustafina F.U.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, c. Tashkent, Uzbekistan,*

<sup>2</sup>*Tashkent botanical garden named after academician F.N. Rusanov, c. Tashkent, Uzbekistan, email: [dilafruz.bel.91@mail.ru](mailto:dilafruz.bel.91@mail.ru)*

The formation of callus, as one of the stages of plant reproduction *in vitro*, is important in the work on the preservation of the gene pool of rare species, in particular, when microcloning is possible only through the stage of callus formation. This applies to cases when immature embryos or fragments of somatic tissues of plants are cultivated.

*In vitro* microclonal reproduction protocols have been developed for some high-value medicinal ferule species, for example, *F. ferulaeoides* (Steud.) Korov., *F. assa-foetida* L., *F. gummosa* Boiss., *F. jaeschkeana* Vatke, *F. orientalis* L. and *Ferula sinkiangensis* K. M. Shen. To date, there are no reports of reproduction of *F. sumbul* *in vitro*. These species are vulnerable or threatened with extinction due to low seed germination, the duration of the dormant period of seeds, poor regeneration in nature, overexploitation by humans, as well as the lack of organized cultivation, limited geographical range, etc. These factors lead to the threat of extinction of the listed species (Salehi et al., 2019).

The Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan is conducting research on the development of a protocol for microclonal reproduction of two valuable medical species of the genus *Ferula* L. (Apiaceae Lindl.): *F. tadshikorum* Pimenov and *F. sumbul* (Kauffm.) Hook. f. within the framework of the A-FA-2021-146 project "Creation of technology for the organization and reproduction of medicinal plants by *in vitro* method" with a implementation period of 2021-2024. Within the framework of the project, a dissertation work is being prepared.

*F. sumbul* - perennial, herbaceous. polycarpic. They could not germinate seeds in the laboratory. Therefore, mature seed germs were used as an explant. In all treatments of explants (80-90%) only the consistency and color of the calluses differed. In order to proliferate somatic embryos, the embryogenic callus was passaged onto an MS nutrient medium that did not contain phytohormones. Some embryos were transferred to a nutrient medium of MS with IBA and BAP in low concentrations, as well as to nutrient media containing only phytohormone 2,4 D. In order to form regenerating plants by indirect somatic embryogenesis, the sixth and seventh passaging of somatic embryos was carried out on a hormone-free nutrient medium. It was at the stage 6-7 of passage that the maturation of somatic embryos and the development of regenerating plants in 42.1% of embryos were observed.

The formation of regenerating plants for species of the genus *ferula* was observed on the 5th month after introduction into culture *in vitro*, while for nutmeg *ferula*, the formation of regenerating plants was noted on the 7th month after introduction into culture *in vitro*.

### References:

1. Salehi M, Naghavi MR, Bahmankar M. A review of *Ferula* species: biochemical characteristics, pharmaceutical and industrial applications, and suggestions for biotechnologists. *Ind. Crops Prod.* 2019;139:111511.

## MICROPROPAGATION OF VALUABLE SPECIES OF TASHKENT BOTANICAL GARDEN COLLECTION

Jurayeva H.K., Hazratov A.T., Mustafina F.U., Abdinazarov S.H.

Tashkent botanical garden named after academician F.N. Rusanov, c. Tashkent, Uzbekistan,  
e-mail: [hanifabonujurayeva@gmail.com](mailto:hanifabonujurayeva@gmail.com)

Decorative varieties of *Acer* L. (Acearceae Juss.) species in the collections of botanical gardens are optimally propagated only in the conditions of *in vitro* culture to obtain sustainable regeneration. Other methods of propagation - using seeds, vegetative propagation - are ineffective for these species. Reproduction operations using grafting are complex and time-consuming. Despite the available information about the successful propagation of a number of species of the genus *Acer* L. by using seeds, obtaining a large amount of planting material that allows the use of these species in urban landscaping is extremely difficult. Therefore, micropropagation methods have been developed and optimized for many species of *Acer* L. genera, and one of them is presented in this thesis.

The state program “Developing of the scientific basis for the sustainable reproduction of valuable specimens of the botanical garden collection in *in vitro* culture” is being conducted in the laboratory of biotechnology of the Tashkent Botanical Garden of the Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, directed at microclonal propagation of many valuable species presented in a single copy, as well as species in demand in urban greening programs.

In our work “Method of microclonal propagation of *Acer platanoides* L. cultivar Crimson King” we used parts of branches with two pairs of oppositely located lateral buds. The aim of the work is to increase the efficiency of microclonal propagation of the maple *A. platanoides* L. variety Crimson King with the production of pathogen-free shoots.

The method we developed includes the selection of explants, their stratification with using running water, soap solution, 30% solution “Belizna” with 5-7 drops of Tween20, solutions of the fungicide propiconazole (preparatus “Agrotilt”) or fludioxonil (preparatus “Maxim”), or 6% sodium hypochloride solution, 0.01% silver nitrate solution, 70% ethyl alcohol, repeated washing with distilled water, placing of sterilized explants on nutritional media, stimulation of growing, rooting with use of McCown Woody Plant Medium (WPM, Lloyd and McCown, 1980) and sucrose with concentration 20,000 mg/l, agar 7,000 mg/l, and phytohormones, or a hormone-free nutrient medium, incubation until adaptation to the soil with a standard photoperiod of 16/8, temperature 23–24 ° C and illumination 1200-1300 lux.

The developed microclonal propagation protocol for *A. platanoides* L. variety Crimson King includes using of WPM nutrient medium in a composition with the phytohormone 6-benzylaminopurine, the formation and growth of seedlings on a hormone-free nutrient medium, or in a composition with the phytohormone 6-benzylaminopurine, or in a composition with phytohormones  $\alpha$ -naphthylacetic acid, 6-benzylaminopurine and thidiazuron, rooting using a nutrient medium and the phytohormone  $\alpha$ -naphthylacetic acid and adaptation to the soil. However, in our experiments, the development of an adult plant was obtained by indirect organogenesis in a nutrient medium with the phytohormones 2,4-dichlorophenoxyacetic acid with kinetin and thidiazuron, as well as 6-benzylaminopurine with thidiazuron.

### 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.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БІОТЕХНОЛОГІЇ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗБУДНИКІВ ФІТОПЛАЗМОЗІВ

Коробкова К.С.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна  
e-mail: [kkorobkova@ukr.net](mailto:kkorobkova@ukr.net)

При вивченні фітопатологічних процесів цінність методів біотехнології полягає у тому, що взаємовідносини між клітиною хазяїна і паразитом відтворюються у контрольованих умовах живлення, температури тощо. Переваги використання методу ізольованих тканин для вивчення фітопатогенних організмів полягають у можливості їх асептичного культивування разом із стерильними тканинами, регулюванні хімічного складу середовища і фізичних умов вирощування інфікованих тканин рослини. Цей метод є спрощеною модельною системою для вивчення взаємозв'язків хазяїна і паразита. Оскільки внаслідок своєрідності біологічних властивостей збудників фітоплазмозів і труднощів їх культивування на штучних живильних середовищах особливості існування цих мікроорганізмів досліджено недостатньо, застосування методів біотехнології рослин є перспективним.

Створено модельну систему взаємодії організмів *in vitro* на основі клітин калюсів цукрових буряків, а також калюсів пшениці, заражених фітопатогенним молікутом *Acholeplasma laidlawii var. granulum 118* – збудником блідо-зеленої карликовості зернових культур з Національної колекції мікроорганізмів України Інституту мікробіології і вірусології НАНУ ім. Д.К.Заболотного. Показано, що в рослинних клітинах в умовах *in vitro* під впливом фітопатогенних ахолеплазм або їх компонентів в ураженому рослинному матеріалі зменшується індекс ненасиченості жирних кислот загальних ліпідів. Встановлено, що на ранніх етапах взаємодії тимчасово збільшується активність пероксидази, каталази, поліфенол-оксидази, фенілаланін-аміак-ліази, підвищується лектинова активність, відбувається синтез поліпептидів із певною молекулярною масою. Встановлено, що аглютинін зародків пшениці активує ростові процеси ахолеплазми і стимулює синтез білка, проте знижує їх гемаглютинуючі властивості. Зроблено висновок, що при інфікуванні клітин рослин *A. laidlawii var. granulum* шт. 118 відбувається ряд сигнальних взаємодій і метаболічних перетворень, які обумовлюють розпізнання патогена і забезпечують сумарну відповідь рослини на стрес у вигляді реакцій захисту. Використовуючи модельну систему взаємодії організмів *in vitro* на основі клітин рослин (калюсів цукрових буряків та озимої пшениці), заражених *A. laidlawii var. granulum* шт. 118, встановлено, що рослини з різним генотипом здатні до ураження фітопатогенним молікутом. Зроблено висновок про зв'язок опірності клітин рослин фітоплазмовій інфекції з інтенсивністю їх відповіді на стрес. Підсумовано, що для зменшення згубного впливу фітоплазм на життєдіяльність рослин-потенційних мішеней слід враховувати як абіотичні чинники, так і важливість оптимізації фізіологічного стану рослин з урахуванням їх генетичного потенціалу.

Крім того, за допомогою мікровегетаційного дослідження в стерильних умовах проведено дослідження розвитку фітоплазмозів. Оптимізовану модель симбіотичної системи люцерни посівної і ризобій використовували для вивчення впливу фітоплазм на симбіотичну систему, а також дослідження ролі ризобій у прояві фітоплазмової інфекції рослин.

Отже, отримані результати дозволяють підсумувати, що за необхідності всебічного вивчення обох складових інфекційного процесу – клітин рослин і фітоплазм у динаміці їх взаємодії в контрольованих умовах, на нашу думку, найкращим рішенням є застосування підходів і методів біотехнології.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГВОЗДИКИ САДОВОЇ (*DIANTHUS CARYOPHYLLUS L.*)

Кущенко К.С.<sup>1,2</sup>, Кляченко О.Л.<sup>1</sup>, Кустовська А.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,

<sup>2</sup> Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна,

e-mail: [kukateryna@gmail.com](mailto:kukateryna@gmail.com)

Гвоздика голландська (*Dianthus caryophyllus L.*) - багаторічна рослина родини гвоздичних, яка використовується в комерційному квітникарстві для отримання квітів на зріз. На сьогодні існує багато сучасних різновидів, що були отримані в результаті довготривалої селекції. Натепер на ринку представлено велику кількість квітів різного кольору.

Гвоздика є однією з найбільш продаваних декоративних культур у всьому світі (Khatun, 2018). Важливою сферою застосування методу культури тканин є розмноження з метою отримання генетично ідентичних цінних елітних рослин. При цьому декоративні і квіткові рослини найчастіше розмножують за допомогою техніки культури тканин.

Важливою сферою застосування методу культури тканин є розмноження з метою отримання генетично ідентичних цінних елітних рослин. Одним із методів розмноження є процес мікроклонального розмноження який може бути використаний для отримання і вирощування рослин з високою якістю та стійкістю до хвороб, що є важливим для комерційного вирощування гвоздики (Мельничук і Кляченко, 2015). При цьому одночасно з розмноженням проходить оздоровлення рослин від вірусів і патогенних мікроорганізмів. Кращим матеріалом для отримання експлантатів гвоздики з високою регенерацією пагонів є апікальна меристема. Проте приживання в культурі *in vitro* тісно пов'язане з особливостями генотипу, умовами вирощування рослини-донора та умовами стерилізації.

Метою наших досліджень є дослідження біотехнологічних особливостей гвоздики, в також виявлення умов, які визначають введення різних сортів гвоздики в культуру *in vitro* і обумовлюють індукування пазушних бруньок для максимального розмноження пагонів.

Дослідження проводили в лабораторії біотехнології рослин кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБіП України, а також на базі НБС ім. М.М. Гришка в 2023-2024 рр. Для введення в умови *in vitro* як експлантати використовували пагони з пазушними і апікальними бруньками двох сортів гвоздики голандської "Tiya" та "Raffino Linde". В роботі застосовували загальноприйняті в біотехнології методи досліджень (Мельничук і Кляченко, 2015).

Для отримання асептичної культури гвоздики голандської рослинний матеріал стерилізували в 1% розчині Thimerosal, 70% етиловому спирті та 0, 08% AgNO<sub>3</sub> з різною експозицією. Стерилізацію проводили послідовно. Встановлено, що ефективним виявився варіант 1% розчин Thimerosal з експозицією 2 хв, 70% етиловому спирті – 30 сек та 0, 08% AgNO<sub>3</sub> – 1хв, який дозволив звільнити рослинний матеріал від екзо-і ендогенної інфекції.

Експлантати культивували на модифікованому живильному середовищі МС (Murashige and Skoog, 1962). Для вивчення впливу різних концентрацій фітогормонів на розвиток вегетативних бруньок і проліферацію пагонів гвоздики голандської до живильного середовища добавляли БАП, НОК та ІОК. Культивували пробірки з експлантатами в світловій культуральній кімнаті за інтенсивності освітлення 2 клк, 16-годинному фотоперіоді та температурі 24±1°C.

В процесі експерименту нами вивчено вплив фітогормонів на розвиток вегетативних бруньок і проліферацію мікропагонів гвоздики голандської сорту "Tiya" і встановлено, що найбільш оптимальним виявилось середовище МС, доповнене 1,5 мг/л БАП та 0,01 мг/л НОК (Khatun et al., 2018, Кляченко та ін., 2024). При культивуванні експлантатів на цьому живильному середовищі коефіцієнт розмноження становив 1:4.

При вивченні регенераційної здатності вегетативних бруньок гвоздики голандської сорту «Raffino Linde» розроблено 6 варіантів живильних середовищ із застосуванням фітогормонів БАП в концентрації 0,1-2,0 мг/л та ІОК – 0,2 мг/л (Khatun et al., 2018, Кляченко та ін., 2024). Із всіх досліджених нами варіантів оптимальним для сорту "Raffino Linde" виявилось живильне середовище МС з додаванням до нього 1,0 мг/л БАП та 0,2 мг/л ІОК (Khatun et al., 2018, Кляченко та ін., 2024). При цьому коефіцієнт розмноження становив 1:5 і отримано нормально розвинені



мікропагони.

Крім ростових характеристик було визначено якісні характеристики калюсних тканин, а саме їх компактність та забарвлення. Необхідно зазначити, що для обох генотипів вони відрізнялись від складу живильного середовища. При культивуванні калюсних тканин на живильних середовищах МСК2 та МСК3 спостерігали утворення щільного калюсу із зеленими осередками клітин, тоді як на середовищі МСК1 – світло-жовтого кольору, не щільного, що характерно для обох досліджуваних сортів гвоздики (Khatun et al., 2018, Кляченко та ін., 2024).

Отже, в межах сортів гвоздики майже не спостерігалися значні відмінності у протіканні процесів калюсогенезу і частота калюсогенезу становила 100%.

Таким чином в результаті проведених досліджень встановлено впливу концентрації фітогормонів в живильному середовищі на індукцію калюсогенезу ізольованих експлантатів двох сортів гвоздики голландської "Tiya" та "Raffino Linde" та розроблені етапи отримання асептичної культури.

### Література:

1. Мельничук МД, Кляченко ОЛ. Біотехнологія в агросфері. Вінниця, ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. – 350 с.
2. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 1962;5:473–497.
3. Khatun M, Roy PK, Razzak MA. Additive effect of coconut water with various hormones on *in vitro* regeneration of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). *J. Anim. Plant Sci.* 2018;28(2):204-215.
4. Кляченко ОЛ, Кущенко КС, Шляхтун ІС, Безпрозвана ІВ. Отримання безвірусного посадкового матеріалу гвоздики (*Dianthus caryophyllus* L.) *in vitro*. *Біол. Сист. Теор. Іннов.* 2024;15(1):17-29.

## **AGROBACTERIUM-ОПОСЕРЕДКОВАНА ТРАНСФОРМАЦІЯ МОДЕЛЬНОЇ РОСЛИНИ *ARABIDOPSIS THALIANA* МЕТОДОМ «FLORAL DIP»**

**Некрутенко А.І., Гринчук К.В.**

**Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна**  
*e-mail:* [alnekrutenko@gmail.com](mailto:alnekrutenko@gmail.com)

*Arabidopsis thaliana* - квіткова однорічна (рідше дворічна) рослина, яка належить до сімейства капустяних (*Brassicaceae*), зазвичай досягає 20–25 см заввишки. Ця рослина не має агрономічного значення, оскільки більше відома як бур'ян. Однак, *A. thaliana* зарекомендував себе як модельний організм і набув широкого використання у фундаментальних генетичних дослідженнях та молекулярній біології. Його геном якого був повністю секвенований у 2000 році і є досить невеликим для рослини (~132 Mbp), з ~38 000 локусів, наявністю близько 20 000 генів, які розподілені між п'ятьма ядерними хромосомами (Woodward et al., 2018). *A. thaliana* досить невибагливий до умов вирощування. Більшість лабораторних зразків та їх мутантні або трансгенні похідні цвітуть через 4-5 тижнів і закладають насіння через 7-8 тижнів за стандартних умов росту (грунт, довгий день, температура 23°C). Переваги *A. thaliana*, як модельного організму: самозапліднюється, дає велику кількість насіння, має відносно невеликий геном (полегшує ідентифікацію вибраних ознак), проста організація геному (придатність для генетичних і біологічних експериментів).

Важливим досягненням у дослідженнях *Arabidopsis* є розробка ефективних процедур генетичної трансформації. Це дає змогу інтегрувати у рослину цікаві клоновані гени для їх перевірки (експресії) та подальшого аналізу для використання на культурних рослинах. Однією з технологій трансформації *A. thaliana* є введення ДНК за допомогою *Agrobacterium tumefaciens* методом «Floral dip». Цей метод є процедурою генетичної трансформації *in planta*, і виконується шляхом занурення квітів живої рослини у суспензію *Agrobacterium* (несуть необхідні гени у вигляді плазміди). Ця маніпуляція проводиться на етапі початку цвітіння рослини. Ймовірними мішенями трансформації є тканини-попередники гаметофітів, зрілі гаметофіти або нещодавно запліднені зародки. Далі з таких рослин збирають насіння, з якого отримують рослини з цільовими генами. В подальшому їх відбирають шляхом обробки антибіотиком або гербіцидом на стійкість, яку вони мали набути через трансформацію, або іншими методами. На основі отриманих даних, проводять необхідні аналізи або експерименти. У більшості випадків, додатково використовують вакуумну інфільтрацію, з метою забезпечення кращої проникності бактерії у тканини рослини за допомогою вакууму. Важливим фактором є внесення у бактеріальну суспензію розчину сахарози і поверхнево-активних речовин (сприяють кращому змочуванню). Перевагою цього методу є відсутність етапу введення рослини в культуру *in vitro*, отримання генетично однорідного потомства (нехимерного), зведення до мінімуму соматональної варіації (Ali et al., 2022).

### **Література:**

1. Ali I, Sher H, Ali A, Hussain S, Ullah Z. Simplified floral dip transformation method of *Arabidopsis thaliana*. J. Microbiol. Methods. 2022;197:106492
2. Woodward AW, Bartel B. Biology in bloom: a primer on the *Arabidopsis thaliana* model system. Genetics. 2018;208(4):1337–1349.

## ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ СОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ НАНОКАРБОКСИЛАТІВ ГЕРМАНІЮ І ЦИНКУ НА ФОНІ ЗАСОЛЕННЯ

Обезюк І. М., Михалків Л. М., Коць С. Я.

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

*e-mail: [vanya.obezuk@gmail.com](mailto:vanya.obezuk@gmail.com)*

Соя – одна із стратегічних культур для України. Її виробництво є важливим чинником у вирішенні продовольчої проблеми, ліквідації дефіциту білка та поповнення ресурсів жирів, стабілізації землеробства, підвищення урожайності сільськогосподарських рослин. Водночас ця культура є чутливою до дії стресових чинників, що є причиною порушення фізіологічних процесів і призводить до зниження її продуктивності. У вирішенні вказаних проблем важливу роль відіграє дотримання правильної технології вирощування сої, зокрема, забезпечення рослин мікро- та макроелементами. При цьому слід враховувати здатність сої в симбіозі з бульбочковими бактеріями фіксувати атмосферний азот, а відтак – важливість застосування бактеріальних препаратів для передпосівної інокуляції насіння. Мікроелементи є важливими складовими метаболізму рослинних організмів, беруть участь у фотосинтетичних процесах, окисно-відновних реакціях, азотному та вуглеводному обміні, входять до складу активних центрів ферментів і вітамінів. Тому належне забезпечення ними є дієвим способом підвищення продуктивності рослин. Доведено, що використання нанокарбоксилатів окремих мікроелементів сприяє кращому формуванню та функціонуванню симбіотичних систем сої з ризобіями і дозволяє підвищити якісні й кількісні показники урожаю рослин при мінімальному використанні хімічних добрив.

Зважаючи на викладене, метою нашої роботи було дослідити особливості формування і функціонування симбіозу соя – *Bradyrhizobium japonicum* при використанні нанокарбоксилатів Ge і Zn як компонентів інокуляційної суспензії за сольового стресу

Дослідження проводили на базі Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, об'єктами були симбіотичні системи, створені за участю рослин сої сорту "Самородок" і активного штаму бульбочкових бактерій *B. japonicum* PC08. Насіння інокулювали суспензією бульбочкових бактерій, у яку вносили нанокарбоксилати Ge і Zn (1:1000). У результаті проведених досліджень показано, що за використання Ge на фоні внесення NaCl збільшувалася маса і кількість бульбочок у період бутонізації та утворення бобів, порівняно до варіанту зі звичайною інокуляцією. Щодо ефекту нанокарбоксилату Zn, слід зазначити, що внесення його в інокуляційну суспензію здебільшого пригнічувало утворення та ріст бульбочок на коренях сої як за оптимальних умов вирощування, так і на фоні використання NaCl. Аналіз результатів дослідження азотфіксувальної активності симбіотичних систем показав залежність впливу нанокарбоксилатів мікроелементів від фази розвитку рослин і наявності NaCl у субстраті їх вирощування. Відзначено, що внесення нанокарбоксилату Ge в інокуляційну суспензію активізує процес відновлення N<sub>2</sub> у період бутонізації, але гальмує його під час цвітіння. Виявлений в окремі фази розвитку рослин позитивний ефект від застосування нанокарбоксилату Ge може бути пов'язаним із модифікацією метаболізму бактеріальних клітин, що й обумовило посилення азотфіксувальної активності кореневих бульбочок. Водночас за використання нанокарбоксилату Zn спостерігали пригнічення процесу азотфіксації бульбочками рослин сої як за оптимальних умов вирощування (фаза бутонізації - цвітіння), так і за умов засолення (фаза бутонізації – утворення бобів).

Таким чином, підтверджено ефективність застосування нанокарбоксилату Ge щодо формування симбіозу сої з бульбочковими бактеріями, а також активності фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами сої. Показана перспективність подальших досліджень впливу нанокарбоксилату Ge на продуктивність сої в умовах засолення.

## ОЦІНКА *IN VITRO* СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ

Пикало С.В., Юрченко Т.В., Харченко М.В.

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України

e-mail: [pykserg@ukr.net](mailto:pykserg@ukr.net)

Пшениця – провідна зернова культура в багатьох регіонах світу й один з основних продуктів харчування. Глобальне потепління і пов'язана з ним часта повторюваність посух зумовлюють необхідність об'єднання зусиль біотехнологів, генетиків і селекціонерів для створення адаптивних генотипів пшениці (Blum, 2005). Поряд із морфолого-анатомічними та фізіолого-біохімічними методами оцінки стресостійкості рослин пшениці біотехнологічні підходи набули широкого поширення. Особливої актуальності набуває застосування культури тканин і органів *in vitro*. Мета роботи – провести оцінку *in vitro* сортів пшениці м'якої озимої на стійкість до водного дефіциту з використанням маніту як стрес-чинника.

Матеріалом досліджень слугували сорти пшениці м'якої озимої вітчизняної та зарубіжної селекції. Культуру калюсів ініціювали з незрілих зародків на середовищі Мурасіге-Скуга (Murashige and Skoog, 1962), яке містило 2 мг/л 2,4-Д. Для кожного сорту було взято по 160 експлантів. Експланти культивували при 26 °С в темряві впродовж трьох тижнів. Частоту індукції калюсу та утворення морфогенного калюсу по кожному варіанту визначали як відсоток до початкової кількості висаджених експлантів. Одержані калюси культивували у чашках Петрі за тих же умов на селективному середовищі з 0,6 М маніту протягом 4-х тижнів. Контроль – середовище без маніту. Через 4 тижні визначали частку живих калюсів як відношення кількості життєздатних калюсів до їх початкового числа.

У процесі роботи було виявлено, що досліджувані генотипи пшениці м'якої озимої характеризуються різною здатністю до індукції калюсу, яка варіювала від 66,1 % до 97,8 %. Найбільша частота індукції калюсу відмічена в сортів – МП "Ніка" (97,8 %), МП "Відзнака" (89,7 %), "Трудівниця миронівська" (88,5 %), МП "Роксолана" (88,1 %), МП "Феєрія" (86,3 %), МП "Дніпрянка" (83,7 %), "Балада миронівська" (82,7 %) та "Турунчук" (81,5 %), найменша – "Поліська 90" (66,1 %), "Торілд" (67,2 %), "Каталіус" (67,6 %). Після 3-х тижнів культивування виявлено два типи калюсу за морфологічними властивостями: морфогенний та неморфогенний. Найбільша частота утворення морфогенного калюсу виявлена в сортів: МП "Ніка" (66,7 %), МП "Дарунок" (59,7 %), МП "Вишиванка" (58,9 %), МП "Роксолана" (58,4 %), МП "Дніпрянка" (58,2 %), а найменша – "Поліська 90" (36,2 %), "Торілд" (38,4 %), "Самурай" (39,5 %). Під час визначення виживаності калюсних культур пшениці найбільшу частку живих калюсів виявлено в сортів – МП "Феєрія" (42,9 %), "Балада миронівська" (42,3 %), МП "Валенсія" (39,6 %), МП "Дарунок" (38,1 %), МП "Ассоль" (37,3 %), "Альбатрос одеський" (36,7 %). Ці генотипи виявились найменш чутливими до осмотичного стресу, оскільки мали найвищу частку життєздатних калюсів, що продовжували свій ріст і проявляли ознаки морфогенезу за селективних умов. Стійкість до осмотичного стресу була найменшою в сорту "Самурай", так як у нього виживаність калюсів була найменшою – велика їх частка підлягала некрозу.

Таким чином, у результаті досліджень проведено оцінку *in vitro* сортів пшениці м'якої озимої на стійкість до водного дефіциту та виділено генотипи, які відрізнялись здатністю до росту на середовищі з осмотично активною речовиною протягом циклу культивування. У вивчених сортів відмічено генотипову залежність процесів морфогенезу *in vitro*.

### Література:

1. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Crop Pasture Sci.* 2005;56(11):1159-1168.
2. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;15(3):473-497.

## ВИКОРИСТАННЯ PGPB ДЛЯ БІОСИНТЕЗУ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ

Арслан (Плоховська) С.Г.<sup>1,2</sup>, Гарсія-Вілларакко А.<sup>2</sup>, Фуенте-Гонсалес Е.<sup>2</sup>, Лукас Х.А.<sup>2</sup>,  
Гутьєррес-Маньєро Ф.Х.<sup>2</sup>, Рамос-Солано В.<sup>2</sup>, Ємець А.І.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Університет Сан-Пабло, Фармацевтичний факультат, м. Мадрид, Іспанія

e-mail: [svetaplohovska@gmail.com](mailto:svetaplohovska@gmail.com)

Використання мікроорганізмів, що стимулюють ріст рослин (PGPM) є найбільш поширеним і широко прийнятим підходом для отримання свіжого та здорового врожаю за допомогою органічного землеробства (Kumar et al., 2022). Загальними механізмами більшості PGPM є солюбілізація фосфатів, модуляція фітогормонів, синтез біологічно активних сполук та підвищення доступності поживних речовин. Синтез наночастинок із PGPM є захоплюючим підходом, і ці наночастинок часто використовуються для сталого сільського господарства як нанодобрива та нанопестициди (Wang et al., 2017). Наночастинок срібла (AgNPs) є одними з найважливіших та найефективніших, які часто використовуються в різних суміжних секторах. Відомо, що різні фактори, включаючи рН, температуру та концентрацію нітрату срібла контролюють розмір та властивості синтезованих AgNPs. Таким чином, метою роботи було провести біологічний синтез AgNPs за допомогою бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPB), здійснити аналіз та характеристику отриманих AgNPs та оцінку їх антибактеріальної активності.

В ході роботи було проведено позаклітинний синтез AgNPs із використанням бактеріального фільтрату із *Pseudomonas* sp. Проведено оптимізацію умов синтезу із використанням різних параметрів (температура, рН та концентрації AgNO<sub>3</sub>). Утворення AgNPs підтверджено УФ-спектром в діапазоні поглинання від 400 до 450 нм. Аналіз ТЕМ показав сферичну форму AgNPs, а їх середній розмір коливався в межах 14-21 нм в залежності від умов синтезу. Встановлено, що найкращі параметри для біосинтезу AgNPs спостерігаються при температурі 37°C, рН 9 та співвідношенні 2:4 з AgNO<sub>3</sub> (1 мМ). За допомогою XRD аналізу встановлено кристалічну структуру синтезованих AgNPs. Для дослідження приєднаних функціональних груп на поверхні AgNPs проведено FTIR аналіз. Основні смуги спектрів AgNPs відповідають коливанням зв'язків біомолекул із бактеріального фільтрату *Pseudomonas* sp. Біосинтезовані AgNPs перевірили на їх антибактеріальну активність проти патогенних бактерій, таких як *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Enterococcus* sp., *Salmonella* sp., *P. aeruginosa* та *E. coli*. В роботі порівняли два зразки 1 та 4 (співвідношення 5:1 та 2:4 із 1 мМ AgNO<sub>3</sub>), які були синтезовані при 37°C та рН 9. Виявлено, що діаметр зони пригнічення росту був більшим при використанні AgNPs, синтезованих у співвідношенні 2:4 (зразок 4) як для G<sup>+</sup>, так і для G<sup>-</sup> бактерій. Серед G<sup>+</sup> бактерій найвищу антибактеріальну активність AgNPs виявлено для *S. epidermidis*, а серед G<sup>-</sup> бактерій – для *P. aeruginosa*. Таким чином, проведено біологічний синтез AgNPs, які демонструють високу антибактеріальну активність проти різних патогенних штамів бактерій і мають багатообіцяючий потенціал застосування в сільському господарстві.

Робота виконана за фінансової підтримки ЄС в рамках програми MSCA4Ukraine (номер гранту AvH ID1233311).

### Література:

1. Kumar A. Microbial biocontrol: sustainable agriculture and phytopathogen management; Springer Nature Chem: Cham, Switzerland, 2022;1:1-369.
2. Wang L, Hu C, Shao L. The antimicrobial activity of nanoparticles: present situation and prospects for the future. Int. J. Nanomed. 2017;12:1227-1249.

## НАНОПРАЙМУВАННЯ ZnONPs ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Потупа В. Ю.<sup>1</sup>, Косинська Т.В.<sup>1</sup>, Шкотова Л.В.<sup>2</sup>, Волошина І.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: [i\\_woloschyna@yahoo.com](mailto:i_woloschyna@yahoo.com)

Одним із важливих напрямків біотехнології в сільському господарстві є нанопраймування насіння рослин. Нанопраймінг – це інноваційна технологія обробки насіння, яка сприяє поліпшенню його проростання, збільшенню росту та урожайності, а також забезпечує стійкість рослин до стресів. Дослідники вважають, що основні особливості наночасток у нанопраймінгу

полягають у тому, що вони сприяють розвитку обміну електронами та покращенню можливостей поверхневих реакцій, пов'язаних з різними компонентами рослинних клітин і тканин (Nile SH et al, 2022).

Нанопраймінг відповідає за індукцію експресії генів аквапорину, які беруть участь у споживанні води та опосередковує пероксид водню (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), або активні форми кисню (АФК), дисперговані на біологічних мембранах. Він активує АФК, а також антиоксидантні механізми в насінні, таким чином стимулюючи швидкий гідроліз крохмалю. Індійські вчені дослідили, що нанопраймування насіння за допомогою наночасток ZnO (ZnONPs) може зменшити абіотичний і біотичний стрес рослин, діяти як біостимулятор, спричиняючи збільшення швидкості проростання, росту розсади та рослин і загальної свіжої ваги, а також покращує біомасу та фотосинтетичний механізм, саме завдяки їхній здатності рухатися через оболонки насіння (Gupta N et al, 2022). Зернові культури великого споживання є основною ціллю для покращеного виробництва на сухих, засолених і забруднених ґрунтах. Однак концентрація цинку в зерні дуже низька, особливо при вирощуванні на ґрунтах з дефіцитом цинку. В італійських дослідженнях було показано, що нанопраймінг пшениці (*Triticum indicum*, *Triticum aestivum* H1-1544) ZnONPs у різних концентраціях позитивно впливає на проростання насіння, збільшення довжини коренів і пагонів, зниження рівня смертності. Механізм роботи пояснюється посиленням або інгібуванням параметрів, пов'язаних із початком процесів проростання, таких як розрив спокою, гідроліз, метаболізм інгібіторів, імбібіція та активація ферментів (Donia DT et al, 2023).

Зміни в навколишньому середовищі та кліматі загрожують сільському господарству та безпеці продуктів харчування. Дослідження зосереджуються на вивченні властивостей оброблених рослин та оптимальних умовах для використання ZnONPs. Однак для ефективного використання цієї технології потрібно докладне порівняльне дослідження структури та властивостей ZnONPs (Donia DT et al, 2023).

### Література:

1. Donia DT, Carbone M. Seed priming with zinc oxide nanoparticles to enhance crop tolerance to environmental stresses. *Int. J. Mol. Sci.* 2023;24(24):17612.
2. Gupta N, Singh PM, Sagar V, Pandya A, Chinnappa M, Kumar R, Bahadur A. Seed priming with ZnO and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles alleviate the lead toxicity in *Basella alba* L. through reduced lead uptake and regulation of ROS. *Plants.* 2022;11(17):2227.
3. Nile SH, Thiruvengadam M, Wang Y, Samynathan R, Shariati MA, Rebezov M, Nile A, Sun M, Venkidasamy B, Xiao J, Kai G. Nano-priming as emerging seed priming technology for sustainable agricultur – recent developments and future perspectives. *J. Nanobiotechnol.* 2022; 20(1).

## ПЕРВИННІ ЕТАПИ КЛОНАЛЬНОГО МІКРОРОЗМНОЖЕННЯ *VACCINIUM ULIGINOSUM* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Теслюк Н. І., Газіна І.М

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

e-mail: [natalana@onu.edu.ua](mailto:natalana@onu.edu.ua)

Лохина болотяна (*Vaccinium uliginosum* L.) – одна з найперспективніших у світі та Україні ягідних культур. Ця цінна лісова ягода приносить нам користь не тільки як десерт або дієтична добавка, але і як лікувальний та косметичний компонент. Лохина болотяна (*Vaccinium uliginosum* L.) маловивчена в умовах *in vitro* ягідна культура, тому пошукові роботи з оптимізації технології клонального мікророзмноження цієї рослини є актуальними (Pavlovskij, 2010; Pathirana et al., 2015).

**Мета роботи** – розробка первинних етапів клонального мікророзмноження *Vaccinium uliginosum* L. в культурі *in vitro*.

Зазвичай для введення в культуру *in vitro* використовують пагони з бруньками, взяті з рослин навесні, на початку набухання бруньки (Cüce et al., 2017). В даній роботі використовували ініціальний матеріал з пагонів, пробуджених до вегетації у зимовий період, експланти з вегетуючих пагонів у літній період та з пагонів, взятих навесні. Встановлено і підтверджено, що на 40% кращим було введення експлантів з пагонів, взятих навесні.

При аналізі наукових джерел щодо проблеми клонального мікророзмноження лохини було виявлено, що найчастіше використовують середовище Андерсона (AN) (Anderson, 1984). Виявлено, що найбільше для процесів розмноження лохини використовують гормони класу 2-ізопентеніладенін (2-іP), 3-індолмасляна кислота (ІВА) та зеатин (Erst et al., 2018). Нами встановлена можливість ефективно проводити процес введення лохини на модифікованому середовищі Мурасіге-Скуга (MS) з додаванням 25 г/л сахарози, 8 г/л агару, 5 мг/л БАП, 2 мг/л ІУК, а також зі змінами складу щодо вітамінів та амінокислот. Така модифікація дозволила підвищити ефективність процесу введення лохини в культуру *in vitro* на 12%.

Важливим та проблемним етапом клонального мікророзмноження лохини є етап стерилізації рослинного матеріалу при введенні в культуру *in vitro*. Встановлено, що ефективною схемою стерилізації є промивання у мильному розчині протягом 10 хвилин, п'ятнадцятихвилинне витримування в 3% розчині гіпохлориту натрію (NaOCl) з подальшим промиванням стерильною дистильованою водою 5 хвилин та обробка 96% етанолом протягом 30 секунд.

Отже, нами розроблена ефективна схема введення лохини в культуру *in vitro*, яка включає відбір пагонів з бруньками, взятих з рослин навесні, на початку набухання бруньки, використання модифікованого середовища Мурасіге-Скуга і застосування ефективної схеми стерилізації.

### Література:

1. Anderson W. A revised tissue culture medium for shoot multiplication of Rhododendron. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1984;(109):343-347
2. Cüce M, Sökmen A. In vitro production protocol of *Vaccinium uliginosum* L. (Bog bilberry) growing in the Turkish flora. Turk. J. Agric. For. 2017;(41):294-304.
3. Erst A, Gorbunov A, Erst A. Effect of concentration, method of auxin application and cultivation conditions on in vitro rooting of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.). J. Berry. Res. 2018;8(1):41-53.
4. Pathirana R, Wiedow C, Pathirana S, Hedderley D, Morgan E, Scalzo S, Frew T, Timmerman-Vaughan G. Ovule culture and embryo rescue facilitate interspecific hybridisation in blueberry (*Vaccinium* spp.). Acta Hort. 2015;(1083):123-32.
5. Pavlovskij N. Methods of vegetative propagation of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Fruit Grow. 2010;(22):328-440.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТОКОЛУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ТКАНИН РОСЛИН *TILIA PLATYPHYLLOS* SCOP. *IN VITRO*

Чорнобров О.Ю.<sup>1</sup>, Чорнобров О.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ВП НУБіП України “Боярська лісова дослідна станція”

<sup>2</sup>Інститут агроєкології і природокористування НААН України

e-mail: [o\\_chornobrov@nubip.edu.ua](mailto:o_chornobrov@nubip.edu.ua)

Одержання високоякісного садивного матеріалу рослин липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.) – цінної лісової, лісомеліоративної, ґрунтозахисної, декоративної, медоносної і лікарської рослини актуальне завдання сьогодення. Мікроклональне розмноження, на протипагу традиційним способам, дозволяє одержувати оздоровлені генетично однорідні рослини упродовж року з мінімальної кількості донорного матеріалу (Smith, 2012; Sunghun Park, 2021). У різні роки низка вчених, таких як Chalupa (1984, 2003); Kunneman, Albors (1991); Ina Pinker et al. (1995); Sarvašová, Ďurkovič (2002); Mehrdad et al. (2011); Naiwei Li et al. (2013); Shijie Lin et al. (2024) досліджували особливості морфогенезу і регенерації в культурі тканин і органів рослин *Tilia in vitro*. У той же час відомо, що органогенез тканин деревних рослин *in vitro* залежить від комплексу внутрішніх і зовнішніх чинників, що зумовлює необхідність добору оптимальних умов культивування для їх тиражування *in vitro*. Асептичність експлантатів – передумова мікроклонального розмноження. Мета дослідження – оптимізувати протокол стерилізації мікропагонів рослин *T. platyphyllos* для масового мікроклонального розмноження.

Для досліджень використовували пагони завдовжки 15–25 см *T. platyphyllos* ізольовані із 30-річних донорів у березні-квітні 2024 р. Далі їх нарізали на 3–5 см мікропагони та витримували у мильному розчині й проточній воді упродовж 10 хв з наступним перенесенням у дистильовану воду. Після цього здійснювали ступінчасту стерилізацію “легкого типу” з використанням 70 % етилового спирту (1 хв), 35 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (5 хв) та 2 % AgNO<sub>3</sub> (5 хв). Відстерилізовані експлантати споліскували у трьох порціях стерильної води з наступним перенесенням у 1.0 % розчин аскорбінової кислоти. Рослинний матеріал витримували у чашках Петрі (по 8–10 шт.) на базовому безгормональному живильному середовищі WPM (McCown & Lloyd, 1981) з додаванням 200 мг·л<sup>-1</sup> цефотаксиму за температури +6±1°C упродовж 2 діб. Для ініціації росту експлантатів їх субкультивували на живильне середовище WPM з додаванням ауксинів (0,5 мг·л<sup>-1</sup> ІВА та НАА), цукрозу і вітаміни не додавали. Мікропагони витримували у культуральному посуді з додаванням 30–35 мл живильного середовища у світловому приміщенні за температури 24 ± 1 °C і освітлення 2.0–3.0 клк з 16-годинним фотоперіодом та відносною вологістю повітря 70–75 %.

За результатами досліджень одержано 80 % ефективність стерилізації мікропагонів *T. platyphyllos* ізольованих у весняний період. Використання стерилізації “легкого типу” із застосуванням антибіотиків із наступним культивуванням на середовище без цукрів дозволило одержати значну кількість асептичного рослинного матеріалу. Активацію росту бруньок фіксували на 8–11 добу. Мікропагони завдовжки 2–3 см відділяли від донорного експлантату та субкультивували на регенераційні живильні середовища. Рослини мали характерну для виду пігментацію, ознак вітрифікації не виявлено.

### Література:

1. McCown B.H., Lloyd G. Woody Plant Medium (WPM) – A mineral nutrient formulation for microculture of woody plant species. HortScience. 1981;16:453.
2. Smith R.H. Plant tissue culture: Techniques and experiments. Burlington: Elsevier Science; 2012. 55 p.
3. Sunghun Park. Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments. Fourth Edition. Academic Press: Elsevier; 2021. 227 p.



## БІОПАЛИВО ЯК ВАЖЛИВА АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОПНИМ ДЖЕРЕЛАМ ЕНЕРГІЇ

Бірук Я.Ю.

<sup>1</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна,  
e-mail: [biruk.yana@ill.kpi.ua](mailto:biruk.yana@ill.kpi.ua)

У зв'язку зі зростанням глобального попиту на енергію та значних викидів парникових газів через використання викопного палива, попит на його альтернативне джерело збільшується.

Біопаливо містить низький рівень вуглецю та виробляється з біомаси, а не в результаті дуже повільних геологічних процесів, як у випадку викопного палива. Також воно має нижчий рівень сірки та азоту, ніж нафта, проте містить кисень у своєму складі (10 – 45%), що допомагає двигуну ефективніше спалювати паливо, при цьому зменшуючи забруднення повітря. До енергетичних культур для його виробництва відносять сою, кукурудзу, пшеницю, цукрову тростину тощо. Таке біопаливо при горінні викидає менше забруднюючих речовин і парникових газів, крім того, джерела біопалива є відновлюваними на відміну від нафти, природного газу та вугілля (Mahapatra et al, 2021).

Виробництво біопалива проводиться ферментацією (розщеплення сахаридів цукрових і крохмальних культур з подальшим перетворенням дріжджами на етанол, при цьому тверді залишки використовують як корм для худоби або паливо для котлів) чи анаеробним зброджуванням (відбувається у великих резервуарах з виділенням тепла, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> і H<sub>2</sub>S, при цьому продукт біоконверсії використовується як добриво, а виділений біогаз – як паливо) (Mahapatra et al, 2021).

Існує три покоління сировини для біопалива. До першого відносяться багаті цукрами, крохмалем та оліями рослини. Технологія промислового виробництва такого біопалива є добре вивченою. Проте ця сировина є їстівною, а її вирощування потребує добрив та розширення сільськогосподарських угідь. Тому почали використовувати сировину другого покоління – нехарчові багаті на олію рослини, лігноцелюлозну біомасу та агропромислові відходи. Вирощування культур можна проводити на маргінальних землях, що в свою чергу може знизити їх ерозію та деградацію. Серед джерел сировини другого покоління є кавові залишки, лущиння арахісу, паперова шовковиця, солома тощо. Проте використання лігноцелюлозної біомаси досі обмежується менш розвиненими технологіями виробництва, складності попередньої обробки та високоартісним обладнанням (Ning et al, 2021). До сировини третього покоління відносяться ціанобактерії та мікроводорості, що є багатими на ліпіди та білок, містять значно менше лігніну, що полегшує переробку, можуть рости у різних водоймах та біореакторах, а технологічний процес виробництва палив з водоростей практично безвідходний, оскільки сухі відходи містять ряд корисних речовин, тому можуть використовуватись як корм для тварин чи переробляти на паливні брикети. Найчастіше для виробництва біопалива обирають штами *Nannochloropsis* sp., *Chlorella sorokiniana* та *Chlorella protothecoides* (Khan et al., 2023). Водорості характеризуються великою швидкістю росту та не потребують великих площ землі. Виробництво біопалива з сировини третього покоління вважається найперспективнішим (Ning et al, 2021).

### Література:

1. Mahapatra S, Kumar D, Singh B, Sachan PK. Biofuels and their sources of production: a review on cleaner sustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus. *En. Nex.* 2021;4:100036.
2. Khan S, Das P, Abdul Quadir M, Thaher MI, Mahata C, Sayadi S, Al-Jabri H. Microalgal feedstock for biofuel production: recent advances, challenges, and future perspective. *Fermentation.* 2023;9(3):281.
3. Ning P, Yang G, Hu L, Sun J, Shi L, Zhou Y, Wang Z, Yang J. Recent advances in the valorization of plant biomass. *Biotechnol Biofuels.* 2021;14(1):102.

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТАГ-ЛІПАЗ *CAMELINA SATIVA* І *BRASSICA CARINATA* ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З ПРОМИСЛОВИМИ ЛІПАЗАМИ ГРИБНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Гоцуляк В.Я.<sup>1</sup>, Блюм Р.Я.<sup>1</sup>, Рабоконь А.М.<sup>1</sup>, Савчук О.М.<sup>2</sup>, Ємець А.І.<sup>1</sup>, Блюм Я.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна;

<sup>2</sup>ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса

Шевченка, м. Київ, Україна,

e-mail: [blume.rostislav@gmail.com](mailto:blume.rostislav@gmail.com)

Використання рідких біопалив, отриманих на основі рослинних олій, зокрема біодизелю, може суттєво зменшити рівень викидів парникового газу та інших забруднювачів у атмосферу (Hotsuliak et al., 2023). На жаль, недостатня ефективність виробництва біопалив та, відповідно, їх дороговизна суттєво лімітують масштабне впровадження різних видів альтернативного палива (Hotsuliak et al., 2023). Найбільш перспективними сільськогосподарськими культурами для отримання рослинної олії на сьогодні вважаються представники родини Хрестоцвітих, зокрема рижій посівний (*Camelina sativa*) та каріната (*Brassica carinata*) (Blume et al., 2022, 2023). Конверсія рослинних олій у біодизель може бути найбільш повною лише у випадку трансестерифікації за допомогою ліпаз, оскільки такі ензими здатні як до хімічно-селективної конверсії, так і є регіоселективними (Santaraite et al., 2020).

В рамках даної роботи нами був проведений аналіз особливостей послідовностей ключових функціональних доменів ендогенних ліпаз *C. sativa* та *B. carinata*, котрі еволюційно адаптовані до розщеплення ТАГ насіння, з комерційними ліпазами, що використовуються для виробництва біодизелю.

За результатами повногеномного пошуку ідентифіковано 13-ть генів ТАГ-ліпаз карінати та 15 відповідних ортологічних генів рижію. Реконструкція їх філогенії вказує на наявність двох великих груп ТАГ-ліпаз, які включають канонічні ТАГ-ліпази або ж пататин-подібних та цукор-залежні. Проаналізовано доменну будову ТАГ-ліпаз карінати, а також виявлено ступінь дивергенції послідовностей їх функціональних регіонів, що дозволило виявити доволі низький рівень консервативності функціональних доменів ТАГ-ліпаз у рижію та карінати у порівнянні з комерційними ліпазами *Candida antarctica*, *Thermomyces lanuginosa*, *Rhizomucor miehei* та *Asperigillus oryzae*.

За результатами проведеного аналізу було встановлено, що саме ліпази *A. oryzae* та *C. antarctica* є кандидатами, які могли би бути найбільш ефективними для конверсії ліпідів карінати та рижію. Однак прямої залежності між подібністю послідовності та високою ефективністю конверсії ліпідів наразі підтверджено не було, тому в майбутньому необхідні подальші дослідження, які б дозволили прояснити дане питання.

Робота виконана за підтримки науково-дослідного проекту 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 частково проекту НАН України (2023-24 рр, № Держреєстрації: 0123U102104) в рамках програми 6541230.

### Література:

1. Hotsuliak VY, Blume RY, Blume YB. Comparative analysis of *Camelina sativa* and fungal industrial lipases used for biodiesel production. *Factors Exp. Evol. Organisms*. 2023;32:23-30.
2. Blume RY, Rakhmetov DB, Rakhmetova SO, Hotsuliak VY, Yemets AI, Blume YB. Introduction and performance of emerging biofuel crop *Brassica carinata* in Ukraine. *Eur. Biomass Conf. Exhib. Proc*. 2023;1:104-106.
3. Blume RY, Rakhmetov DB, Blume YB. Evaluation of Ukrainian *Camelina sativa* germplasm productivity and analysis of its amenability for efficient biodiesel production. *Ind. Crop. Prod*. 2022;187B:115477.
4. Santaraite M, Sendzikiene E, Makareviciene V, Kazancev K. Biodiesel production by lipase-catalyzed in situ transesterification of rapeseed oil containing a high free fatty acid content with ethanol in diesel fuel media. *Energies*. 2020;13:2588.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ: ВПЛИВ ДЕФІЦИТУ АЗОТУ ТА ВИБІР СЕРЕДОВИЩА КУЛЬТИВУВАННЯ

Іванейчик Н.Ю.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна,  
e-mail: [ivaneichyk.natalia@lil.kpi.ua](mailto:ivaneichyk.natalia@lil.kpi.ua)

Біодизель є важливим альтернативним джерелом енергії, проте його ефективне виробництво залежить від джерел сировини та технологічних процесів. Водорості виступають перспективним біоресурсом завдяки їх швидкому росту, невибагливості до умов культивування та можливості використовувати відходи як поживне середовище, що широко досліджується заради пошуку сучасних підходів оптимізації виробництва. Це дасть високий вихід біодизелю, задовільняючи потреби енергетичної сфери у світі.

Sharma et al. (2015) проводили оцінку ефективності різних середовищ культивування для вирощування мікрководоростей *Chlorella sp.* з метою виробництва біодизелю. Встановлено, що середовище BG-11 є найбільш ефективним і забезпечує високий вихід ліпідів.

Oguz et al. (2023) в своїй роботі оцінювали виробництво біодизелю з двох видів зелених водоростей, *Botryococcus sudeticus* і *Chlorella vulgaris*, в умовах дефіциту азоту. Встановлено, що видалення азоту з середовища культивування призводить до збільшення вмісту ліпідів і виходу метилових ефірів жирних кислот (FAME) у біодизелі. Виявлено, що відсутність азоту впливає на стійкість окиснення і тривалість зберігання біодизелю для обох видів водоростей.

Kalyani et al. (2023) в свою чергу досліджували можливість виробництва біодизелю з природно вирощеної зеленої водорості *Spirogyra*. У цій роботі використовувалися методи розчинного вилучення олії та вижимання для отримання олії з водорості *Spirogyra*, відомої як SALO, з подальшим порівнянням їх виходів. Крім того, для виробництва біодизелю з SALO були використані відходи з курячої шкаралупи для отримання гетерогенного каталізатора. Для максимізації виходу біодизелю був застосований метод оптимізації, відомий як метод поверхні відгуку Бокса-Бенкена (BB RSM). За результатами 29 експериментів було досягнуто високий вихід біодизелю на рівні 96,18%.

Проаналізовані дослідження підтверджують перспективність використання зелених водоростей для виробництва біодизелю, показуючи їх ефективність як сировини, особливо з використанням відходів і оптимізації умов культивування. Дефіцит азоту також виявлено як фактор, що впливає на властивості біодизелю. Ці дослідження вказують на необхідність подальших розробок для покращення технологій та забезпечення енергетичної функції та екологічності біодизелю.

### Література:

1. Sharma AK, Sahoo PK, Singhal S. Screening and optimization of culture media for *Chlorella sp.* as a raw material for biodiesel production. International Journal of Pharma and Bio Sciences, 2015;(3):251-262.
2. Oguz A, Koker L, Ozbayram EG, Akchalan R, Albay M. Biodiesel production from *Botryococcus sudeticus* and *Chlorella vulgaris*: assessment of nitrogen deficiency on lipid fame yield and biodiesel properties. Valorization of Waste and Biomass, 2023;15:2757-2768.
3. Kalyani T, Prasada LSV, Kolakoti A. Biodiesel production from a naturally grown green algae spirogyra using heterogeneous catalyst: an approach to RSM optimization technique. Internat. J. Renew. En. Dev. 2023;12(2):300-312.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ БІОМАСИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА: ЗЕРНОВИХ, ЦЕЛЮЛОЗИ, ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА, ТОЩО.**

**Колошко Ю.В.**

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна*

*e-mail: [yuvita.75@ukr.net](mailto:yuvita.75@ukr.net)*

Біопаливо є одним з найбільш екологічно чистих видів палива, яке може бути вироблене з різних типів біомаси, включаючи зернові, целюлозу, відходи сільського господарства та інші. Використання біопалива сприяє зменшенню залежності від нафтових палив, зниженню викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин у атмосферу, а також загальному поліпшенню стану навколишнього природного середовища.

Перспективи використання зернових для виробництва біопалива досить обширні. Наприклад, кукурудза може бути використана для виробництва етанолу, який може бути доданий до бензина для зменшення кількості нафтових вуглеводнів у паливі. Крім того, пшениця, ячмінь та інші зернові культури можуть бути використані для виробництва біопалива, що сприятиме розвитку сільського господарства та створенню нових ринків збуту для сільськогосподарських продуктів (Tang et al., 2020).

Целюлоза також має великий потенціал для виробництва біопалива. Целюлозне біопаливо може бути вироблене з деревини, трав та інших рослинних матеріалів. Важливою перевагою целюлозного біопалива є те, що воно не конкурує з продукцією їжі, оскільки для його виробництва використовуються некондиційні або недобре використані біоматеріали.

Відходи сільського господарства також можуть бути використані для виробництва біопалива. Наприклад, навоз, солома та інші сільськогосподарські відходи можуть бути перероблені на біопаливо, що дозволить зменшити викиди шкідливих речовин на господарствах та сприятиме використанню внутрішніх ресурсів для виробництва палива.

У загальному, використання різних типів біомаси для виробництва біопалива має великий потенціал і може стати важливим кроком у переході до більш сталого та екологічно чистого енергетичного сектору. Важливо розвивати технології виробництва біопалива, підтримувати дослідження у цій галузі стимулювати інвестиції у виробництво біопалива з метою зниження його вартості та підвищення ефективності й стабільності постачання. Окрім того, важливо розвивати інфраструктуру для використання біопалива, зокрема створення заправних станцій та підтримка автопарку, який може використовувати біопаливо (Tang et al., 2020).

Загальна перспектива використання різних типів біомаси для виробництва біопалива є дуже обіцяним. Видобуток та використання біопалива допомагає зменшити відчуття вуглекислого газу та інших шкідливих речовин у атмосферу, сприяє розвитку сільського господарства та створенню нових ринків збуту для сільськогосподарських продуктів, а також сприяє загальному зменшенню залежності від нафтових палив. Тому важливо продовжувати дослідження та розвивати технології виробництва біопалива для покращення енергетичної ефективності та створення здоровішого середовища для майбутніх поколінь.

### **Література:**

1. Tang Y, Chang S, Huang Z. Biofuels from microalgae: a review of technologies for production, processing, and upgrading. *Renew. Sustain. Ener. Rev.* 2020;133:110079.

## БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Кулічкова Г. І., Іванова Т. С., Самарін В.О., Циганков С. П.

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

e-mail: [newmilk@ukr.net](mailto:newmilk@ukr.net)

У процесі виробництва етанолу для енергетики та напоїв утворюються виробничо-технологічні відходи. Зокрема, вінаса (мелясна барда) – залишок після відгонки спирту із бражки. Вінаса на сьогодні вважається відходом, що забруднює природу. Проблема очищення та/або утилізації барди заводів біоетанолу є доволі гострою (Ivanova et al., 2023). Технології анаеробної ферментації – це основа для знешкодження органічних відходів у світі. Ці технології є універсальними з високим рівнем розвитку. Біогаз – це газ, отриманий з біомаси в результаті анаеробної ферментації. Біогаз можна використовувати для отримання електроенергії, енергії для транспорту, для задоволення потреб в опаленні, а також як альтернативу природному газу. Метою дослідження Лабораторії біотехнології біопалив та інновацій в зеленій енергетиці ДУ "ІХБГ НАН України" було розробити практичні підходи для технології використання вінаси та лігноцелюлозного ко-субстрату для отримання біогазу та органічних добрив на підприємствах із виробництва біоетанолу.

В процесі дослідження використані такі матеріали: бурякова вінаса - як основна сировина для виробництва біогазу; багаса цукрового сорго - як ко-субстрат та лігноцелюлозна сировина, для затримки метаногенів у реакторі, для оптимізації співвідношення карбону до нітрогену (C/N); коров'ячий гній і дигестат діючих біогазових установок - в якості джерела необхідних для анаеробного процесу метаногенезу мікроорганізмів, а також для оптимізації співвідношення C/N. У роботі використовувались методи культивування асоціації анаеробних мікроорганізмів на комплексному субстраті із утворенням біогазу, а також хімічні (гравіметрія, титриметрія), фізико-хімічні (потенціометрія, атомно-абсорбційна спектрометрія для визначення елементного складу субстрату, газова хроматографія для визначення складу біогазу) та статистичні методи.

У процесі виконання роботи створено лабораторні та дослідно-промислова установки для метаногенної ферментації, на яких виконано дослідження і отримано експериментальні дані. Виявлено, що необхідне співвідношення C/N для ферментації вінаси досягається внесенням у ферментаційне середовище лігноцелюлозної біомаси цукрового сорго у кількості 3-5 % по сухій масі до об'єму нативної вінаси. З'ясовано, що для забезпечення затримки метаногенів у реакторі при анаеробному зброджуванні найбільш раціональний розмір часток багаси цукрового сорго становить 2-5 см, що забезпечує достатню швидкість гідролізу носія і підтримання необхідного співвідношення C/N у ферментаційному середовищі. Навантаження субстратом за сухою речовиною при вищезазначених параметрах може досягати 4 кг/м<sup>3</sup> за добу. З'ясовано, що концентрування вінаси до 40 % сухих речовин впливає на ефективність ферментування та дозволяє зменшити розміри реакторів і витрати на їх експлуатацію. За результатами аналізу оптимальних параметрів анаеробного процесу виявлено, що контроль процесу ферментації вінаси доцільно вести за концентрацією летких жирних кислот у ферментаційному середовищі, що характеризує баланс між процесами гідролізу субстрату і швидкістю їх споживання на етапі метаногенезу.

За результатами роботи та їх експериментальної перевірки у виробничих умовах розроблено рекомендації, які впроваджено у проектування промислових біогазових установок у ТОВ «Компанія «Еко-Енергія»» Сумської обл., а також ДП «Гайсинський спиртовий завод» та ДП «Тростянецький спиртовий завод» Вінницької обл.

### Література:

1. Ivanova T, Tsygankov S, Titova L, Dzyhun L, Klechak I, Bisko N. Vinasse utilization into valuable products. In: O. Stabnikova, O. Shevchenko, V. Stabnikov, O. Paredes-López (Eds.). Bioconversion of wastes to value-added products. Series: Food Biotechnology and Engineering. Taylor & Fransis Group: CRC Press, 2023. p. 245-269.

## ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ В СЕЛЕКЦІЇ *CYPERUS ESCULENTUS* L.

Позняк О.В., Тризуб З.А., Чабан Л.В., Кондратенко С.І.

Дослідна станція «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН України, с.  
Крути Чернігівської обл., Україна,  
e-mail: [konf-dsmayak@ukr.net](mailto: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, Рахметов та ін., 2022).

До об'єктів інтелектуальної власності, створених на Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН, належать 2 сорти і 2 лінії: "Запас", "Екватор", Кочівник та Бурштин України. Усі розробки рекомендовані до освоєння, зокрема, й у якості ресурсів для біопалива.

Сорт "Запас" після проведення науково-технічної експертизи в Національному центрі генетичних ресурсів рослин внесений до Національного генбанку за № UE 1400008. Урожайність бульб 32,9 т/га, маса бульб з однієї рослини 350 г, середня кількість бульб з рослини більше 260 штук, маса 1000 бульб 1560 г. Довжина бульби 2,1 см, ширина 1,8 см. Висота рослини 45 см. Кількість листових пучків (парцел) на рослину велика – більше 150. У пучку середня кількість листків – 4-8. Бульби видовжено-яйцеподібної форми, коричневого забарвлення. Горбкуватість на поверхні бульб наявна.

Сорт "Екватор" характеризується високою урожайністю 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.

Лінії Кочівник та Бурштин України, створені в установі, передані для проведення експертизи в Національний центр генетичних ресурсів рослин у 2023 році.

Лінія Кочівник характеризується високою урожайністю 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. Лінія вирізняється округлою формою бульб, слабкою інтенсивністю коричневого забарвлення бульб та здатністю цвісти в умовах північного Лісостепу України (в окремі роки ступінь цвітіння сягає 100% рослин).

Лінія Бурштин України характеризується високою урожайністю бульб – 21,8 т/га, середня кількість бульб з однієї рослини 252 штук, середня маса бульб з однієї рослини 383,0 г; маса 100 товарних бульб 152,4 г. Бульби видовжено-яйцеподібної форми, довжиною 2,2 см і шириною 1,3 см (індекс форми 1,69), інтенсивність коричневого забарвлення бульб слабка. Горбкуватість на поверхні бульб наявна. Лінія вирізняється видовжено-яйцеподібною формою бульб у поєднанні зі слабкою інтенсивністю їх коричневого забарвлення. Вегетаційний період обох ліній близько 150 діб.

### Література:

1. Позняк О. Смикавець їстівний, або чуфа. *АгроСвіт*. 2014;11(21):8-9.
2. Каленська СМ, Рахметов ДБ, та ін. Енергетичні та сировинні рослинні ресурси. Київ: НУБіП України, 2022. С. 90-92.

## ВИРОБНИЦТВО БІОЕТАНОЛУ З *SORGHUM BICOLOR* ПРИ УМОВІ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ СУСЛА

Самарін В.О., Іванова Т.С., Циганков С.П.

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

Біопаливо стає все більш актуальним у світлі постійного зростання попиту на енергію та необхідності зменшення негативного впливу на довкілля. У цьому контексті виробництво біоетанолу за допомогою технології зброджування за високих концентрацій сусла (VHG, very high gravity) набуває особливого значення. Сорго, зокрема зернове сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), рослина, яка вже здобула визнання у сільському господарстві, може стати важливим джерелом виробництва біоетанолу. Висока врожайність і стійкість до посухи роблять його перспективною культурою для вирощування як сировини для біопалива (Volodko et al., 2020).

Зернове сорго є однорічною трав'янистою рослиною. Висота рослин — 110-130 см. Ця культура широко використовується як джерело корму для тварин або для людського споживання в багатьох країнах світу. Однією з ключових переваг зернового сорго є високий вміст крохмалю, який є важливим якісним показником. Крохмаль ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> відноситься до високомолекулярних полісахаридів амілози і амілопектину, мономером яких є глюкоза, та нагромаджується в результаті фотосинтезу як запасна форма вуглеводів. Його крохмальний компонент має властивості, подібні до кукурудзяного крохмалю, і може використовуватися майже як взаємозамінний для виробництва біоетанолу. Комерційно доступні сотні гібридів сорго, великі варіації в їхньому складі, безумовно, вплинуть на продуктивність гідролізу та бродіння. Саме тому, для біоетанольної промисловості важливо мати відповідні методи, які збільшують вихід етанолу з сорго та покращують ефективність перетворення (Stamenković et al., 2020). Сировиною, яка використовувалася в дослідженні, було обрано сорго сорту "Brigga". Високопродуктивний гібрид зернового сорго, раннього терміну дозрівання та орієнтований на спиртове виробництво. Лабораторні дослідження проводились на базі ДП «Марилівський спиртовий завод» (Тернопільська обл.). Для визначення найкращих умов ферментативного гідролізу крохмалю у лабораторні стакани подрібнювали зерна сорго сухого помелу вагою 395 г. Вологість становила 13,22 % яку визначили на вагах-вологомірах ADS. Вміст крохмалю 66,9 %, який визначили з використанням розчину соляної кислоти.

Процес виробництва біоетанолу з використанням сорго за технологією VHG включає ферментацію цукрів. Тому для ферментації оцукреного середовища було обрано дріжджі «Thermosacc». Вибір дріжджів аргументовано високою стійкістю до впливу температури, рН та інших стресових чинників, що виникають під час бродіння. Вміст сухих речовин вихідного культурального середовища для сорго – 28,3 %, початкове значення рН – 5,15. В розріджені зразки середовища вносили 0,8г сухих дріжджів, та ставили в термостат на бродіння 72 години. В лабораторних умовах вдалось понизити динамічну в'язкість сорго при обертаючому моменті 24,2 % з 215,1 мПа·с до 188,4 мПа·с завдяки групі ферментів, які зменшують в'язкість. Це, в свою чергу, допомогло отримати зброжене середовище сорго вмістом 16,63 % етанолу.

Підсумовуючи, зернове сорго, завдяки своєму складу та властивостям, має значний потенціал для виробництва біоетанолу за технологією VHG. Розуміння його складу та оптимізація технологій виробництва можуть сприяти розвитку стійкого та ефективного джерела біопалива.

### Література:

1. Stamenković OS, Siliveru K, Veljković VB. Production of biofuels from sorghum. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020;124(7):109769.
2. Volodko OI, Ivanova TS, Kulichkova GI, Lukashevych KM, Blume YaB, Tsygankov SP. Fermentation of sweet sorghum syrup under reduced pressure for bioethanol production. *Open Agric. J.* 2020;14:235-245.

## ФЕРМЕНТОВАНА МІКРОМІЦЕТАМИ ХАРЧОВА ПРОДУКЦІЯ

Бахлуков Д.О., Круподьорова Т.А.

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

e-mail: [bahlukov@gmail.com](mailto:bahlukov@gmail.com)

Ферментовані продукти є важливою складовою сучасної харчової промисловості та традиційною частиною харчування у багатьох культурах, таких як Південно-Східна Азія, Далекий Схід, і Африканські країни. Поряд з цим, глобальна індустрія ферментованих продуктів має значний потенціал до зростання в найближчі роки завдяки зростанню обізнаності споживачів про переваги ферментованих продуктів для здоров'я, та підвищенню уваги до традиційних ферментованих харчових продуктів різних культур світу. В цілому, ферментовані продукти та інгредієнти мають широкий спектр застосування в різних галузях промисловості.

Останні тенденції на ринку ферментованих харчових продуктів та інгредієнтів включають впровадження інноваційних продуктів (Dahiya et al., 2023). Однак, для промислового виробництва ферментованих харчових складових доцільніше використовувати міцеліальні культури грибів. За рахунок цього можна оптимізувати умови біосинтезу, параметри обробки вихідної сировини та отримати сталу і прогнозовану концентрацію цільових метаболітів у кінцевому продукті. Важливо, що ферментація – контрольована ферментами гриба трансформація органічного продукту, що здатна перетворювати важко перетравлювані сполуки на поживну їжу у більш біодоступній формі, зменшуючи кількість антинутрієнтів. Кількість видів грибів, що використовуються у ферментованих продуктах відносно обмежена, і вони належать до різних класів: Zygomycetes (*Actinomucor elegans*, *A. taiwanensis*, *Amylomyces rouxii*, *Mucor circinelloides*, *M. rouxii*, *M. indicus*, *Rhizopus microsporus*, *R. oligosporus*, *R. oryzae*), Ascomycetes (*Monascus purpureus*, *M. ruber*, *Neurospora sitophila*, *N. intermedia*), Deuteromycetes (*Aspergillus oryzae*, *A. sojae*, *A. glaucus*, *A. melleus*, *A. repens*, *A. candidus*, *A. niger*), Saccharomycetes (*Brettanomyces anomalus*, *Candida javanica*, *Endomyces fibuliger*, *Hansenula anomala*, *Hyphopichia burtonii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *S. dairensis*, *S. globosus*, *S. kluyveri*, *S. sake*, *Torulopsis versatilis*, *Trichosporon pullulans*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Z. sojae*). Найбільш вживаними для ферментації грибами є наступні харчові продукти чи їх складові: крупи та злаки (овес, кукурудза, сорго, пшениця, жито, пшоно, різні види рису), квасоля, горіхи, бобові (соя, арахіс, рожкове дерево, соєвий сир), тваринна сировина (свинина, курка, яловичина, риба, молоко), овочі та коренеплоди (солодка картопля, каолян). Результатами процесу ферментації є ферментована продукція: місо, темпе, омком, тамарі, натто, тофу, ідлі, ангкак, мурча, пехце, коджі, комбуча, соєві соуси, соєві пасти, саке, кацуобусі, рагі. Широкий асортимент ферментованої продукції, представлений у великих торговельних мережах, в той час як спеціалізовані магазини часто обслуговують нішеві ринки, такі як органічні та натуральні продукти харчування. Великі можливості та потенційні об'єми реалізації у інтернет-магазинів, які надають споживачам можливість купувати ферментовані продукти з будь-якого місця. Ферментація мікробіотами - перспективний сучасний напрям, оскільки привертає багато уваги як зелене стійке рішення для створення цінних продуктів харчування з підвищеною користю для здоров'я та прийнятними органолептичними властивостями. Очікується, що ринок ферментованих харчових продуктів та інгредієнтів зросте з 57,40 мільярдів доларів США у 2022 році до 84,50 мільярдів доларів США до 2030 року при середньорічному темпі зростання 5,70% протягом прогнозованого періоду.

### Література:

1. Dahiya D, Nigam PS. Use of characterized microorganisms in fermentation of non-dairy-based substrates to produce probiotic food for gut-health and nutrition. *Fermentation*. 2023;9:1.



## ВИДІЛЕННЯ ЕНДОФІТНИХ БАКТЕРІЙ З НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Буценко Л.М.<sup>1</sup>, Тимофієнко М.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,

e-mail: [mt8457@gmail.com](mailto:mt8457@gmail.com)

Ендофітні бактерії можуть знаходитися у внутрішніх рослинних тканинах: насінні, оболонках плодів, коренях, стеблах, та інше. Такі бактерії вступають у тісний симбіотичний зв'язок із рослиною і не спричиняють жодного негативного впливу на неї. Часто вони характеризуються здатністю до утворення біологічно активних речовин, що позитивно впливають на ріст рослин та їхню стійкість до біотичних чи абіотичних стресів. При проростанні насіння саме ендофітна мікроорганізми формують симбіотичну ризосферну мікробіоту. Відомо що успішність вирощування сіянців сосни прямо пропорційно залежить саме від формування симбіозу із ризосферними мікроорганізмами.

Взаємодія мікроорганізмів і рослин становить підвищений науковий і практичний інтерес як у плані розуміння механізмів стійкості і патологічного процесу, так і з погляду обґрунтування й опрацювання прийомів і методів захисту рослин від збудників хвороб.

Метою даної роботи було виявлення ендофітних бактерій у насінні сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

Для аналізу було використано насіння сосни звичайної зібране у 2023 році на території Боярської лісової дослідної станції НУБіП України. Насіння було здоровим, мало схожість 85-90%.

Для ізолювання ендофітних мікроорганізмів здійснювали поверхневу стерилізацію за наступною методикою (Гвоздяк, 2001): промивання насіння стерильною водогінною водою, витримка насіння 5 хв. у 70% розчині етанолу і 20 хв. в 16,5% розчині перекису водню. Після цього насіння занурювали у 96% етанол та обпалювали. Процедура повторювали двічі. Для виділення ендофітної мікробіоти простерилізоване насіння розтирали у стерильній ступці та розтерту масу висівали на поживне середовище (картопляний агар або триптон соєвий агар) в чашки Петрі. Інкубували посіви при температурі 27°C впродовж 24-72 годин. Відмічали наявність росту бактеріальних колоній та відбирали ізоляти для подальшої ідентифікації.

Поверхнева стерилізація насіння є одним із найбільш трудомістких етапів виділення ендофітних мікроорганізмів від якості якого залежить адекватність отриманих результатів. Застосований нами спосіб стерилізації дозволив повністю позбавитися епіфітної мікробіоти, що було нами підтверджено розкладанням простерилізованого насіння на поверхню поживних середовищ. В жодному випадку ми не відмічали росту колоній мікроорганізмів.

Нами встановлено, що 20% насінин сосни звичайної були інфіковані ендофітними бактеріями. Відмічено ріст колоній лише одного типу: біло-сірі непрозорі з хвилястими краями та матовою, іноді складчастою, поверхнею.

Всі відібрані нами ізоляти були грам позитивними спороутворюючими паличками. На основі даних первинної ідентифікації їх віднесено до бактерій роду *Bacillus*. Необхідно зазначити, що бактерії роду *Bacillus* переважають у ендофітній мікробіоті багатьох видів рослин. Наприклад, 40% ендофітних штамів насіння пшениці є представниками саме цього роду бактерій (Гвоздяк, 2001).

Таким чином, нами встановлена наявність ендофітної мікробіоти у насінні сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Подальші дослідження будуть сконцентровані на вивченні значення цієї мікробіоти для рослин сосни та встановленні здатності ендофітних штамів продукувати біологічно активні сполуки, що мають цінність для розроблення біотехнологічних препаратів для рослинництва.

### Література:

1. Гвоздяк РІ, Кабашна ЛВ, Пасічник ЛА, Макачук ЄА. Ендофітна мікрофлора зерна пшениці та її взаємодія з фітопатогенними бактеріями. Доповіді НАНУ. 2001;(1):173-177.

**АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН  
*ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241, СИНТЕЗОВАНИХ ЗА НАЯВНОСТІ  
ЕРИТРИТОЛУ ТА ТРИПТОФАНУ**

**Воробей А.М.<sup>1</sup>, Пирог Т.П.<sup>1,2</sup>, Шевчук Т.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна  
e-mail: [vorobei.anna.biotech@g.mail.com](mailto:vorobei.anna.biotech@g.mail.com)

Раніше була встановлена здатність *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 синтезувати одночасно з поверхнево-активними речовинами (ПАР), яким притаманна антимікробна щодо фітопатогенних бактерій активність, і три класи фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни) (Leonova et al., 2020), що робить можливим одержання комплексного препарату для рослинництва, що характеризуватиметься антибактеріальними та ріст-стимулювальними властивостями. У подальших дослідженнях вдалося інтенсифікувати синтез ауксинів і гіберелінів за рахунок внесення у середовище культивування продуцента їх попередників – триптофану та еритритолу. Разом з тим біологічна активність поверхнево-активних речовин, як і інших вторинних метаболітів, може змінюватися у разі зміни умов культивування продуцента. Отже, немає гарантій того, що ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезовані в умовах максимального синтезу фітогормонів, будуть характеризуватися необхідною для практичного використання біологічною активністю. У зв'язку з цим, мета даної роботи – дослідити вплив триптофану та еритритолу у середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на антимікробну щодо фітопатогенних бактерій активність синтезованих поверхнево-активних речовин.

**Матеріали і методи.** Культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 здійснювали у рідкому мінеральному середовищі з відходами виробництва біодизелю (2%, об'ємна частка), в яке вносили еритритол (500 мг/л) та триптофан (300 мг/мл). Поверхнево-активні речовини екстрагували з супернатанту культуральної рідини сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1). Антимікробну активність ПАР аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації, які визначали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні. Як тест-культури для визначення антимікробної активності використовували фітопатогенні бактерії *Pseudomonas syringae* УКМ B-1027<sup>T</sup> та *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* IMB B-9167, люб'язно надані працівниками відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

**Результати.** Встановлено, що антимікробна активність поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності попередників біосинтезу фітогормонів, була у 2 разів вищою, порівняно з показниками, встановленими для ПАР, одержаними у середовищі без триптофану та еритритолу. Так, мінімальні інгібуючі концентрації поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241, синтезованих за наявності попередників біосинтезу фітогормонів, щодо тест-культур були наступними (мкг/мл): *P. syringae* УКМ B-1027<sup>T</sup> – 25, *P. syringae* pv. *tomato* IMB B-9167 – 12,5.

**Висновки.** Отже, додавання триптофану та еритритолу до середовища культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 супроводжується не тільки збільшенням концентрації синтезованих фітогормонів, а й утворенням поверхнево-активних речовин з підвищеною антимікробною щодо фітопатогенних бактерій активністю.

**Література:**

1. Leonova NO, Pirog TP, Piatetska DV, Shevchuk TA, Kharkhota MA, Iutynska GO. Synthesis of gibberellins by surfactant producers *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017. Scientific Study & Research. 2020;21(4):497–509.

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ФІБРИНОГЕНУ ПІД ВПЛИВОМ МОРСЬКИХ ПРОДУЦЕНТІВ *BACILLUS SUBTILIS* 231 і *BACILLUS SUBTILIS* 248

Гудзенко О.В.

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна,  
e-mail: [alena.gudzenko81@gmail.com](mailto:alena.gudzenko81@gmail.com)

Дослідження ензимів з фібринолітичною активністю є перспективними з огляду на їхнє можливе використання для тромболілізу. Пояснюється це тим, що саме фібриноген, перетворюючись на фібрин, набуває здатності до полімеризації і складає основу кров'яного згустку – тромбу. За умов адресної доставки протеїназ до зони внутрішньосудинного тромбоутворення, такі ензими можуть ефективно та швидко руйнувати фібринову основу тромбу. Дія фібриногенолітичних ензимів розглядається як спосіб зниження у плазмі крові концентрації фібриногену, здатного до полімеризації. Частково гідролізований специфічними протеїназами фібриноген не елімінуватиметься, як продукти гідролізу плазміном, а циркулюватиме у кровотоціал (Barzkar et al., 2022). Окрім того, ензими, здатні гідролізувати фібриноген, можуть стати інструментами досліджень структури та функцій цієї молекули, будучи використаними для отримання частково гідролізованих фрагментів фібриногену та для оцінки доступності тих чи інших ділянок молекули дії протеїназ (Udovenko et al., 2023).

Вивченню здатність екзопротеаз супернатантів культуральних рідин бактерій, виділених із донних осадів Чорного моря, гідролізувати фібриноген, а також вивчено фізико-хімічні властивості частково очищених препаратів ензимів найбільш перспективних штамів. Показано, що препарати *Bacillus subtilis* 248 і *Bacillus subtilis* 231 відрізнялися за фізико-хімічними властивостями, зокрема рН та термооптимумом. Вивчення субстратної специфічності свідчить, що *Bacillus subtilis* 248 та *Bacillus subtilis* 231 можуть бути перспективними для подальших наукових досліджень як продуценти протеаз з фібрин(оген)азною активністю.

Дослідження фізико-хімічних властивостей частково очищених ензимних препаратів показали, що фібрин(оген)олітична активність *B. subtilis* 248 має рН оптимум 9.0, а термооптимум фібриногенолітичної активності – 4-20°C, в той час як фібринолітичною – 15-20°C. Частково очищений ензимний препарат *B. subtilis* 231 має два рН оптимума фібрин(оген)олітичної активності 7.0 та 11.0, а термооптимум – 37°C.

Таким чином, морські штами *Bacillus subtilis* 231 і 248 можна вважати перспективними для подальших наукових досліджень як продуцентів протеаз з фібрин(оген)олітичною активністю.

### Література:

1. Barzkar N, Jahromi ST, Vianello F. Marine microbial fibrinolytic enzymes: an overview of source, production, biochemical properties and thrombolytic activity. *Mar. Drugs*. 2022;20(1):46.
2. Udovenko A., Makogonenko Y, Korolova D. et al. Formation and elimination of soluble fibrin and D-dimer in the bloodstream. *Croat. Med. J.* 2023;364(6):421-429.

## ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ БАКТЕРІАЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ ПРЕПАРАТІВ HUMІ [K] BІO TA HUMІ [K] BІO<sup>+</sup>“PLUS” ПРИ СУМІСНОМУ ЗАСТОСУВАННІ З КВАНТУМ ДІАФАН

Дворецький В.В., Ткач Є.Д., Бунас А.А.

Інститут агроекології і природокористування НААН України, м. Київ, Україна,

e-mail: [bio-206316@ukr.net](mailto:bio-206316@ukr.net)

Життєздатність – це здібність всіх живих організмів зберігати своє існування в мінливих умовах середовища існування.

Мікроорганізми володіють надзвичайною здібністю пристосовуватись до майже будь-яких умов середовища. Проте високі концентрації солей, лугів, кислот, добрив чи агрохімікатів негативно впливають на їх клітини і спричиняють загибель. Особливого тиску мікроорганізми, в тому числі бактеріальні культури відчувають у робочих розчинах бакових сумішей, які використовують для оброблення сільськогосподарських культур. Проте слід зазначити, що є «природня» загибель мікроорганізмів у водному розчині, котра обумовлена впливом водного середовища безпосередньо на бактеріальні клітини (тиск, вміст кисню, йони Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> та багато іншого).

В лабораторних умовах визначали життєздатність бактерій роду *Bacillus*, компонентів препаратів Humi [K] Bio та Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” при сумісному застосуванні з Квантум Діафан впродовж 48 годин. Дослідження передбачало наступну схему дослідження: 1. Humi [K] Bio; 2. Humi [K] Bio + Квантум Діафан; 3. Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus”; 4. Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” + Квантум Діафан

У результаті дослідження виявлено, що життєздатність бактерій роду *Bacillus* знижується зі збільшенням часу знаходження в розчині. Так, після 4 годин експозиції робочого розчину у варіанті з препаратом Humi [K] Bio життєздатність складала 94 %, у варіанті з Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” – 87 %, варіанти де до Humi [K] Bio та Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” додавали Квантум Діафан життєздатність бактерій роду *Bacillus* складала не більше 83 %.

Через 8 годин експозиції для усіх досліджуваних варіантів життєздатність бактерій коливалась від 45–50 %. Через 12 годин дослідження життєздатними у всіх досліджуваних варіантах було не більше 30 % бактеріальних клітин від початкової концентрації. Через 24 години експозиції робочого розчину для варіанту де поєднували Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” з Квантум Діафан життєздатних бактерій було 26 %, для інших варіантів експерименту цей показник не перевищував 20 %. Через 48 годин витримки робочих розчинів досліджуваних препаратів встановлено, що у варіантах де було поєднання препарату Humi [K] Bio з Квантум Діафан та Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus”+ Квантум Діафан життєздатними було лише 10 % бактеріальних клітин від початкового титру. У варіантах де робочий розчин складався тільки з Humi [K] Bio чи Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” життєздатних клітин було 16 та 20 %, відповідно.

Отже, бактерій роду *Bacillus* в робочій суміші препаратів Humi [K] Bio та Humi [K] Bio<sup>+</sup>“plus” у поєднанні з Квантум Діафан зберігали свою життєздатність впродовж усього періоду дослідження, але з різним відсотком житездатних бактеріальних клітин (від 83 до 20 %). Встановлено, що бактерій роду *Bacillus* зберігають свою життєздатність та титр на рівні  $1,5 \cdot 10^8$  КУО/мл (це приблизно 50 % від початкового) після 8 годин експозиції.

З огляду на отримані результати, рекомендуємо використовувати робочі розчини досліджуваних препаратів при моно внесенні чи в поєднанні з Квантум Діафан не більше ніж після 10 годин від моменту їх приготування.

## ПЕСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ *E. COLI* ДЛЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СИНТЕЗУ S-АДЕНОЗИЛ-L-МЕТІОНІНУ

Демченко П.С., Тітова Л.О.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ, Україна  
e-mail: [demchenko.polina@iit.kpi.ua](mailto:demchenko.polina@iit.kpi.ua)

S-аденозил-L-метіонін (адеметіонін) – це кофермент, що є основним донором метильної групи в реакціях метилювання в живих клітинах. В медицині використовується для профілактики захворювань печінки, депресивних розладів.

Виробництво адеметіоніну може бути досягнуто шляхом ферментативного каталізу, хімічного синтезу та мікробіологічного синтезу. Хімічний синтез має ряд недоліків, зокрема складні умови реакції, низька продуктивність. Ферментативний каталіз забезпечує високу чистоту продукту, короткий час реакції, високий ступінь перетворення субстрату, проте має суттєвий недолік – високу вартість очищених ферментів та попередника для синтезу адеметіоніну – АТФ. Виробництво адеметіоніну мікробіологічним способом має ряд переваг перед хімічним синтезом та ферментативним каталізом – немає потреби у дорогих ферментах, оскільки вони синтезуються мікроорганізмами; є можливість використання дешевих субстратів, низька вартість виробництва тощо. Саме тому в промисловості адеметіонін синтезується шляхом мікробіологічного синтезу (Chen et al., 2016; Wei et al., 2014).

В промисловості використовуються генетично модифіковані штами *Saccharomyces sake*, *Pischia pastoris*, *Saccharomyces cerevisiae*, максимальні концентрації метаболіту для яких досягали 1,0-11,0 г/л. Перспективним продуцентом адеметіоніну є рекомбінантні штами *Escherichia coli*, зокрема через те, що для *E.coli* легко підібрати оптимальні умови культивування; для цих бактерій характерне швидке накопичення біомаси в культурі; геном та біохімічні процеси цього виду є гарно вивченими, що дає можливість використовувати різні методи генетичної інженерії для покращення їх характеристик (Chen et al., 2016; Pontrelli et al., 2018). Наприклад, в дослідженні Yu et al. описується рекомбінантний штам *E.coli*, при культивуванні якого концентрація адеметіоніну в культуральній рідині досягала 0,3 г/л (Yu et al., 2017). Yin et al. створили мутантний штам *E.coli*, який синтезував адеметіонін в концентрації 0,9 г/л (Yin et al., 2017).

Отже, S-аденозил-L-метіонін є важливим метаболітом в біологічних системах. Оптимальним методом виробництва адеметіоніну є мікробіологічний синтез, для якого найчастіше використовуються генетично модифіковані *P.pastoris*, *S.cerevisiae*, *S.sake*. Перспективним продуцентом є генетично модифіковані *E.coli*, з огляду на вивченість виду та простоти оптимізації умов культивування. Наразі створені штами можуть синтезувати адеметіонін в концентраціях, наближених до концентрацій у промислових продуцентів, проте, при подальшому розвитку напрямку, є можливість створення більш продуктивних штамів.

### Література:

1. Chen H, Wang Z, Cai H, Zhou C. Progress in the microbial production of S-adenosyl-L-methionine. World J. Microbiol. Biotechnol. 2016;32(9):1–8.
2. Pontrelli S, Chiu TY, Lan EI, Chen FYH, Chang P, Liao JC. *Escherichia coli* as a host for metabolic engineering. Metab. Eng. 2018;50:16–46.
3. Wei XN, Cao MJ, Li J, Li H, Song Y, Du CH. Synthesis of S-adenosyl-L-methionine in *Escherichia coli*. Biotechnol. Bioprocess Eng. 2014;19(6):958–964.
4. Yin C, Zheng T, Chang X. Biosynthesis of S-adenosylmethionine by magnetically immobilized *Escherichia coli* cells highly expressing a methionine adenosyltransferase variant. Mol. 2017;22(8):1365.
5. Yu P, Zhu P. Improving the production of S-adenosyl-L-methionine in *Escherichia coli* by overexpressing metK. Prep. Biochem. Biotechnol. 2017;47(9):867–873.

## АНТАГОНІСТИЧНА АКТИВНІСТЬ ШТАМІВ *FOMITOPSIS BETULINA* ВІДНОСНО РОСЛИННИХ ПАТОГЕНІВ *MICRODOCHIUM NIVALE* ТА *FUSARIUM POAE*

Кізіцька Т.О., Круподьорова Т.А.

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна,  
e-mail: [tusya.zay@gmail.com](mailto:tusya.zay@gmail.com)

*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett та *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. – це мікроскопічні гриби, відомі як патогени пшениці, ячменю та інших зернових культур. *M. nivale* спричиняє цвіль проростків, кореневу гниль, хвороби листя та колосків. *F. poae*, в свою чергу, є причиною фузаріозу зернових, і також є особливо небезпечним через виділення різних мікотоксинів. Тож ці рослинні патогени спричиняють економічні втрати в агропромисловості, і на додачу загрожують здоров'ю людей та тварин. *Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai (березова губка) – макроміцет, який паразитує на деревині берези. Однак він також здавна відомий у народній медицині як гриб з антимікробними властивостями. Фенольні сполуки, які виділяє *F. betulina* (наприклад, терпени), а також антибіотик піптамін, можуть проявляти антибактеріальну та антимікотичну активність. Тож *F. betulina* був обраний нами для дослідження антагоністичної та потенційної антимікотичної активності щодо вищезгаданих грибних патогенів.

Об'єктами дослідження були 22 штами *F. betulina*: 11 – з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (ІВК) та 11 штамів, виділених нами із плодових тіл, зібраних у природному середовищі (ці штами згодом були внесені до ІВК). Антагоністичну активність (АА) штамів *F. betulina* вивчали відносно *M. nivale* та *F. poae* з Колекції мікроорганізмів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Дослідження проводили в чашках Петрі на картопляно-декстрозному агарі методом подвійних культур у термостаті за температури  $26 \pm 1$  °С. Описували характер та динаміку взаємодії контактуючих колоній за методикою Бадалян зі співавторами (Badalyan et. al. 2002, 2004). АА міцелію взаємодіючих культур оцінювали за індексом антагонізму (ІА), що включає 3 типи (А і В – взаємне гальмування росту колоній при контакті та на дистанції відповідно; С – спокійне наростання) та 4 підтипи (часткове та повне наростання після взаємного гальмування росту контактуючих колоній при контакті – типи  $C_{A1}$ ,  $C_{A2}$  та на дистанції – типи  $C_{B1}$ ,  $C_{B2}$ ).

Було з'ясовано, що відносно патогена *M. nivale* усі штами *F. betulina* проявили 100 % антагоністичну активність по типу реакції  $C_{A2}$ , тобто міцелій березової губки повністю наростав на колонії *M. nivale*.

Відносно мікроміцета *F. poae* у штамів *F. betulina* спостерігалися різні антагоністичні взаємодії:  $C_{A1}$  – часткове наростання *F. betulina* на *F. poae*, і А – часткове взаємне гальмування росту (у 4,5 % випадків);  $C_{A1}$  – часткове наростання *F. poae* на *F. betulina* і А – часткове взаємне гальмування росту (у 9,1 % випадків), а також незвичний тип реакції – взаємний антагонізм у вигляді реакцій  $C_{A1}$ , тобто взаємне наростання колоній одна на одну (у 27,3 % випадків). Тобто, за рахунок штамоспецифічності *F. betulina* та за рахунок мінливості *F. poae*, яка властива мікроміцетам, на лінії контакту колоній спостерігалися різні взаємодії гіфів, які призводили до неоднорідності реакцій. Однак у більшості випадків (59,1 %) штами березової губки частково наростали на колонії *F. poae* (реакція  $C_{A1}$ ), тож проявляли вищу антагоністичну активність.

Отже, в ході експерименту було виявлено 100 % антагоністичну активність штамів *F. betulina* відносно *M. nivale* та варіабельну антагоністичну активність відносно *F. poae*. Тож досліджувані штами березової губки можуть потенційно вивчатися і надалі як біоконтролюючі агенти відносно цих патогенів зернових культур. Для цього необхідно ідентифікувати сполуки, відповідальні за антимікотичну активність, та розробити шляхи їх подальшого впровадження.

## СПОСОБИ ВИДІЛЕННЯ ВІЛЬНОГО КАЛЬЦІЮ З ЯЄЧНОЇ ШКАРЛУПИ ДЛЯ ПРОЦЕСУ БІОЦЕМЕНТАЦІЇ

Ковшар І.Д., Стабніков В.П.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

e-mail: [irynakovshar@ukr.net](mailto:irynakovshar@ukr.net)

**Вступ.** Використання різноманітних відходів для здешевлення біоцементациї є одним з основних напрямів дослідження цього процесу. Кальцій відіграє важливу роль в біоцементі, оскільки його вміст в біоцементі напряму впливає на міцність кінцевого продукту. Одним із природних матеріалів багатих на кальцій є яєчна шкаралупа, тому вона може розглядатися як перспективна дешева сировина для біоцементациї.

**Результати досліджень.** Кальцієвмісні відходи пропонується використовувати на заміну хлориду кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ), який в присутності ферменту уреазі і карбаміду в умовах лужного рН утворюють нерозчинні кристали карбонату кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ), тим самим забиваючи вільні пори основи та зміцнюючи її. В мікробній преципітації для цього використовують уреазо-продукуючі бактерій (наприклад, *Sporosarcina pasteurii*, *Bacillus* sp., *Yersinia* sp. та ін.). Проте, в яєчній шкарлупі весь кальцій знаходиться у вигляді нерозчинного  $\text{CaCO}_3$ . Через це постає питання щодо одержання розчинного кальцію для можливості його використання в процесі біоцементациї (Chu et al., 2012).

Одержання розчинного Ca з яєчної шкарлупи передбачає її обробку різними реагентами. Наприклад, ацетат кальцію є продуктом обробки яєчної шкарлупи оцтовою кислотою (в залежності від методу, її кількість та концентрація може змінюватись). Попередньо, яєчну шкарлупу спочатку подрібнюють до дрібнодисперсної фракції, після чого додають кислоту та витримують 2-3 години в середньому при температурі 40 °C, а потім відфільтровують готовий розчин (Yao et al., 2022).

Також, з яєчної шкарлупи можна отримати кальцій цитрат. Є декілька варіантів одержання цієї речовини. Перший, це прожарювання порошку яєчної шкарлупи з лимонною кислотою при 90 °C протягом 2 годин, з подальшим розчиненням у воді. Інший варіант передбачає обробку 30-% розчином лимонної кислоти протягом 3 годин при температурі 300 °C. При таких умовах вихід цитрату кальцію щодо кількості  $\text{CaCO}_3$  з яєчної шкарлупи становив 88,64% (Rovinaru et al., 2020).

З яєчної шкарлупи також можна отримати хлорид кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ). Для цього, шкарлупу подрібнюють до дрібнодисперсного стану та змішують з 5-% соляною кислотою протягом 3 годин. Після цього, одержаний розчин  $\text{CaCl}_2$  відфільтровують або центрифугують. За такого методу обробки вдається одержати 90,80% розчиненого Ca щодо вмісту  $\text{CaCO}_3$  в шкарлупі (Garnjanagoonchorn et al., 2007).

**Висновки.** Яєчна шкарлупа може стати гарною альтернативою чистого  $\text{CaCl}_2$ . Крім того, такий підхід не лише здешевить процес одержання біоцементу, а й дозволить екологічно утилізувати цей відхід харчової промисловості.

### Література:

1. Chu J, Ivanov V., Stabnikov V, He J, Li B, Naemi M. Biocement: green building-and energy-saving material. Adv. Mater. Res. 2012;347:4051-4054.
2. Garnjanagoonchorn W, Changpuak A. Preparation and partial characterization of eggshell calcium chloride. Internat. J. Food Prop. 2007;10(3):497-503.
3. Rovinaru C, Pasarin D, Matei C. Optimization of conditions for production of calcium citrate from egg shells. In. Proceedings. 2020;57(1):18.
4. Yao Y, Zhang J, Zhang R, Shi Y, An P, Hu X, Wan Y. Optimization of preparation of calcium acetate from eggshell by Response Surface Methodology (RSM). Food Sci. Technol. 2022;42:e114421.

## ВПЛИВ МІКРОБНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ТА РОЗВИТОК ПРОРОСТКІВ КОНЮШИНИ

Комінарець О.Є., Мельникова Н.М., Коць С.Я.

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

e-mail: [anqueitas@ukr.net](mailto:anqueitas@ukr.net)

Численні наукові дослідження свідчать про надзвичайно важливу роль ростостимулюючих мікроорганізмів прикореневої зони бобових культур у покращенні росту і розвитку рослин, а також підвищенні їх продуктивності. Ризобактерії у змішаних культурах здатні більшою мірою порівняно з монокультурами стимулювати ростові процеси у макроорганізмів, уже починаючи з найбільш ранніх етапів онтогенезу, а саме під час проростання насіння і формування проростків. Незважаючи на активне вивчення впливу ризосферних ростостимулюючих мікроорганізмів на розвиток та продуктивність цінних для сільського господарства бобових рослин актуальним залишається пошук високоактивних штамів ризобактерій та створення на їх основі ефективних мікробних комплексів із метою використання їх в сучасних агротехнологіях. Метою нашої роботи було дослідити дію змішаних мікробних культур на основі ризобій конюшини та вільноживучих ризосферних бактерій із роду *Pseudomonas* на проростання насіння і розвиток проростків важливої кормової культури – конюшини.

У роботі використовували насіння конюшини *Trifolium pratense* L. сорту "Анітра", а також штами бульбочкових бактерій конюшини *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* 348 та вільноживучих ростостимулюючих ризосферних мікроорганізмів *Pseudomonas fluorescens* 267 і *Pseudomonas fluorescens* 33. Бактерії вирощували в рідкому манітно-дріжджовому середовищі в умовах аерації до пізньої експоненціальної фази. Бінарні мікробні композиції готували шляхом змішування бактеріальних монокультур із титром  $10^8$  у співвідношенні 1:1. Простерилізоване насіння конюшини інокулювали та пророщували протягом семи діб в стерильних чашках Петрі за температури 20°C. Визначали енергію проростання насіння та його схожість, а також довжину і масу проростків.

Експериментальні дані показали, що бінарна мікробна композиція у складі *R.leguminosarum* bv. *trifolii* 348 та *P. fluorescens* 33 негативно впливала на схожість насіння, однак збільшувала відсоток добре сформованих проростків порівняно до контролю (без інокуляції). Водночас змішана культура на основі бактерій *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 348 і *P. fluorescens* 267 не проявляла значної стимулюючої дії на проростання насіння.

За комплексної обробки насіння конюшини бульбочковими бактеріями *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 348 та ризосферними мікроорганізмами *P. fluorescens* 33 спостерігалось достовірне збільшення довжини (на 34%) та маси (на 24%) проростків порівняно до варіанту із використанням для інокуляції монокультури *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 348. Змішана культура на основі *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 348 і *P. fluorescens* 267 також покращувала розвиток проростків конюшини, сприяючи збільшенню їх маси, хоча і статистично недостовірному. Необхідно відзначити, що показники розвитку проростків конюшини за впливу мікробних комплексів суттєво не відрізнялись від аналогічних показників у варіанті без інокуляції насіння.

Отже, отримані нами результати вказують на перспективність подальшого дослідження можливості використання мікробної композиції, до складу якої входять бульбочкові бактерії *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 348 і ризобактерії *P. fluorescens* 33 для покращення розвитку проростків конюшини, а також необхідність вивчення різних аспектів впливу зазначеної змішаної культури на рослини конюшини з метою підвищення рівня реалізації потенціалу їх продуктивності.



## РОЛЬ АНТОГОНІСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ В ХАРЧОВІЙ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Корнієнко І.М.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна,

e-mail: [irina.kornienko.1979@gmail.com](mailto:irina.kornienko.1979@gmail.com)

Антагоністичні властивості молочнокислих бактерій (МКБ) - є однією з характерних рис цих мікроорганізмів, які продукують такі фактори антагонізму, як молочна та оцтова кислоти, іноді перекис водню, а також різноманітні бактеріоцини: низин, діацетин, лактококцин, ацидоцин, лактоцин, плантацин, плантарицин, ентерококцин (Servin, 2004). Саме антагоністичні властивості молочнокислих бактерій зумовлюють їх широке використання в харчовій та сільськогосподарській біотехнологіях.

Враховуючи актуальність даного питання, проведено дослідження антагоністичних властивостей симбіозу чистих культур МКБ (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*) закваски «Йогурт VIVO». Антагоністичні властивості МКБ досліджували згідно класичних методик - метод агарових блоків та метод краплі відносно референс-культур: *Ramularia beticola*, *Penicillium paneum*, *Ramularia tulasnei*, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Candida tropicalis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Micrococcus luteus*, *Actinomyces scabies* Gussow.

За результатами досліджень, усі референс-культури виявились чутливими до молочнокислих бактерій йогуртової закваски «Vivo». Повирівнюючи отримані результати досліджень із іншими науковими працями авторів (Schillinger at al., 1989, Lingren at al., 1990), встановлено, що завдяки продукуванню перекису водню відбувається пригнічення росту таких патогенних культур як *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* та інші патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми. Антимікробний ефект перекису водню обумовлений денатурацією деяких ферментів, підвищенням проникності мембран та руйнуванням ДНК мікроорганізмів за дії вільних радикалів. Крім того, перекис водню активує лактопероксидазну систему, що утворює продукти окислення – інгібітори для широкого спектру грампозитивних і грамнегативних бактерій. Автором (Presti, 2015), доведено що лактобактерії продукують нізини, які пригнічують ріст багатьох мікроорганізмів, а ПЛР-реакція виявила різноманітність генів, пов'язаних з бактеріоцинами, у своїх геномах. В даних роботах показано, що МКБ здатні інгібувати ріст грибів, дріжджів, які викликають гниття овочів (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Ramularia*, *Saccharomyces*) та призводять до псування їжі.

Перспективним напрямком удосконалення технології виробництва пробіотичних препаратів є пошук нових штамів і розробка комплексних препаратів, до складу яких входять різні види бактеріальних культур, що доповнюють одна одну. Джерелами культур щодо питань селекції можуть бути традиційні молочні продукти, зокрема, йогурти.

### Література:

1. Servin A. Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *Microbiol. Rev.* 2004;28(4): 405-440.
2. Schillinger U. Antimicrobial activity of *Lactobacillus* sake isolated from meat. *Environ. Microbiology.* 1989;55:191-196.
3. Lingren S. Antagonistic activities of lactic acid bacteria in food and feed fermentations. *Microbiol. Rev.* 1990;87:149-164.
4. Presti I. Evaluation of the probiotic properties of new *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains and their *in vitro* effect. *Microbiol. Biotechnol.* 2015;99(13):53-56.

## ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS ERYTHROPOLIS* ІМВ Ас-5017 У СУМІШІ З ЕФІРНОЮ ОЛІЄЮ НА ДВОВИДОВІ БІОПЛІВКИ

Охмакевич А.М.<sup>1</sup>, Дон Є.А.<sup>1</sup>, Ключка Л.В.<sup>1</sup>, Пирог Т.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

e-mail: [anastasia01.roza@gmail.com](mailto:anastasia01.roza@gmail.com)

**Вступ.** Однією із проблем сьогодення є комбіновані бактеріальні біоплівки, що характеризуються підвищеною стійкістю до антимікробних речовин (Yuana et al., 2020). Раніше було встановлено синергізм антимікробної дії поверхнево-активних речовин (ПАР) *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 та ефірної олії чайного дерева (Пирог та ін., 2020).

**Метою** даного дослідження є визначення ступеня руйнування двовидових бактеріальних біоплівок за дії комплексу ефірної олії кориці з поверхнево-активними речовинами *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованими за наявності у середовищі культивування дріжджового індуктора.

**Матеріали і методи.** Культивування штаму ІМВ Ас-5017 здійснювали в рідкому середовищі з етанолом 2% (об'ємна частка). Як індуктори для підвищення біологічної активності ПАР використовували живі та інактивовані клітини *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1, а також супернатант. Концентрацію поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча, ступінь деструкції біоплівок (%) – спектрофотометричним методом.

**Результати.** Встановлено, що незалежно від фізіологічного стану індуктора (живі, інактивовані клітини, супернатант), внесеного у середовище культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, комплекс утворених за таких умов поверхнево-активних речовин з ефірною олією кориці у широкому діапазоні досліджуваних концентрацій (1,25-640 мкг/мл) спричиняв ефективніше руйнування комбінованих біоплівок, ніж відповідні монопрепарати.

Так, деструкція двовидової біоплівки *Escherichia coli* ІЕМ-1 з *Pseudomonas* sp. МІ-2 за дії комплексу ефірної олії кориці та ПАР *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності всіх досліджуваних індукторів, досягала 83-98%, що на 9-33% вище, порівняно з дією тільки поверхнево-активних речовин або тільки олії.

Максимальний ступінь руйнування комбінованої біоплівки *Bacillus subtilis* БТ-2 з *Pseudomonas* sp. МІ-2 після обробки сумішшю ефірної олії кориці з ПАР, одержаних у присутності індукторів, становив 71-88%, що 10-27% вище, порівняно з дією відповідних монопрепаратів антимікробних речовин.

**Висновок.** Отже, у результаті проведених досліджень встановлено можливість суттєвого підвищення ступеня деструкції двовидових бактеріальних біоплівок за дії суміші ефірної олії кориці з поверхнево-активними речовинами *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності у середовищі культивування всіх досліджуваних індукторів *S. cerevisiae* БТМ-1, порівняно з дією відповідних монобіоцидів.

### Література:

1. Пирог ТП, Ключка ЛВ, Ключка ІВ, Антонюк СІ, Вахтій ОЛ, Жалюк ДВ. Синергізм антимікробної активності суміші поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 з іншими біоцидними сполуками. Наукові праці НУХТ. 2020; 26(5):17-25.
2. Yuana L, Hansen MF, Roderb HL, Wanga N, Burmolleb M, Hea G. Mixed-species biofilms in the food industry: current knowledge and novel control strategies. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2020;60(13):2277-2293.

## СКРИНІНГ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ ЯК ПОТЕНЦІЙНИХ ПРОБІОТИЧНИХ ПРОДУЦЕНТІВ В КОСМЕТИЧНІЙ ІНДУСТРІЇ

Прендецька О.М., Опанович Ю.Ю., Лужецький Т.Б.  
Національний університет «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна,  
e-mail: [oleksandra.prendetska.bt.2022@lpnu.ua](mailto:oleksandra.prendetska.bt.2022@lpnu.ua)

Протягом останніх кількох десятиліть зростає увага щодо користі пробіотиків для здоров'я організму. Одними з найпоширеніших пробіотичних мікроорганізмів вважаються лактобактерії, що мають корисні властивості для організму та здобувають все більше уваги у косметичній індустрії та догляді за шкірою.

У цій роботі представлено комплексне дослідження з виділення та скринінгу молочнокислих бактерій з різноманітного асортименту традиційних ферментованих продуктів, таких, як кефір та квашена капуста. Завдяки поєднанню культурально-залежних та молекулярних методів ми ідентифікували та охарактеризували штами молочнокислих бактерій, оцінивши їхній потенціал для використання їх як пробіотиків у косметологічній галузі.

Молочнокислі бактерії мають ряд корисних властивостей, таких як здатність виробляти молочну кислоту, антиоксиданти та антибактеріальні сполуки, тому їх дослідження дозволяє розкрити потенціал для створення нових цінних інгредієнтів для догляду за шкірою у косметологічній галузі, особливо в контексті натуральних та органічних складників.

Після скринінгу, відібрані штами були підрозені на селективному середовищі «Лактобакагар», яке сприяє росту та розмноженню молочнокислих бактерій. Важливим етапом було дослідження здатності нарощувати біомасу в процесі ферментації та встановлення кінетики процесу.

Для визначення антагоністичної дії лактобактерій проти патогенних мікроорганізмів було використано метод лунок. За допомогою цього методу було оцінено здатність утворювати інгібіторні зони навколо себе на агаризованому середовищі, на яких були посіяні патогенні мікроорганізми (*E. coli*).

Кількісне визначення продукованої молочної кислоти у культуральному середовищі проводили методом спектрофотометричного визначення забарвленого комплексу ферум (III) лактату (Borshchevskaya et al., 2016).

Для визначення загальної антиоксидантної властивості досліджуваних штамів аналізували супернатант фосфомолібденовим методом (Prieto et al., 1999).

Було проведено дослідження здатності продукованих сполук культурального середовища в процесі ферментації захищати аскорбінову кислоту від окиснення. Стабілізація вітаміну С в косметичних продуктах є інноваційним рішенням, що передбачає збереження активності компоненту та продовження терміну придатності продукту. Метод базується на здатності антиоксидантних сполук запобігати окисненню вітаміну С шляхом зв'язування активних форм кисню. Зразки вітаміну С різних концентрацій із вмістом культурального середовища 3% вимірювали протягом 14 діб фосфомолібденовим методом (Prieto et al., 1999) задля оцінки антиоксидантної активності.

### Література:

1. Borshchevskaya LN, Gordeeva TL, Kalinina AN, Sineokii SP. Spectrophotometric determination of lactic acid. J. Analyt. Chem. 2016;71:755-758.
2. Prieto P, Pineda M, Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E. Analytical Biochemistry; 1999;269(2):337-41.

## BIOTECHNOLOGICAL COTTON VARIETY AND BIOTIC STRESS

Rakhmatova N.R., Uzbekov V.V., Kushakov S.O., Imamkhodjayeva A.S., Buriev Z.T.

Center of Genomics and Bioinformatics, Academy of Sciences of Uzbekistan, c. Tashkent, Uzbekistan,

e-mail: [rakhmatova\\_nodira@mail.ru](mailto:rakhmatova_nodira@mail.ru)

It is known that diseases are caused by soil fungal pathogens, namely *Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum* (FOV) and *Verticillium dahliae* are destructive, leading to significant losses in cotton yield and a decrease in fiber quality. The problem of cotton wilting is observed everywhere in all cotton-growing countries, including Uzbekistan. Diseases caused by fusarium usually appear after the seedling stage and are most serious at the budding stage. Plants have symptoms of the disease such as wilting, chlorosis and necrosis of leaves, dying, often starting from the top of the plant, and the death of seedlings already in the early stages of growth (from one to six leaves of seedlings). Under the action of fungi, normal osmotic pressure is disrupted, and, consequently, cell turgor and transpiration increase, and the death of parenchymal cells of the woody parts of plants occurs. In diseased plants, the intake of minerals (N, P, K) into the roots is disrupted and their transport from the root to the aboveground parts of the plant slows down, eventually causing premature death and leaf fall, which significantly affects the quantity and quality of the crop (Davis et al., 2006). As a result of the lack of productive fungicides to solve the problem of preserving crops in fields with pathogenic infection, the most cost-effective solution to the problem is considered to be the creation of new cotton varieties using genetic engineering approaches and at the genomic level strengthening resistance to wilt. The Bardosh variety has been created in Uzbekistan with the help of genetic engineering and biotechnology. Of interest is the biochemical response of plants to the effects of the pathogen. We conducted an experiment with artificial soil contamination with spores of the pathogenic fungus FOV (aggressive form) at a concentration of  $10^{6-7}$  spores/ml, in which seeds of the Bardosh and Cocker-312 varieties were sown.

The aim of our work is to study changes in the content of individual secondary metabolites and phytohormones - salicylic (SA) and jasmonic (JA) acids, auxins (AUX), cytokinins (CTK), gibberellic (GA) and abscisic acids (ABA), brassinosteroids (BR) and strigolactones (SL) in tissues of a biotechnological cotton variety "Bardosh" and the control variety - Cocker-312 under the influence of FOV infection.

The above substances form complex signaling systems that integrate environmental signals and react to various pathogens, participating in the formation of phytoimmunity. During the experiment, it is also planned to observe the effect of this type of biotic stress on the activity of photosynthesis and antioxidant enzymes.

When a pathogen attacks, the transmission of phytohormone signals is the main way of perceiving and activating plant protection, when activation or suppression of the signaling network, strengthening of the cell wall, and production of phytoalexins are triggered, which will be observed in dynamics during the experiment (Yi et al., 2023).

### References:

1. Davis RM, Colyer PD, Rothrock CS, Kochman JK. Fusarium wilt of cotton: population diversity and implication for management. *Plant Disease*. 2006;90(6):692-703.
2. Yi X, Rasor BJ, Boadi N, Louie K, Northen TR, Karim AS, Jewett MC, Alper HS. Establishing a versatile toolkit of flux enhanced strains and cell extracts for pathway prototyping. *Metab. Eng.* 2023;80:241-253.

## ІЗОЛЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДРІЖДЖІВ З РИЗОСФЕРИ РІЗНИХ СОРТІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Соколова Н.<sup>1</sup>, Дмитрук К.<sup>1,2</sup>, Дмитрук О.<sup>2</sup>, Ємець А.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Інститут біології клітини НАН України, Україна, м. Львів, Україна

e-mail: [nsnatlisokol@gmail.com](mailto:nsnatlisokol@gmail.com)

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є однією з провідних зернових культур в світі, зокрема, в Україні. За якісними характеристиками пшениця є культурою із високою врожайністю та високим вмістом білків, однак дуже вразлива до різних біотичних та абіотичних стресових чинників. Одними із представників мікробіому ризосфери, які забезпечують нормальний розвиток та функціонування рослин є дріжджі. Дріжджі впливають на безліч фізіологічних процесів, зокрема, на синтез індолілоцтової кислоти (ІОК), підвищують засвоєння поживних речовин, а також викликають конкуренцію з деякими патогенними мікроорганізмами (Kowalska et al., 2022; Nimsi et al., 2023). Тому, метою даної роботи було ізолювати дріжджі з ризосфери різних сортів пшениці озимої для їх подальшого таксономічного визначення та можливого використання в біотехнологічних програмах з підвищення стресостійкості рослин.

В роботі досліджували наступні вітчизняні та іноземні сорти озимої пшениці: "Лісова Пісня", "Переяслівка", "Богдана", "Смуглянка", "Подольська", "Колонія", "Реформ" і "Ребелл", які вирощували на експериментальній ділянці м. Києва та дослідних полях Київської області. Відбір зразків мікробіому ризосфери проводили у листопаді 2022 р., а також у квітні 2023 р. у період куціння пшениці. Ізолювання дріжджів з коренів досліджуваних сортів пшениці та їх культивування здійснювали за методикою, описаної Fernandez-San Millan et al. (2020). Ідентифікацію дріжджів проводили за допомогою мікроскопії та молекулярних методів дослідження, описаних Esteve-Zarzoso et al. (1999). Продукти ПЛР були секвензовані за методом Sanger та проаналізовані в програмі Chromas.

У результаті проведеного дослідження ризосфери у зимовий та весняний періоди було ідентифіковано наступні види дріжджів: у сорту "Лісова Пісня" - *Saccharomyces cerevisiae*, у сортів "Колонія" і "Реформ" - *Hanseniaspora uvarum*. Виявлено у зимовий період *S. cerevisiae* у сорту "Переяслівка", *Hanseniaspora uvarum* та *Papiliotrema terrestris* у сортів "Ребелл" та "Богдана", відповідно. У весняний період ідентифіковано *Torulasporea delbrueckii* у сорту "Переяслівка", *Pichia fermentans* у сортів "Богдана" та "Подольська", *Candida subhashii* у сортів "Смуглянка" та "Ребелл". Отже, отримані результати свідчать про сезонну зміну мікробіому ризосфери, зокрема видового складу дріжджів, та потребують подальшого вивчення їх впливу на ріст та розвиток рослин озимої пшениці.

### Література:

1. Kowalska J, Krzywińska J, Tyburski J. Yeasts as a potential biological agent in plant disease protection and yield improvement— a Short Review. *Agriculture*. 2022;12(9):1404.
2. Nimsi KA, Manjusha K, Kathiresan K, Arya H. Plant growth-promoting yeasts (PGPY), the latest entrant for use in sustainable agriculture. *J Appl Microbiol*. 2023;134(2):1-11.
3. Fernandez-San Millan A, Farran I, Larraya L, Ancin M, Arregui LM, Veramendi J. Plant growth-promoting traits of yeasts isolated from Spanish vineyards: Benefits for seedling development. *Microbiol Res*. 2020;237:126480.
4. Esteve-Zarzoso B, et al. Identification of yeasts by RFLP analysis of the 5.8 SrRNA gene and the two ribosomal internal transcribed spacers. *Int J Syst Evol Microbiol*. 1999;49(1):329-337.

*Наукове видання*

IV конференція молодих учених

БІОЛОГІЯ РОСЛИН  
ТА БІОТЕХНОЛОГІЯ

ЗБІРКА ТЕЗ

16–18 травня 2017 року

В авторській редакції