

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

**МІКРОБІОЛОГІЯ І БІОТЕХНОЛОГІЯ**  
**MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY**

Науковий журнал  
Виходить 3 рази на рік  
Засновано у липні 2006 року

№ 3(59)  
2023

Одеса  
ОНУ  
2023

Засновник  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 19409 від 17.08.2012 р.

**ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**  
В. О. Іваниця (Одеса, Україна)  
**ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА**  
Т. О. Філіпова (Одеса, Україна)  
**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР**  
Т. В. Бурлака (Одеса, Україна)

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**  
А. Анадон (Мадрид, Іспанія), Л. Д. Варбанець (Київ, Україна), А. І. Вінніков (Дніпро, Україна),  
Б. М. Галкін (Одеса, Україна), Г. О. Іутинська (Київ, Україна), Л. В. Капрельянц (Одеса, Україна),  
І. К. Курдиш (Київ, Україна), І. П. Метеліцина (Одеса, Україна), Ф. Моцці (Тукуман, Аргентина),  
І. І. Панчук (Чернівці, Україна), М. В. Патика (Київ, Україна), В. С. Підгорський (Київ, Україна),  
Л. М. Сківка (Київ, Україна), Л. Ф. Суходуб (Суми, Україна), Ф. І. Товкач (Київ, Україна),  
Н. Чанішвілі (Тбілісі, Грузія).

**Науковий редактор випуску В. О. Іваниця**

*Прийняті до друку статті обов'язково рецензуються*  
Затверджено до друку Вченою радою  
Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

**Відповідно до наказу МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.**  
**входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»).**

**Видання реферується та індексується в наукометричних базах даних: «Україніка наукова», Index Copernicus Journals Master list, Наукова періодика України (Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського), Ulrich's periodicals, Електронний архів-репозитарій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, Наукова періодика України (journal.uran.ua), Google Академія, Base-search, Citefactor, Advanced, Sciences Index. Research Bib, Наукова електронна бібліотека e-LIBRARY, IBI Factor**

Редактори: Т. В. Іваниця, І. В. Райко

Адреса редакції:  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна. Тел.: +38 (048) 731-71-51,  
e-mail: journal.mbt@onu.edu.ua  
<http://mbt.onu.edu.ua>

© Одеський національний університет  
імені І. І. Мечникова, 2023

Establisher  
by Odesa National Mechnikov University.  
Registration of state certification: KB № 19409. Date of issue 17.08.2012.

**EDITOR-IN-CHIEF**

V. O. Ivanytsia (Odesa, Ukraine)

**CO-EDITOR-IN-CHIEF**

T. O. Filipova (Odesa, Ukraine)

**EXECUTIVE SECRETARY**

T. V. Burlaka (Odesa, Ukraine)

**EDITORIAL BOARD MEMBERS**

A. Anadon (Madrid, Espana), N. Chanishvili (Tbilisi, Georgia), B. M. Galkin (Odesa, Ukraine),  
G. O. Iutynska (Kyiv, Ukraine), L. V. Kapreliants (Odesa, Ukraine), I. K. Kurdish (Kyiv, Ukraine),  
I. P. Metelitsyna (Odesa, Ukraine), F. Mozzi (Tucuman, Argentina), I. I. Panchuk (Chernivtsi, Ukraine),  
M. V. Patyka (Kyiv, Ukraine), V. S. Pidgorskyi (Kyiv, Ukraine), L. M. Skivka (Kyiv, Ukraine),  
L. F. Sukhodub (Sumy, Ukraine) F. I. Tovkach (Kyiv, Ukraine), L. D. Varbanets (Kyiv, Ukraine),  
A. I. Vinnikov (Dnipropetrovsk, Ukraine),

**Scientific editor V. O. Ivanytsia**

*Accepted for publishing articles are reviewed*

Approved for publishing by Academic Council  
of Odesa National Mechnikov University

**According to the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1301 from  
15.10.2019 it is included in the List of scientific professional editions of Ukraine  
(category "B").**

**The edition is referenced and indexed in the scientific metric databases: «Ukrainika  
scientific», Index Copernicus Journals Master List, Scientific Periodicals in National  
Library of Ukraine Vernadsky, Ulrich's periodicals, Scientific Periodicals of Ukraine  
(journal.uran.ua), Institutional Repository at Odesa I. I. Mechnykov National University,  
Google Scholar, Base-search, Citefactor, Advanced, Sciences Research Bib, e-LIBRARY,  
IBI Factor**

Editors: T. V. Ivanytsia, I. V. Raiko

**A d d r e s s:**

Odesa National Mechnikov University,  
Dvoryanska str., 2, Odesa, 65082, Ukraine Tel.: +38 (048) 731-71-51,  
e-mail: journal.mbt@onu.edu.ua  
<http://mbt.onu.edu.ua>

© Odesa National Mechnikov  
University, 2023

## ЗМІСТ

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ПРАЦІ

<b>С.А. Мартиненко, М.О. Фіногенова, А.С. Семенець, М.Б. Галкін</b> ПОРІВНЯННЯ ВМІСТУ СИДЕРОФОРІВ У БАКТЕРІЙ, ВИДЛЕНИХ З ЧОРНОМОРСЬКИХ МІДІЙ .....	6
<b>С.І. Бурикїна, С.П. Ужєвська, Н.В. Пиляк</b> МЕТОД ОЦІНКИ НЕМАТОЦИДНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ ХИЖОГО ГРИБА ПРОТИ СТЕБЛОВОЇ НЕМАТОДИ КАРТОПЛІ .....	14
<b>А.Г. Мерлїч, І.І. Кїмуржий, Р.Р. Ковальчук, М.В. Шутило, В.О. Іваниця</b> АНТИМІКОТИЧНА АКТИВНІСТЬ ІЗОЛЯТІВ ЛАКТОБАКТЕРІЙ З ВОДИ ТА МІДІЙ ЧОРНОГО МОРЯ .....	26

### ОГЛЯДОВІ ПРАЦІ

<b>О.В. Андриушенко, І.В. Страшнова</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>FUSARIUM</i> , ЩО ВИКЛИКАЮТЬ ЗАХВОРЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....	37
<b>Н.В. Пиляк, Л.Л. Лобан</b> КОЛЕКЦІЯ ПРОМИСЛОВО ЦІННИХ КУЛЬТУР МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА .....	60
XVIII Міжнародна літня школа для студентів, аспірантів та молодих вчених «MOLECULAR BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND BIOMEDICINE» .....	67
ІНФОРМАЦІЙНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ ДЛЯ АВТОРІВ .....	69

# CONTENTS

## EXPERIMENTAL WORKS

**S.A. Martynenko, M.O. Finogenova, A.S. Semenets,  
M.B. Galkin**

THE COMPARISON OF SIDEROPHORES CONTENT IN BACTERIA  
ISOLATED FROM BLACK SEA MUSSELS ..... 6

**S.I. Burykina, S.P. Uzhevskaya, N.V. Pylyak**

METHOD OF ASSESSING THE NEMATOCIDAL EFFECTIVENESS  
OF A BIOPREPARATION BASED ON PREDATORY MICROMYCETE  
AGAINST THE POTATO STEM NEMATODE ..... 14

**A.G. Merlich, I.I. Kimurzhyn, R.R. Kovalchuk,  
M.V. Shutylo, V.O. Ivanytsia**

ANTIMYCOTIC ACTIVITY OF THE ISOLATES OF LACTOBACTERIA  
FROM WATER AND MUSSELS OF BLACK SEA ..... 26

## OBSERVATION AND THEORETICAL ARTICLES

**O.V. Andriushchenko, I.V. Strashnova**

CHARACTERISTICS OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS  
FUSARIUM CAUSING CEREAL CROPS DISEASES ..... 37

**N.V. Pulyak, L.L. Loban**

A COLLECTION OF INDUSTRIALLY VALUABLE CULTURES  
OF MICROORGANISMS FOR AGRICULTURAL BIOLOGY ..... 60

The XVIII International Summer School

"MOLECULAR BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND BIOMEDICINE"

for young scientists, PhD students, and students ..... 67

INSTRUCTIONS FOR THE AUTHORS ..... 69

S.A. Martynenko, M.O. Finogenova, A.S. Semenets,  
M.B. Galkin

Odesa I. I. Mechnikov National University  
Dvorianska str., 2, Odesa, 65082, Ukraine  
e-mail: sergomar6917rn@gmail.com

## THE COMPARISON OF SIDEROPHORES CONTENT IN BACTERIA ISOLATED FROM BLACK SEA MUSSELS

**Aim.** This research was carried out for determination of ability to produce siderophores by strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus* sp. isolated from Black Sea mussels and for studying characteristics of their synthesis at mono- and co-cultivation of researched strains. **Materials and methods.** In the study we used four strains of *Pseudomonas aeruginosa* and two strains of *Bacillus* sp. Monocultivation and co-cultivation were carried out with these strains on a LB medium. CAS (chrome azurol S) analysis was used to determine the content of synthesized siderophores, the measurement was carried out in spectrophotometer SmartSpec Plus at 630 nm. **Conclusions.** This study showed that marine strains of *P. aeruginosa* can produce more siderophores than marine strains of *Bacillus* sp. At monocultivation, strain *P. aeruginosa* M1 was able to produce the largest amount of siderophores with value of SU (siderophores units)  $65 \pm 4\%$  and the smallest one strain *B. atrophaeus* MH4 with value of SU  $21 \pm 1\%$ . Co-cultivation provides an increase in production of siderophores in each strain, that is the result of special interactions between different microorganisms. And through it, the combination *B. subtilis* MC3+*P. aeruginosa* M1 demonstrated the highest content of siderophores with value of SU  $81 \pm 6\%$ , the lowest content was shown by combination *B. atrophaeus* MH4+*P. aeruginosa* M3 with value of SU  $41 \pm 4\%$ . And such results showed that co-cultivation is the useful method for obtaining more content of siderophores from already famous strains.

**Key words:** siderophores, marine bacteria, *Pseudomonas*, synthesis, co-cultivation.

Siderophores are low-molecular compounds that have high ability to chelate metal ions, especially ions of iron. Many kinds of organisms can produce siderophores, among them are plants, fungi, bacteria and even certain animals. By these organisms siderophores play many roles necessary for normal living [10]. These substances supply metals to the cell, that is the most important function of them, but also many siderophores have antibiotic activity, can regulate expression of genes, provide pathogenicity and correct forming of biofilms [7, 8].

There are a few types of siderophores in general that contain in a structure one type of special chemical groups necessary for metal binding: catecholates, hy-



droxamates, hydroxycarboxylates. Also are three types of mixed siderophores with different chemical groups and one with untypical structures. Each type of siderophores has their own force of chelation and special traits, for example amphiphilicity, photoreactivation and others [3, 5].

Special fermentative complexes are responsible for biosynthesis of siderophores. They are called NRPS (nonribosomal peptide synthetases) and NIS (NRPS independent synthetases) that are coded by BGC's (biosynthetic gene clusters). And the main way of increasing the synthesis of siderophores is activation of BGC's expression [2; 4].

Considering all this, the aim of this study was a determination of ability to produce siderophores by strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus* sp. isolated from Black Sea mussels and a study of characteristics of their synthesis at mono- and co-cultivation of researched strains.

### Materials and methods

Six strains of bacteria isolated from Black Sea mussels were used in this study: *Pseudomonas aeruginosa* M1, *P. aeruginosa* M3, *P. aeruginosa* M4, *P. aeruginosa* PA01, *Bacillus subtilis* MC3 and *Bacillus atrophaeus* MH4. Monocultivation and co-cultivation (Table 1) were carried out with these strains for obtaining a lot of bacteria's biomass.

Table 1

Scheme of co-cultivation of marine bacteria

Variant of co-culture	Abbreviated marking	Variant of co-culture	Abbreviated marking
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M1	MC3+M1	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M1	MH4+M1
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M3	MC3+M3	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M3	MH4+M3
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M4	MC3+M4	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M4	MH4+M4
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> PA01	MC3+M4	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> PA01	MH4+M4

The nutrient medium for cultivation of bacteria was LB that consisted of 15 g peptone, 10 g yeast extract, 5 g NaCl and 1 L marine water. Prepared medium was sterilized at 121 °C for 15 minutes.

Both types of cultivation were carried out in conical flasks. One flask contained 95 ml LB medium and 5 ml suspension of daily bacterial culture ( $10^6$  cells/ml) at monocultivation. At co-cultivation, one flask contained 95 ml LB medium, 2.5 ml suspension of daily culture of first strain of bacteria ( $10^6$  cells/ml) and 2.5 ml suspension of daily culture of second strain of bacteria ( $10^6$  cells/ml). Cultivation was carried out at 30 °C for 72 h with mixing at 150 rpm.

After cultivation, the process of centrifugation was performed in order to obtain the supernatant. Cultural fluid was centrifuged at 3000 rpm for 20 minutes.



For qualitative and quantitative analysis CAS (chrome azurol S) method was used. Special reagent was prepared for this method that consisted of 7.5 ml 2 mM chrome azurol S, 6 ml 10 mM HDTMA (hexadecyltrimethylammonium bromide), 1.5 ml FeCl<sub>3</sub> solution (1 mM FeCl<sub>3</sub> × 6H<sub>2</sub>O in 10 mM HCl), 50 ml dH<sub>2</sub>O and buffer (4 g piperazine, 6.5 ml 10 M HCl, 10 ml dH<sub>2</sub>O) [6].

CAS analysis was carried out in a 96-well tablet, where 100 μl supernatant and 100 μl CAS reagent were placed into one hole. For the control sample 100 μl pure LB medium was placed into one hole, instead of supernatant [1]. The sense of this method consists in selective binding of iron ions with siderophores. First, all iron ions are bound with chrome azurole S and the color of complex is blue, but when siderophores chelate iron, chrome azurole S changes its color and becomes orange. Formula of the process:

$FeCAS + L > FeL + CAS$ , where L is a ligand (siderophore), CAS is chrome azurol S.

Hence the content of siderophores is determined through an intensity of the change in colors. Measurement of OD (optical density) in samples was performed in the spectrophotometer SmartSpec Plus (Bio-Rad, Hungary) at 630 nm. The content of siderophores was determined by the value of the measured optical density and was expressed in SU (siderophores units). The formula was used to find value of SU:

$SU (\%) = [(Ar-As)/Ar] \times 100$ , where Ar is absorption of control sample, As is absorption of experimental sample.

Statistical analysis of data was carried out in RStudio. Arithmetic mean of values ( $\bar{X}$ ), standard error ( $S\bar{X}$ ) and Student's test was calculated.

## Results

The results of determining the production of siderophores by monocultures of marine bacteria are shown in Table 2.

Table 2

### The comparative content of siderophores in monocultures of researched bacteria

Microorganism	Content of siderophores, SU, %	Microorganism	Content of siderophores, SU, %
<i>P. aeruginosa</i> M1	65 ± 4	<i>B. subtilis</i> MC3	31 ± 2
<i>P. aeruginosa</i> M3	36 ± 3	<i>B. atrophaeus</i> MH4	21 ± 1
<i>P. aeruginosa</i> M4	57 ± 5		
<i>P. aeruginosa</i> PA01	41 ± 3		

The obtained data showed that strain *P. aeruginosa* M1 is capable to the largest production of siderophores among researched organisms with a SU value of 65 ± 4%. The lowest result was shown by the strain *B. atrophaeus* MH4 with a SU





value of  $21 \pm 1\%$ . In general, all *Pseudomonas* strains showed higher results in the synthesis of siderophores than strains *Bacillus*, the difference between the average SU values of strains of each genus being  $20 \pm 3\%$  ( $p < 0.051$ ) what is a significant value. However, *P. aeruginosa* M3 showed the lowest result among *Pseudomonas*, which may be similar to the result of *B. subtilis* MC3.

The results of determining the content of siderophores in co-cultures of marine bacteria are presented in Table 3.

Table 3

**The comparative content of siderophores in co-cultures of researched bacteria**

Variant of co-culture	Content of siderophores, SU, %	Variant of co-culture	Content of siderophores, SU, %
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M1	$81 \pm 6$	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M1	$70 \pm 5$
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M3	$54 \pm 4$	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M3	$41 \pm 4$
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> M4	$76 \pm 5$	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> M4	$63 \pm 6$
<i>B. subtilis</i> MC3 + <i>P. aeruginosa</i> PA01	$52 \pm 4$	<i>B. atrophaeus</i> MH4 + <i>P. aeruginosa</i> PA01	$49 \pm 5$

Co-cultivation showed significant increase in production of siderophores as compared with monocultivation. The lowest result obtained from *B. atrophaeus* MH4+*P. aeruginosa* M3 was 20% higher than the lowest result among monocultures – *B. atrophaeus* MH4. That is why, in general, it can be seen that co-cultivation is more effective. But despite the mixing of organisms, an unidirectionality with monocultures remains almost everywhere. The combination *B. subtilis* MC3 + *P. aeruginosa* M1 with a SU value of  $81 \pm 6\%$  showed the highest ability to siderophore's production among co-cultures, when monocultures of these organisms also showed the highest results of producing among their genera.

At the next stage of the work, a comparative analysis of the expected and real content of siderophores in co-cultures was carried out. The results are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

Expected results of co-cultivation were calculated as half of the sum of the siderophores' content from two respective monocultures. Real results in all cases of co-cultivation of *B. subtilis* MC3 with *P. aeruginosa* exceeded expected results by an average of 28% ( $p < 0,025$ ). The largest difference was shown by the combination of *B. subtilis* MC3 + *P. aeruginosa* M4, where the difference between expected result and real one was 37%. On the contrary, the smallest difference was shown by the combination of *B. subtilis* MC3 + *P. aeruginosa* M3 with SU value of 20%.

In the case of co-cultivation of *B. atrophaeus* MH4 with different strains of *P. aeruginosa*, a similar situation develops. The expected results are smaller than the real ones, but the difference between them is smaller than in co-cultures with



*B. subtilis* MC3 and it is on average 20% ( $p < 0,045$ ). The largest difference was shown by the combination of *B. atrophaeus* MH4 + *P. aeruginosa* M1 with SU value of 27%, and the smallest by the combination of *B. atrophaeus* MH4 + *P. aeruginosa* M3 with SU value of 13%.

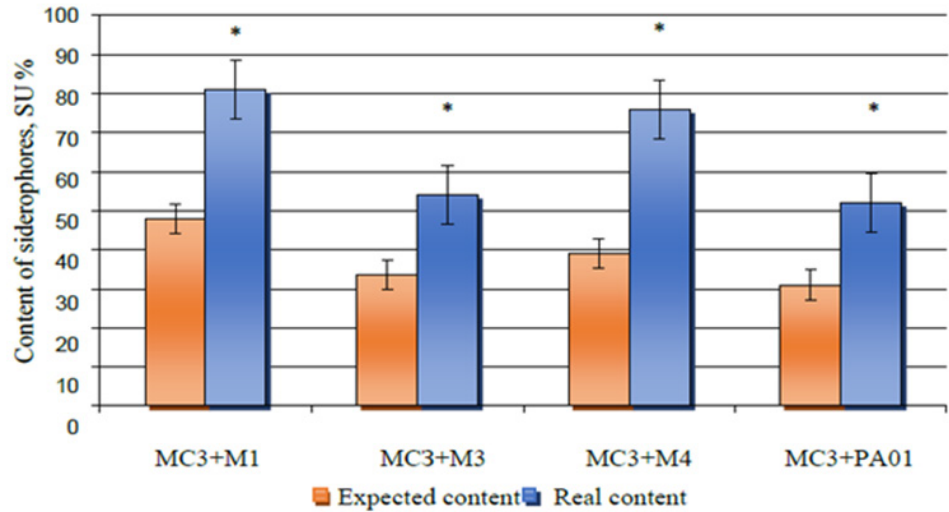


Fig. 1. Comparison of real content of siderophores in co-cultures *B. subtilis* MC3 with the following strains of *P. aeruginosa* with the expected

Note: \* – the difference is reliable in comparison with the expected data

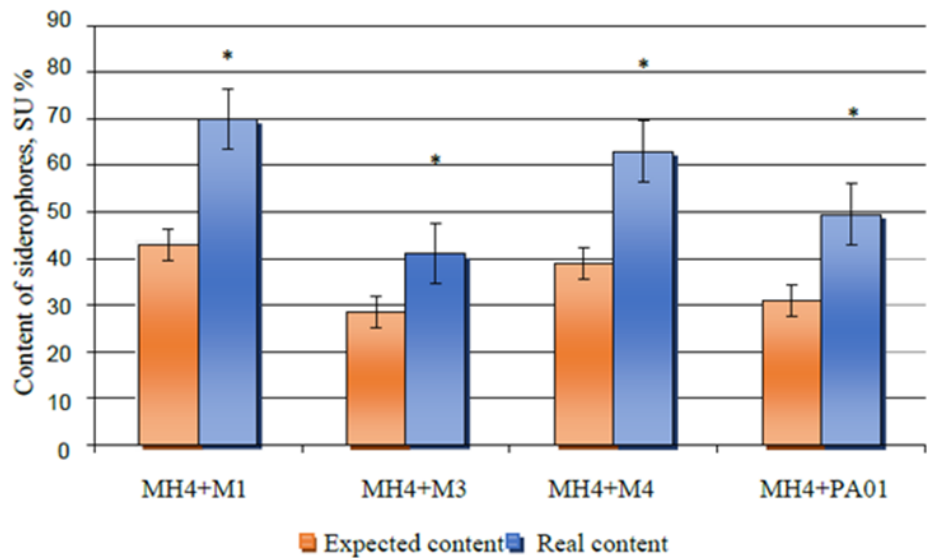


Fig. 2. Comparison of real content of siderophores in co-cultures *B. atrophaeus* MH4 with the following strains of *P. aeruginosa* with the expected

Note: \* – the difference is reliable in comparison with the expected data



### Conclusions

Siderophores are very important molecules that provide normal life of organisms in conditions of low availability of iron and other metals in the environment. This study demonstrated the aptitude of marine bacteria isolated from Black Sea mussels to synthesize siderophores. In general, all strains of *P. aeruginosa* synthesize more siderophores than strains of *Bacillus* sp. At monocultivation, strain *P. aeruginosa* M1 was able to produce the largest content of siderophores with value of SU  $65 \pm 4$  % and the smallest content strain *B. atrophaeus* MH4 with value of SU  $21 \pm 1$ %. At co-cultivation, all results increased significantly in each used strain. The combination *B. subtilis* MC3 + *P. aeruginosa* M1 shown the highest content of siderophores with value of SU  $81 \pm 6$ %, the lowest content was shown by combination *B. atrophaeus* MH4 + *P. aeruginosa* M3 with value of SU  $41 \pm 4$ %. Average difference between mono- and co-cultivation is 20% compared to the results. Also, the co-cultivation demonstrated higher results than it expected. The real content of siderophores was higher by an average of 30% than expected content in the co-cultures with *B. subtilis* MC3 and *P. aeruginosa*, in co-cultures with *B. atrophaeus* MH4 and *P. aeruginosa* by an average 20%.

Such results are caused by the special interaction between two organisms happening during co-cultivation. This interaction is allelopathy, mutual inhibition of growth that promotes big production of secondary metabolites and siderophores also [9]. And by creating such conditions, we received valuable results, which are useful for work in the field of co-cultivations of *Bacillus* with *Pseudomonas* strains.

С.А. Мартиненко, М.О. Фіногенова, А.С. Семенець,  
М.Б. Галкін

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65058, Україна  
e-mail: sergomar6917rn@gmail.com

## ПОРІВНЯННЯ ВМІСТУ СИДЕРОФОРІВ У БАКТЕРІЙ, ВИДІЛЕНИХ З ЧОРНОМОРСЬКИХ МІДІЙ

### Реферат

**Мета.** Дослідження було проведене для визначення здатності продукувати сидерофори штамами *Pseudomonas aeruginosa* та *Bacillus* sp. виділеними із чорноморських мідій та для вивчення особливостей їх синтезу при моно- та ко-культивуванні у досліджуваних штамах. **Матеріали та методи.** В дослідженні було використано 4 штами *Pseudomonas aeruginosa* та два штами *Bacillus* sp. Проводилось моно- та ко-культивування цих штамах на середовищі LB. Для визначення кількості синтезованих сидерофорів використали CAS (*chrome azurol S*) метод, вимірювання проводилося в спектрофотометрі SmartSpec Plus при 630 нм. **Висновки.** Дослідження показало, що морські штами *P. aeruginosa* продукують більше сидерофорів, ніж морські штами *Bacillus* sp. При монокультивуванні найбільшу кількість сидерофорів був здатний продукувати штам *P. aeruginosa* M1 із значенням SU (siderophores units)  $65 \pm 4$  %, а найменшу – штам *B. atrophaeus* MH4 із значенням SU



21 ± 1%. Ко-культивування забезпечує збільшення продукції сидерофорів у кожного штаму, що є результатом особливої взаємодії між різними мікроорганізмами. Й через це комбінація *B. subtilis* МС3 + *P. aeruginosa* М1 продемонструвала найвищий вміст сидерофорів із значенням SU 81 ± 6%, найменший – комбінація *B. atropaensis* МН4 + *P. aeruginosa* М3 із значенням SU 41 ± 4%. Результати показали, що ко-культивування є корисним методом для отримання більшого вмісту сидерофорів у вже відомих штамів.

**Ключові слова:** сидерофори, морські бактерії, *Pseudomonas*, синтез, ко-культивування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arora N. K., Verma M. Modified microplate method for rapid and efficient estimation of siderophore produced by bacteria // 3 Biotech. – 2017. – V. 7, № 6. – А. 381.
2. Bailey D., Alexander E., Rice M. R. Structural and functional delineation of aerobactin biosynthesis in hypervirulent *Klebsiella pneumoniae* // Journal of Biological Chemistry. – 2018. – V. 293, № 20. – P. 7841–7852.
3. Chen J., Guo Y., Lu Y. Chemistry and biology of siderophores from marine microbes // Marine Drugs. – 2019. – V. 17, № 10. – P. 562–590.
4. Chen R., Wong H. L., Kindler G. S., MacLeod F. I., Ferrari B. C. Discovery of an abundance of biosynthetic gene clusters in shark bay microbial mats // Frontiers in Microbiology. – 2020. – V. 11. – А. 1950.
5. Hider R. C., Kong X. Chemistry and biology of siderophores // The Royal Society of Chemistry. – 2010. – V. 27, № 5. – P. 637–657.
6. Himpsl S., Mobley H. Siderophore detection using chrome azurol S and cross-feeding assays // Methods in Molecular Biology. – 2019. – V. 2021. – P. 97–108.
7. Johnstone T. C., Nolan E. M. Beyond iron: non-classical biological functions of bacterial siderophores // Dalton Transactions. – 2015. – V. 44, № 14. – P. 6320–6339.
8. Krewulak K. D., Vogel H. J. Structural biology of bacterial iron uptake // Biochem. Biophys. Acta – Biomembranes. – 2008. – V. 1778, № 9. – P. 1781–1804.
9. Marmann A., Aly A., Lin W. Co-cultivation – a powerful emerging tool for enhancing the chemical diversity of microorganisms // Marine Drugs. – 2014. – V. 12, № 2. – P. 1043–1065.
10. Sah S., Singh R. Siderophores: structural and functional characterization – a comprehensive review // Agriculture (Pol'nohospodárstvo). – 2015. – V. 61, № 3. – P. 97–114.

### REFERENCES

1. Arora NK, Verma M. Modified microplate method for rapid and efficient estimation of siderophores produced by bacteria. 3 Biotech. 2017;7(6):381.
2. Bailey D, Alexander E, Rice MR. Structural and functional delineation of aerobactin biosynthesis in hypervirulent *Klebsiella pneumoniae*. Journal of Biological Chemistry. 2018;293(20):7841–7852.



3. Chen J, Guo Y, Lu Y. Chemistry and biology of siderophores from marine microbes. *Marine Drugs*. 2019;17(10):562–590.
4. Chen R, Wong HL, Kindler GS, MacLeod FI, Ferrari BC. Discovery of an abundance of biosynthetic gene clusters in shark bay microbial mats. *Frontiers in Microbiology*. 2020;11:1950.
5. Hider RC, Kong X. Chemistry and biology of siderophores. *The Royal Society of Chemistry*. 2010;27(5):637–657.
6. Himpf S, Mobley H. Siderophore detection using chrome azurol S and cross-feeding assays. *Methods in Molecular Biology*. 2019;2021:97–108.
7. Johnstone TC, Nolan EM. Beyond iron: non-classical biological functions of bacterial siderophores. *Dalton Transactions*. 2015;44(14):6320–6339.
8. Krewulak KD, Vogel HJ. Structural biology of bacterial iron uptake. *Biochem. Biophys. Acta – Biomembranes*. 2008;1778(9):1781–1804.
9. Marmann A, Aly A, Lin W. Co-cultivation – a powerful emerging tool for enhancing the chemical diversity of microorganisms. *Marine Drugs*. 2014;12(2):1043–1065.
10. Sah S, Singh R. Siderophores: structural and functional characterization – a comprehensive review. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 2015;61(3):97–114.

Стаття надійшла до редакції 07.09.2023 р.



**С.І. Бурикiна<sup>1</sup>, С.П. Ужєвська<sup>1</sup>, Н.В. Пиляк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Одеська державна сiльськогосподарська дослiдна станцiя Інституту клiматично орієнтованого сiльського господарства НААН,

Одеський район, смт Хлiбодарське, Маяцька дорога, 24,  
тел.: +38(048)740 15 78; e-mail: odsds-chlebodarskoe@ukr.net

<sup>2</sup>Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН,  
Одеський район, смт. Хлiбодарське, вул. Маяцька дорога, 26,  
тел.: +38(048)770 56 72, 094 995 96 72; e-mail: nceb2017@gmail.com

## **МЕТОД ОЦІНКИ НЕМАТОЦИДНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ ХИЖОГО ГРИБА ПРОТИ СТЕБЛОВОЇ НЕМАТОДИ КАРТОПЛІ**

**Мета роботи:** Відпрацювання методу визначення ефективності Нематофагіну БТ проти стеблової нематоди картоплі в лабораторних умовах. **Матеріали і методи.** Бульби картоплі з ознаками ушкодження стебловою картопляною нематодою *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945. Застосовували метод обробітку препаратом розрізаних бульб картоплі та порівнювали з методом обробітку цілих бульб в умовах лабораторії. Визначали дію мікробіологічного нематоцидного препарату (Нематофагін БТ), розробленого ІТІ Біотехніка НААН. Діючий чинник препарату – мікроскопічний гриб-хижак *Arthrobotrys oligospora* шт. 12. В колекції культур мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України вихідна культура *Arthrobotrys oligospora* депонована за номером F100047. **Результати роботи.** Описано методи лабораторної оцінки нематоцидної дії біопрепарату щодо стеблової картопляної нематоди. В лабораторних умовах для визначення дієвості препарату більш інформативним є використання розрізаних бульб, для яких встановлене зараження стебловою нематодою. Цей метод потребує більше часу для постановки досліду, але біоагент має більшу доступність до шкідника. Використання цілих бульб менш трудовитратний варіант, але існує ймовірність використання в досліді незараженого матеріалу. Показано можливість використання цих методів в лабораторних умовах для відбору активних штамів і визначення їх ефективності. **Висновок.** Метод обробки нематоцидним препаратом розрізаних бульб із встановленим зараженням стебловою нематодою більш інформативний, ніж використання цілих бульб. Доцільно проводити аналіз на ушкодження картоплі нематодами при використанні шматків ураженої картоплі з 3 по 7 добу після обробки 3% розчином біопрепарату з експозицією 5 годин. В лабораторних умовах обидва методи обробітку препаратом розрізаних і цілих бульб можуть бути використані при випробуванні дії Нематофагіну БТ на стеблову картопляну нематоду. Нематофагін БТ в лабораторних умовах проявив нематоцидну активність проти стеблової картопляної нематоди.

*Ключові слова:* картопля, *Ditylenchus destructor*, Нематофагін БТ, нематоцидна активність, метод.

© С.І. Бурикiна, С.П. Ужєвська, Н.В. Пиляк, 2023



Стеблові нематоди картоплі, які завдають великої шкоди рослинам, були відомі ще 100 років тому. За сучасним визначенням, стеблова нематода картоплі *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 відноситься до типу Nematelminthes класу Nematoda ряду Tylenchida родини Anguinidae [5, 16, 17]. Дорослі нематоди як самці, так і самки мають червоподібне, скловидно-прозоре тіло, звужене з кінців, безбарвні. Вони характеризуються такими параметрами: довжина тіла самиць становить 720–1440  $\mu$ , самців 750–1300  $\mu$ , а ширина – відповідно 22–32  $\mu$  і 20–25  $\mu$ . Головний кінець злегка заокруглений, має невеликий стилет (10  $\mu$  завдовжки) [2]. Весь цикл розвитку нематоди відбувається у живих тканинах рослин. Залежно від температурних показників розвиток генерації триває 15–45 діб, за рік розвивається 5–6 поколінь [8].

Стеблові нематоди завдають бульбам як механічного пошкодження, проколюючи клітини, так і хімічного, унаслідок чого відбувається інтоксикація клітин і некроз тканин. Відмерлі ділянки заселяються бактеріями і грибами, що прискорює розпад бульби. Ці нематоди не можуть житися відмерлими тканинами [5, 17]. Положенець В.М. з колегами [14] довели, що стеблова нематода *D. destructor* може поширюватися в ґрунті та спричиняти інтенсивне ураження бульб картоплі на відстані до 20 см від джерела інвазії. Крім того, вони мігрують від материнської бульби у ґрунт, столони, стебла, а потім – у новоутворені бульби. Ступінь ураження бульб дітиленхом в залежності від резистентності сортів при площі живлення 70–80  $\text{cm}^2$  була від 5,4 до 20,4 % [14]. У бадиллі нематод виявляли як на початку вегетації, так і в кінці вегетаційного періоду при формуванні врожаю [15].

На сьогодні ринок нематоцидів України обмежений лише одним препаратом для захисту кукурудзи, який зареєстрований у 2018 р. Тому система контролю чисельності паразитичних нематод традиційно включає передусім профілактичні, агротехнічні, хімічні та біологічні заходи [5, 6, 9, 14]. До біологічних заходів відноситься підбір стійких та толерантних сортів, а також розробка і використання біологічних препаратів. Співробітниками ІПІ Біотехніка НААН розроблено мікробіологічний препарат нематоцидної дії – Нематофагін БТ [11]. Діючий чинник препарату – мікроскопічний гриб-хижак *Arthrobotrys oligospora* шт. 12. В Колекції культур мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України вихідну культуру Нематофагіну БТ *Arthrobotrys oligospora* депоновано за номером F100047. Діючою основою препарату є міцелій, токсичні метаболіти та спори гриба (титр не нижче за  $2,0 \times 10^6$  КУО/ $\text{cm}^3$ ). Механізм дії: на міцелії гриба, виділення якого активно притягують шкідника, утворюються клітини-пастки. Доторкнувшись до пастки нематода прилипає, розвивається гіфа гриба, яка, розчиняючи кутикулу, проникає в середину тіла нематода і поглинає його вміст. Хижі гриби можуть впродовж тривалого часу розвиватися як сапрофіти в ґрунті або на рослинних залишках. Препаративна форма: рідина, яка містить спори та міцелій хижого гриба. Рекомендується для захисту рослин від галових нематод [11]. Ефективність використання біологічних засобів залежить від багатьох чинників і вивчення дії біоагентів починається з лабораторних досліджень. Однак в літературі наводяться методи лабораторних і польових досліджень [6, 9], розроблені тільки для хімічних засобів регуляції чисельності стеблової



нематоди. Використання біологічних нематоцидів проти стеблової нематоди в умовах Південного степу України потребує додаткового дослідження.

Метою наших досліджень було відпрацювання методів визначення ефективності Нематофагіну БТ проти стеблової нематоди картоплі в лабораторних умовах.

### Матеріали і методи

Для досліду відбирали бульби з ознаками середнього ступеню ушкодження стебловою картопляною нематодою *Ditylenchus destructor* (рис.1): На поверхні бульби добре видно сірі вдавнені плями, що зливаються. Бульба стає м'якою, пружною як суха губка. Шкірочка розривається, тріскається і відстає, видно пошкоджену тканину. На зрізі видно, що ушкоджена тканина відрізняється від здорової.



Рис. 1. Бульби з ознаками ушкодження стебловою картопляною нематодою *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 (сухою гниллю)

Fig. 1. Potatoes with signs of damage by the potato stem nematode *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 (dry rot)

Іноді ознаки дітиленхозу картоплі співпадають з проявами інших захворювань, наприклад фітофторозу [5, 8, 14]. Ушкодження фузаріумом призводить до утворення рудих плям на поверхні бульб, але шкірочка в місцях ушкодження не відстає і вкривається подушечками гриба. У середині пошкодженої тканини спостерігаються осередки з білим, жовтим або рожевим міцелієм. Фітофторозні бульби відрізняють бурі, іржаві тяжі, що йдуть глибоко всередину бульби. Тобто дітиленхоз за зовнішнім видом визначається приблизно і треба додаткове обстеження. Тому, для повної впевненості в зараженні дітиленхами, відібрані бульби розрізали навпіл. Відрізали шматочок картоплі (10 г) без ознак ушкодження і досліджували на наявність нематод, бо нематоди переважно зустрічаються в неушкоджених судинах. Для аналізу на наявність в бульбах картопляної стеблової нематоди застосовували скляні банки з металевою сіткою (метод Осмолєвського) (рис. 2) [2, 19], виготовляли препарати і ідентифікували за допомогою мікроскопу OLIMPUS SZX-9.

Далі розрізані бульби поміщали в скляні ємності об'ємом 250 мл (рис. 3). Одну половину обробляли Нематофагіном БТ, другу (контрольну) – водою. Для досліду використовували 3% – ний розчин препарату, що рекомендовано виробником [11]. Для визначення впливу тривалості обробітку картоплі препаратом досліджували три варіанти експозиції: 1, 5, 12 годин. У кожному





варіанті нараховували по 10 картоплин (усього 30). Після обробітку розчин препарату в досліді та воду в контролі зливали. Банки залишали у відкритому стані (рис. 2), прикриті зверху сіткою (для забезпечення доступу комах до зразків) протягом усього досліді за температури ( $18 \pm 4^\circ\text{C}$ ) та відносної вологості (78%).



**Рис. 2. Сітка для вигонки нематод**

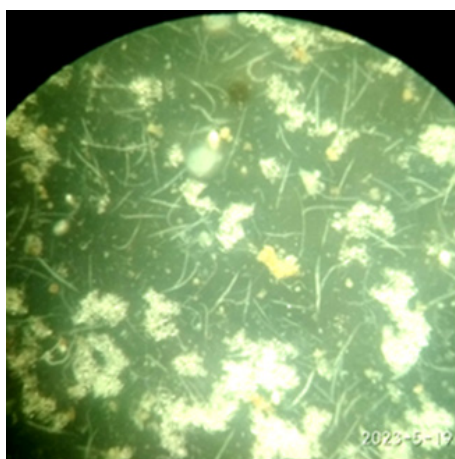
**Fig. 2. Grid for extracting nematodes**



**Рис. 3. Більби картоплі підготовані для аналізу**

**Fig. 3. Prepared potato tubers for analysis**

Облік нематод проводили через 3, 7 та 9 діб за методом Осмоловського [2, 19]. Нематоди виходять і осідають на дно банки. Мертві змиваються водою, також концентруються на дні і не проявляють рухливості (рис. 4). Через 24 години верхній шар води зливали, а осад переливали в чашку Петрі і досліджували під мікроскопом CITOVAL – 2.



**Рис. 4. Зразок із мертвими нематодами ( $0,6 \times 12$ )**

**Fig. 4. Sample with dead nematodes ( $0.6 \times 12$ )**



Для диференціації стеблової нематої від сапробiонтих, що можуть також бути присутнiми у бульбах, використовували забарвлення слабким розчином метиленового синього (5 мл дистильованої води + 5 крапель 1% розчину метиленового синього). Приблизно через 5–7 хвилин сапробiонти нематої забарвлюються в синій колiр, а стеблова нематої зберiгає свiй колiр [5].

Цiлi бульби, як проводять бiльшiсть дослiдникiв [17], з ознаками ушкодження використовували у другiй частинi дослiдження. Так як дiтиленхи iснують здебiльшого в судинах, куди потрапляння препарату обмежене, була використана для обробки бiльша iз рекомендованих концентрацiй Нематофагiну БТ (5%). Картоплю обробляли впродовж 12 годин (I варiант, 10 екз.) та 24 годин (II варiант, 10 екз.), аналіз на наявнiсть стеблової нематої проводили через 7 дiб. Випробування препарату проти стеблової нематої виробником нi в лабораторних, а нi в польових умовах не проводилося, i рекомендовано використовувати його проти цистоутворювальних нематод [11].

Статистичну обробку отриманих даних проводили вiдповiдно до загальноприйнятих методiв варiацiйної статистики на 95% рiвнi значимостi [1]. Використовували комп'ютерний статистичний пакет обробки даних STATISTICA версiя 6.0.

### Результати дослiджень та їх обговорення

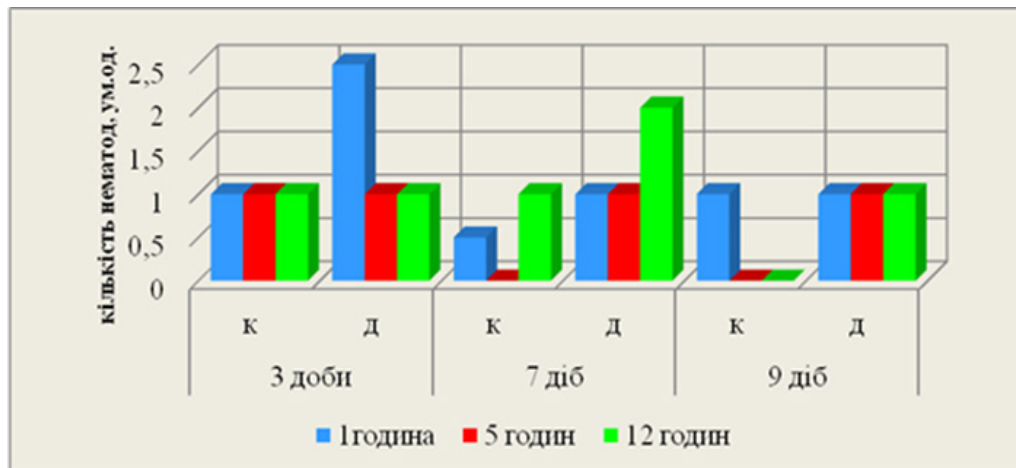
Дослiд iз розрiзаною картоплею показав, що використання Нематофагiну БТ у концентрацiї 3% дало позитивнi результати у всiх варiантах i спостерiгалася висока смертнiсть нематод. В контрольному варiантi, де бульби не обробляли препаратом, також спостерiгали смертнiсть нематод, що, можливо, пояснюється порушенням цiлiсностi картоплин. Тривалiсть експозицiї бульб в розчинi препарату не вплинула на результати виживання нематод. Вже через три доби пiсля обробки препаратом отримали позитивний результат, високу смертнiсть спостерiгали i через сiм та дев'ять дiб (рис. 5А).

В контрольних зразках через сiм дiб спостерiгали багато живих нематод за рахунок личинкових стадiй, чисельнiсть яких значно збiльшилася через дев'ять дiб (рис. 5В), що свiдчить про розмноження та розвиток яець. Таке явище спостерiгали i в одному iз дослiдних зразкiв. Це може вказувати на те, що препарат дiє на дорослих нематод, але не впливає на розвиток яець, або термiн його пiслядiї обмежений. Однак, кiлькiсть живих стеблових нематод в контрольних варiантах бульб значно перевищувала дослiдний (рис. 5В).

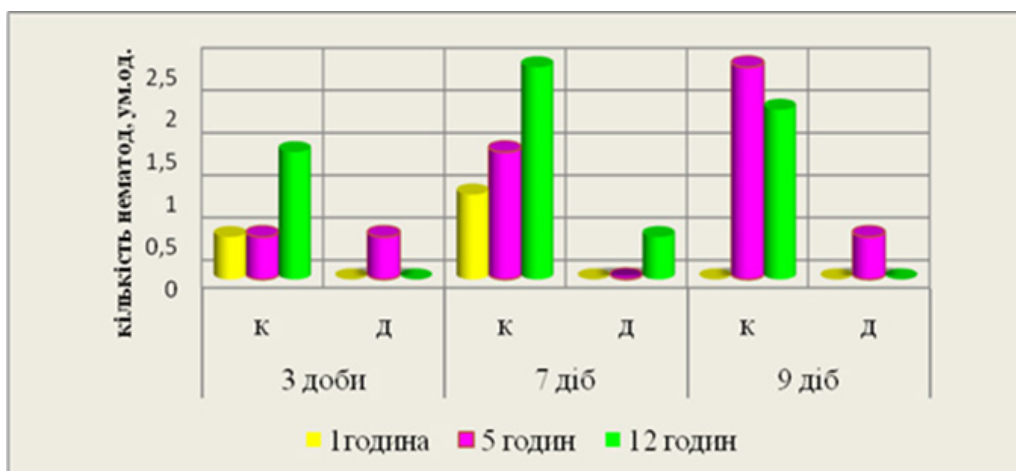
Для зручностi проведення математичної обробки результатiв дослiду, кiлькiсть стеблових нематод, як живих так i мертвих, ми вiдобразили через умовнi iндекси [1, 6], де за одиницю прийнято 10 особин. Кiлькiсть мертвих особин шкiдника в дослiдних бульбах при всiх термiнах дiї препарату вища за контрольнi зразки у 1,8–3,0–2,0 рази вiдповiдно експозицiї 1, 5 та 12 годин (табл.), але з огляду на високу варiабельнiсть результатiв (48,1–77,5%), рiзниця мiж термiнами дiї препарату не суттєва (0,33–0,50 при  $HSP_{0,95}=0,86$ ). В середньому за термiнами пiслядiї бiопрепарату (3, 7 та 9 дiб), максимальна загибель стеблових нематод спостерiгається при занурюваннi бульб картоплi на 1 годину у 3%-ний розчин Нематофагiну БТ, але з огляду на їх загальну



кількість, при такій експозиції гинуло від 38,3 до 61,3%, а при 5-годинній експозиції спостерігали 100% загибель шкідника через 7 діб.



А



В

Рис. 5. Умовна кількість стеблових нематод в залежності від експозиції та терміну післядії розчину (3,0%) Нематофагіну БТ

Примітка: А – мертві нематоди, В – живі нематоди, к – контроль, д – дослід

Fig. 5. Conditional number of stem nematodes depending on the exposure and the after effect the solution (3,0%) of Nematophagin BT

Note: A – dead nematodes, B – live nematodes, к – control, д – experiment

Одними із труднощів дослідження дії Нематофагіну БТ на нематод у цілих бульбах є те, що не завжди зовнішні ознаки ушкодження бульб картоплі означають присутність нематод. Але, все ж таки, при випробуванні 5%-ої концентрації Нематофагіну БТ на цілих бульбах, ми отримали загибель паразитів у 70 % та 60 % бульб, відповідно терміну дії препарату 12 та 24 години.

Таблиця

Умовний iндекс мертвих стеблових нематод за термiном експозицiї  
в 3% - ному розчинi Нематофагiну БТ (варiант n=10)

Table

Conditional index of dead stem nematodes according to the exposure time  
in a 3% solution of Nematophagin BT (variant n=10)

Експозицiя, годин	Варiант	M ± m	iнтервал коливань	Рiвень надiйностi, %
1	контроль	0,83 ± 0,41	1,0 – 0,0	42,8
5		0,33 ± 0,52	1,0 – 0,0	54,2
12		0,67 ± 0,52	1,0 – 0,0	54,2
1	дослiд	1,50 ± 0,34	3,0 – 1,0	87,8
5		1,00 ± 0,00	1,0 – 1,0	100,0
12		1,33 ± 0,33	3,0 – 1,0	85,7
НСР <sub>0,95</sub>		0,86		

Цей результат свiдчить про дiєвiсть Нематофагiну БТ на стеблову картопляну нематоду i можливiсть застосування препарату для регуляцiї її чисельностi.

В лабораторних умовах для визначення дiєвостi препарату бiльш iнформативним було використання розрiзаних навпiл бульб, для яких встановлене зараження стебловою нематодою. Цей метод має ваду у збiльшеннi часу постановки дослiду, але бiоагент має бiльшу доступнiсть до шкiдника. Використання цiлих бульб менш трудовитратний варiант, але iснує ймовiрнiсть застосування в дослiдi незараженого матерiалу.

Використанi пiдходи в лабораторних дослiдженнях можна вважати складовою частиною методики випробування будь-якого нематоцидного препарату проти стеблової картопляної нематоди. Остаточний висновок про ефективнiсть препарату буде зроблено пiсля проведення дослiджень в польових умовах.

Препарат Нематофагiн випускається рiзними виробниками: IТI Бiотехнiка НААН (Нематофагiн БТ) [11], фiрмою Черкасбiозахист (Нематофагiн-бiо) [10] та ТОВ «Бiо Центр» (Нематофагiн М) [12] i рекомендований для захисту вiд цистоутворювальних нематод овочевих та кiтково-декоративних культур закритого ґрунту. Дiюча основа всiх вказаних препаратiв – спори гриба *Arthrobotrys oligospora*, але для дослiджень ми вибрали Нематофагiн БТ, оскiльки його занесено до «Перелiку допомiжних продуктiв для використання в органiчному виробництвi...» [3].

Як свiдчать автори [4, 7], повного захисту картоплi вiд заселеностi стебловою нематодою вiн не забезпечив, при вирощуваннi картоплi у вiдкритому ґрунтi зони Полiсся перевiрено препарат Нематофагiн-бiо, ефективнiсть якого становила 51,6% при застосуваннi на сортi картоплi Чарунка. В лабораторно-



му експерименті отримали вищу ефективність Нематофагіну БТ, але також відзначили нюанс неповного захисту.

Колеги з Молдови [18] тестували в лабораторних умовах біологічний нематоцид Абаментин, який забезпечував смертність паразитів на 50% і більше, що залежало від концентрації та часу дії препарату. При цьому вони використали підходи аналогічні лабораторному дослідженню: вивчали різні концентрації препарату та терміни його дії (від 1 до 16 діб) при обробці розрізаних бульб, але проти цистоутворювальних нематод *Globodera pallida*.

Метод обробки нематоцидним препаратом розрізаних бульб із встановленим зараженням стебловою нематодою більш інформативний, ніж використання цілих бульб. Доцільно проводити аналіз на ушкодження картоплі нематодами при використанні шматків ураженої картоплі з 3 по 7 добу після обробки 3% розчином біопрепарату з експозицією 5 годин.

Нематофагін БТ в лабораторних умовах проявив нематоцидну активність проти стеблової картопляної нематоди.

**S.I. Burykina<sup>1</sup>, S.P. Uzhevskaya<sup>1</sup>, N.V. Pylyak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Odesa State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Oriented Agriculture NAA, Odesa district, Khlybodarskoe township, 24 Mayatska doroga, tel.: +38 (048) 740 15 78; e-mail: odsds-chlebodarskoe@ukr.net

<sup>2</sup> Engineering and Technological Institute "Biotechnology" of the National Academy of Sciences,

Odesa district, village Khllybodarske, str. Mayatska doroga, 26, tel.: +38(048)770 56 72, 094 995 96 72; e-mail: nceb2017@gmail.com

## METHOD OF ASSESSING THE NEMATOCIDAL EFFECTIVENESS OF A BIOPREPARATION BASED ON PREDATORY MICROMYCETE AGAINST THE POTATO STEM NEMATODE

### Summary

**Aim** – Studing of methods for determining the effectiveness of Nematophagin BT against potato stem nematode in the laboratory. **Materials and methods.** For the experiment, potato tubers with signs of damage by the stem nematode *Ditylenchus destructor* Thorne, 1945 were selected. The method of treatment of cut potato tubers with the preparation was used. It was compared with the method of treatment of whole tubers in the laboratory. The effect of the microbiological nematicidal preparation (Nematofagin BT) developed by ITI Biotechnology of NAAS was determined. The effectiveness of the microbiological preparation of nematicidal action (Nematofagin BT), developed by ITI Biotechnology of NAAS, was determined. The active ingredient of the drug is a microscopic fungus-predator *Arthrobotrys oligospora* strain 12, the initial culture of which is deposited in the collection of microorganism cultures of the D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine F100047. **Results.** The methods of laboratory evaluation of the nematicidal effect of the biological product against potato stem nematode are described. In laboratory conditions, to determine the effectiveness of the drug, it is more informative to use cut tubers that



have been infected with stem nematode. This method requires much more time to set up, but the bioagent has bigger accessibility to the pest. The use of whole tubers is less labor-intensive, but there is a possibility of using uninfected material in the experiment. The expediency of using these methods in laboratory conditions for the selection of active strains and determination of their effectiveness is shown. **Conclusion.** The method of nematicidal treatment of cut tubers with established infection of stem nematode is more informative than the use of whole tubers. It is advisable to analyze for damage to potatoes by nematodes when using pieces of affected potatoes from 3 to 7 days after treatment with a 3% solution of the biological product with an exposure of 5 hours. In laboratory conditions, both methods of treatment of cut and whole tubers with the preparation can be used to test the effect of Nematophagin BT on potato stem nematode. Nematophagin BT showed nematicidal activity against potato stem nematode in laboratory conditions.

*Key words:* potato, *Ditylenchus destructor*, Nematophagin, nematicidal activity, method.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильковський О. М., Леценко С. М., Васильковська К. В., Петренко Д. І. Підручник дослідника. Навчальний посiбник для студентiв агротехнiчних спецiальностей. – Кiровоград. 2016. – 204 с.
2. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: В 3-х т. / Под общ.ред. В. П. Васильева. 2-е изд., испр. и доп. Т. 3. Методы и средства борьбы с вредителями, системы мероприятий по защите растений / Ред. тома В. П. Васильев, В. П. Омелюта. – К.: Урожай, 1989. – 408 с.
3. Гавран І., Прокiпець С., Богатир Л., Пасацька В., Галашевський С., Бiлик Т., Рябенко О. Перелiк допомiжних продуктiв для використання в органiчному виробництвi з врахуванням вимог стандарту мiжнародних акредитованих органiв сертифiкацiї з органiчного виробництва та переробки, що є еквiвалентним регламентам ЄС №834/2007 та № 889/2008. – Видавництво: ТОВ «Органiк стандарт», 2019. – 152 с.
4. Гурманчук О. В., Коломiйчук Д. Р., Телечук Я. О. Вплив бiологiчних i хiмiчних препаратiв на розвиток стеблової нематоди картоплi // Сiльське господарство – сталий розвиток України. Матерiали всеукр. наук. – практ. конф., 12 листопада 2020 р. – Житомир: Полiський нацiональний унiверситет, 2020. – С. 174–176.
5. Дементьева С. П. Стеблевая нематода картофеля и меры борьбы с ней. – Кишинев: Штиинца, 1980. – 28 с.
6. Картоплярство: Методика дослідної справи /За редакцією А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. – Вiнниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. – 652 с.
7. Коломiйчук Д. Р. Продуктивнiсть картоплi при застосуваннi бiологiчних i хiмiчних препаратiв проти *Ditylenchus destructor*. // Проблеми екологiї та екологiчно орієнтованого захисту рослин. Матерiали I науково-практичної конференцiї студентiв, 3 жовтня 2020 р. – Житомир: Полiський нацiональний унiверситет. – С. 22–26.



8. Котюк Л. А. Еколого-біологічні особливості стеблової нематоди *Ditylenchus destructor* Thorne при паразитуванні на картоплі в зоні Полісся України.: Дис. ... канд. біол. наук. Житомир, 1999. – 153 с.
9. *Методики випробування і застосування пестицидів* // Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Иващенко О. О. та ін. За ред. проф. Трибеля С. О. – Київ: Світ, 2001. – 448 с.
10. *Нематофагін – біо*. URL: <https://cherkasbiozakhyt.com/nematofagin-bio/p91>.
11. *Нематофагін БТ*. URL: <https://biotekhnika.od.ua/produktsia/mikrobiologichni-preparaty/nematofahin-bt>
12. *Нематофагін М*. URL: <https://centrbio.com.ua/ua/p636415031-nematofagin-bio-tsentr.html>.
13. *Нестеров П. И.* Фитопаразитические и свободноживущие нематоды юго-запада СССР. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 314 с.
14. *Положенець В. М., Рожкова Т. О., Немерицька Л. В., Журавська І. А.* Системний контроль розвитку і поширення *Ditylenchus destructor* в агроценозі картоплі. // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». – 2017. – В. 9 (34). – С. 1–4.
15. *Положенець В. М., Немерицька Л. В., Журавська І. А., Федорчук С. В.* Особливості впливу хімічних і біологічних препаратів на захист насінневої картоплі // Практика і теорія ефективного використання земельних ресурсів Полісся: зб. статей Всеукр. наук. – практ. конф., 22–23 лют. 2017 р. – Житомир: Укрєкобіокон, 2017. – С. 137–139.
16. *Устинов А. А., Линник Г. Н.* Стеблевая нематода картофеля. – Харьков: Изд-во Харьковского государственного университета, 1955. – 56 с.
17. *Decker H.* Phytonematologie (Biologie und bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden) Veb Deutscher landwirtschaftsverlag. – Berlin, 1969. – 445 p.
18. *Sasanelli N., Toderas I., Veronico P., Iurcu-Straistary E., Rusu S., Mellilo M. T., Caboni P.* Abamectin Efficacy on the potato Cyst Nematode *Globodera pallida*.// Plants.2020.9.12.: <https://doi.org/10.3390/plants9010012>.
19. *Wetzel T.* Diagnose von krankheiten und beschädigungen an kulturpflanzen diagnosemethoden Veb Deutscher Landwirtschaftsverlag. – Berlin, 1984. – 224 p.

## REFERENCES

1. Vasytkovskiy O M, Leshchenko S M, Vasytkovska K V, Petrenko D I. Researcher's textbook. Study guide for students of agrotechnical specialties. Kirovohrad: 2016. 204 (in Ukrainian).
2. Pests of agricultural crops and planted forests: In 3-kht./ Pod obsch.ed. Vasilieva V P. 2nd ed., ed. and additional T.3. Pest control methods and tools, systems of measures for plant protection / Volume editors Vasiliev V P, Omelyuta V P. K.: Urozhai, 1989: 408 (in Russian).
3. Gavran I, Prokipets S, Bogatyr L, Pasatska V, Galashevskiy S, Bilyk T, Ryabenko O. List of auxiliary products for use in organic production taking into account the requirements of the standard of international accredited certifi-



- cation bodies for organic production and processing, which is equivalent to EU regulations No. 834/2007 and No. 889/2008. Publisher: LLC "Organic Standard", 2019. 152 (in Ukrainian).
4. Gurmanchuk O V, Kolomiychuk D R, Telechuk Ya O. Influence of biological and chemical preparations on the development of potato stem nematode. Agriculture - sustainable development of Ukraine: all-Ukrainian materials. science and practice conference, November 12, 2020. Zhytomyr: Polish National University:174–176 (in Ukrainian).
  5. Demytyeva S P. Potato stem nematode and its control measures Chisinau: Shtiintsa, 1980. 28 (in Russian).
  6. Potato growing: Methodology of the experimental case / Edited by A. A. Bondarchuk, V. A. Koltunov. – Vinnytsia: Tvorі LLC, 2019. 652 p. (in Ukrainian).
  7. Kolomiychuk D R. Productivity of potatoes with the use of biological and chemical preparations against *Ditylenchus destructor*. Problems of ecology and ecologically oriented plant protection: materials of the 1st scientific and practical conference of students, October 3, 2020. Zhytomyr: Polisky National University: 22–26 (in Ukrainian).
  8. Kotyuk L A. Ecological and biological features of the stem nematode *Ditylenchus destructor* Thorne in the process of parasitizing on potatoes in the Polissya zone of Ukraine. Dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences Zhytomyr, 1999. 153 (in Ukrainian).
  9. Methods of testing and application of pesticides // Tribel S O, Sigareva D D, Sekun M P, Ivashchenko O O et al. Edited by Prof. Tribel S O. K.: Svit, 2001. 448 (in Ukrainian).
  10. Nematofagin – bio. URL: <https://cherkasbiozakhyst.com/nematofagin-bio/p91>. (in Ukrainian).
  11. Nematofagin BT. URL: <https://biotekhnika.od.ua/produksia/mikrobiologichni-preparaty/nematofagin-bt> (in Ukrainian).
  12. Nematofagin M. URL: <https://centrbio.com.ua/ua/p636415031-nematofagin-bio-tsentr.html> (in Ukrainian).
  13. Nesterov P I. Phytoparasitic and free-living nematodes of the south-west of the USSR Chisinau: Shtiintsa, 1979. 314 (in Russian).
  14. Polozhenets V M, Rozhkova T O, Nemerytska L V, Zhuravska I A. Systemic control of the development and spread of *Ditylenchus destructor* in potato agrocenosis. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and Biology"*. 2017; 9 (34): 1–4 (in Ukrainian).
  15. Polozhenets V M, Nemerytska L V, Zhuravska I A, Fedorchuk S V. Peculiarities of the influence of chemical and biological preparations on the protection of seed potatoes. Practice and theory of efficient use of land resources of Polissia: coll. articles of the All-Ukrainian of science - practice conference, February 22-23. 2017. Zhytomyr: Ukrekiobikon, 2017: 137–139 (in Ukrainian).
  16. Ustinov A A, Linnyk G N. Potato stem nematode. Kharkiv: Publishing House of Kharkiv State University, 1955. 56 (in Russian).





17. Decker H. Phytonematologie (Biologie und bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden) Veb Deutscher landwirtschaftsverlag. Berlin, 1969. 445.
18. Sasanelli N, Toderas I, Veronico P, Iurcu-Straistary E, Rusu S, Mellilo M T, Caboni P. Abamectin Efficacy on the potato Cyst Nematode *Globodera pallida*. Plants.2020.9.12.: <https://doi.org/10.3390/plants9010012>.
19. Wetzal T. Diagnose von krankheiten und beschädigungen an kulturpflanzen diagnosemethoden Veb Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin, 1984. 224.

Стаття надійшла до редакції 21.07.2023 р.



UDC: 579.678

**A.G. Merlich, I.I. Kimurzhyy, R.R. Kovalchuk,  
M.V. Shutylo, V.O. Ivanytsia**

Odesa I. I. Mechnikov National University,  
Department of Microbiology, Virology and Biotechnology,  
65058 Dvorianska str., 2, Odesa, Ukraine,  
tel.: +380964367403, e-mail: andriymerlich@gmail.com

## **ANTIMYCOTIC ACTIVITY OF THE ISOLATES OF LACTOBACTERIA FROM WATER AND MUSSELS OF BLACK SEA**

**Aim.** Determination of the presence of antimycotic activity and its level in thirteen lactobacteria isolates from Black Sea water and mussels. **Methods.** Antimycotic activity of lactic acid bacteria (LAB) isolates was tested by agar diffusion method in 24-well plates. To determine character of action the plates were incubated for 7 days at 25 °C. **Results.** For the first time antimycotic activity of marine LAB from Odesa coast was estimated. The majority of the tested isolates of lactobacteria exhibited antimycotic activity of high level completely inhibiting (in 100%) as mycelium growth as well as spore formation of *Penicillium expansum* UKM F-575 and *Aspergillus niger* UKM F-16706 on second day of the study. Four isolates (M.5.1, M.5.2, M.7.1, M.7.2) showed lower antimycotic activity (from 0 to 75%). Eight LAB isolates from seawater (W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.δк, W.2.3, W.2.4) and one isolate from mussel liquor (M4.1) completely inhibited mycelial growth and sporulation of *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706 even within seven days indicating fungicidal character of action. **Conclusions.** The most of tested LAB isolates from Black Sea exhibited high antimycotic activity against *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706 indicator strains. The most active lactobacteria isolates were W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.δк, W.2.3, W.2.4 isolated from Black Sea water and M4.1 – from mussel liquor. The character of the revealed antimycotic activity was determined as fungicidal.

*Key words:* antimycotic activity, molds, mussels, lactic acid bacteria, Black Sea.

Lactic acid bacteria (LAB) are large group of microorganisms including representatives of various genera such as *Lactobacillus*, *Halolactobacillus*, *Marinilactobacillus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus* etc., which inhabit many ecological niches, including marine environment [1]. A great diversity of secondary metabolites including organic acids, bacteriocins, peptides and other compounds, which possess antimycotic activity are produced by lactobacteria [6].

It is known about great difference of marine environment compared to other ecological niches, primary by its extreme conditions indicating a possibility of isolation of bacterial strains with high antagonistic activity [2, 9]. Lactobacteria from marine environment can exhibit antimycotic activity and they can find possible application in food industry due to it [6].



Nowadays, consumers demand minimally preserved food combining with long storage time that can be dangerous for their health because of safety problems. Lactobacteria because of their antagonistic activity can be used as bioprotective microorganisms to preserve food products [5].

However, there is a limited amount of information regarding LAB from the Odesa littoral of Black Sea and their antimycotic properties, which indicates that they are understudied.

The aim of this work was to determine the presence of antimycotic activity and its level in thirteen lactobacteria isolates from Black Sea water and mussels.

### Materials and methods

Eight LAB isolates which were isolated from the Black Sea water (W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, W.2.3, W.2.4) and five ones isolated from *Mytilus galloprovincialis* Lamarck (M.4.1, M.5.1, M.5.2, M.7.1, M.7.2) were used in this study. Water and mussel samples were taken at the Hydrobiological station of ONU during the previous works. Classical MRS medium was used for the cultivation of LAB [4]. Lactobacteria were inoculated by the streak method and cultivated at 37 °C for two days. LAB strains were stored at +4 °C and maintained by periodic cultivation.

Before screening of LAB for the ability to produce antimycotic compounds, they were inoculated into MRS broth and cultured at 37 °C for 24 hrs. The concentration of cells of overnight cultures of lactobacteria was determined by the spectrophotometer SmartSpec Plus (Bio-Rad, USA) at the wavelength of 600 nm.

Also, two strains of molds were used for the study: *Aspergillus niger* UKM F-16706 and *Penicillium expansum* UKM F-575 from the collection of the D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology (Kyiv). Potato dextrose agar (PDA) was used for molds cultivation [10]. They were inoculated by the streak plate method in three sectors and grown at + 25 °C for three days. On the basis of three-day cultures of fungi grown on PDA, spore suspensions were prepared in sterile physiological solution, which were used as inoculation material [8].

After obtaining the suspensions, the number of spores in 1 mL was counted using a Horyaev camera and at a microscope magnification of 80X. The important stage was the standardization of the obtained concentrations of fungal spores in the suspensions, which was carried out by diluting the spore suspensions with a physiological solution to a final concentration of 10<sup>4</sup> spores/mL [8].

The diffusion into agar method was used to determine the antimycotic activity of marine LABs. For this, 1 mL of pre-melted 1.5% MRS agar was poured into the wells of 24-well plates. After solidification of the medium, 100 µL of the overnight cultures of lactobacteria with a known concentration of cells were added to each well. The culture of *Enterococcus italicus* ONU547 and MRS broth were used as the controls. Incubation was carried out for 48 hours at 37 °C. After that, 50 µL of molds spore suspension at a concentration of 10<sup>4</sup> spores/ml were added to each well and incubated at 25 °C for two days [8].

The results were estimated on the 2 nd day of the study. The percentage of the well area covered with mycelia and/or spores was visually assessed and, accord-



ingly, the percentage of inhibition of mycelial growth and inhibition of sporulation caused by LAB was determined. In the case of full absence of any mold signs the inhibition was estimated as 100%, if 50%, 75%, 70% of well area were covered with fungal mycelium or spores the inhibition was 50%, 25%, and 30%, respectively [8].

To study the character of action of marine lactobacteria, the plates with LAB and molds spores were placed in a thermostat and incubated at 25 °C for another five days. The presence and intensity of fungal mycelium growth, as well as sporulation were evaluated as described above. These criteria were noted every day and, accordingly, the level of the antimycotic activity of lactobacteria was determined.

All experiments were performed twice. Statistical data processing and graphs buildings were carried out in the program Microsoft Office Excel.

### Results and discussion

#### *Antimycotic activity of LAB isolates of marine origin*

At the beginning of the experiment, the concentrations of overnight cultures of the LAB were measured using a spectrophotometer with a wavelength of 600 nm. The results of the study are shown in Table.

Table

**Number of cells of overnight cultures of LAB of marine origin**

LAB isolate	Number of cells, cells/ml
W.1.1	$1.18 \times 10^9$
W.1.2	$1.37 \times 10^9$
W.1.3	$1.55 \times 10^9$
W.1.4	$1.16 \times 10^9$
W.1.5	$1.52 \times 10^9$
W.1.дк	$1.20 \times 10^9$
M.4.1	$1.44 \times 10^9$
M.5.1	$5.61 \times 10^8$
M.5.2	$1.69 \times 10^9$
M.7.1	$1.57 \times 10^9$
M.7.2	$1.95 \times 10^9$
W.2.3	$1.61 \times 10^9$
W.2.4	$2.18 \times 10^9$
MRS broth	0

It was estimated that the concentration of cells of all overnight cultures, except of M.5.1, was at approximately the same level.

In the study it was established that the most of the LAB isolates from marine sources showed high inhibitory activity against both *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706 (Fig. 1).



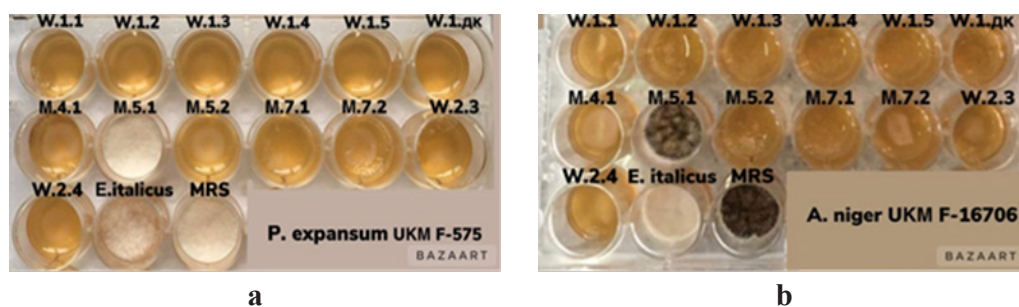


Fig. 1. Inhibitory activity of the isolates of marine lactobacteria against strains of molds *P. expansum* UKM F-575 (a) and *A. niger* UKM F-16706 (b) on second day of the study

Thus, the bacteria of isolates W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, W.2.3, W.2.4 from the water of Black Sea and M.4.1 from the sea mussels completely inhibited the growth of the mycelium of the fungus *P. expansum* UKM F-575 on second day of the study (Fig. 2). Other isolates – M.5.2, M.7.1, and M.7.2 inhibited the growth of the molds in 75%, 70%, and 50%, respectively. These data are in agreement with the results of [3], where *Lactobacillus kefir* M4 and *Pediococcus acidilactici* MRS-7 from dairy product (kefir) have demonstrated high antimycotic activity against *P. expansum* strains of fruit origin (apples and kiwi). Indeed, only one molds strain from the five tested – *P. expansum* LPH6 was resistant to the inhibitory substances of the studied lactobacteria strains. The scientists have also shown that organic and carboxylic acids of the studied LAB were mainly responsible for the antimycotic activity [3]. However, our publication is the first report on antimycotic effect of LAB from the Black Sea against molds *P. expansum*.

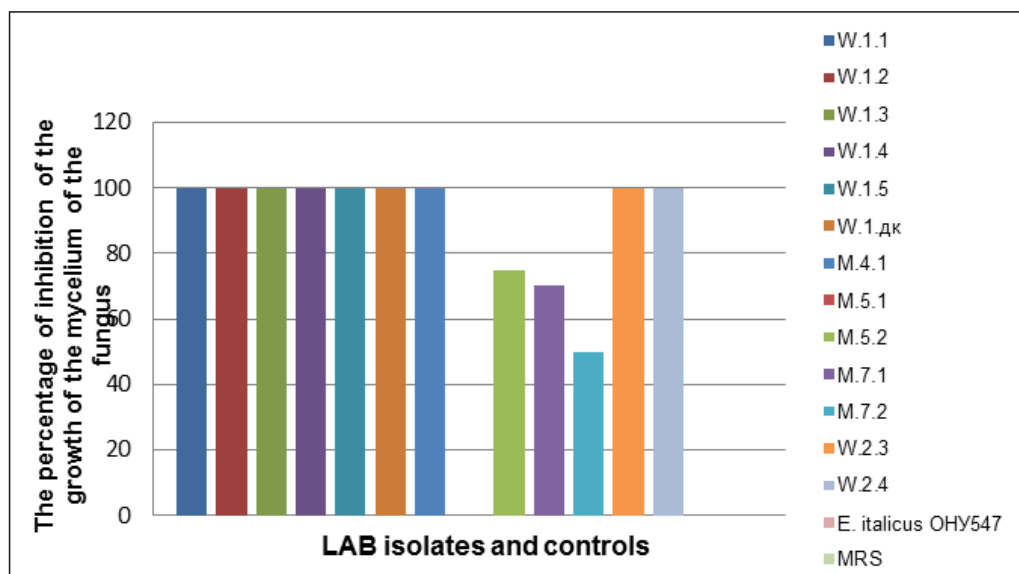


Fig. 2. Inhibitory effect of LAB from sea water and mussels on the growth of mycelium of *P. expansum* UKM F-575 on second day of the study

Antimycotic activity of lactobacteria isolates was also tested against a representative of molds of another species, namely *A. niger* UKM F-16706. This strain was more sensitive to the action of marine lactobacteria compared to *P. expansum* UKM F-575. Antimycotic activity of bacterial isolates of LAB W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, W.2.3, W.2.4 from sea water and M.4.1, M.5.2, M.7.1, M.7.2 from sea mussels against *A. niger* UKM F-16706 was 100% on second day of the study (Fig. 3). However, this indicator strain was more resistant to the action of antimycotic compounds of isolate M.5.1 – the percentage of mycelial growth inhibition was only 50%. Our results are in agreement with data of Bulgarian scientists, who showed that LABs of the species *Lactobacillus plantarum*, which were also isolated from the Black Sea (*Mytilus galloprovincialis* Lam.), exhibited antimycotic activity against *A. niger*. Interesting, this mold species was the most sensitive to inhibitory compounds of marine lactobacteria among the tested *Penicillium claviforme*, *Candida albicans*, and *Saccharomyces cerevisiae* [6]. However, in other publication a low sensitivity of *A. niger* to LAB (of food origin) was reported [7].

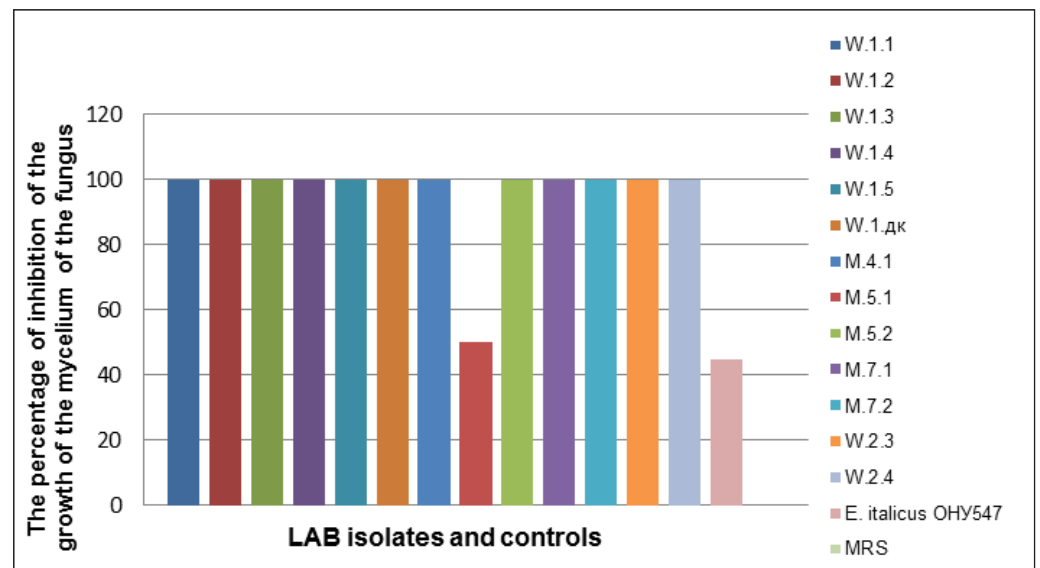


Fig. 3. Inhibitory activity of LAB isolates of marine origin against mycelial growth of *A. niger* UKM F-16706 on second day of the study

In addition to the mycelium growth inhibiting of the *A. niger* UKM F-16706, the studied strains of LAB also suppressed its sporulation (Fig. 4). All isolates, except of M.5.1, showed 100% inhibitory effect on sporulation.

Thus, as a result of our research, we found that isolates of lactobacilli both from the water of the Black Sea and from mussels showed high antimycotic activity and inhibited as mycelial growth, as well as sporulation of molds of two strains: *P. expansum* UKM F- 575 and *A. niger* UKM F-16706. All isolates of LAB from sea water are active producers of antimycotic compounds, which caused 100% inhibition of both *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F- 16706. LAB isolates from mussels showed a lower level of antimycotic activity.



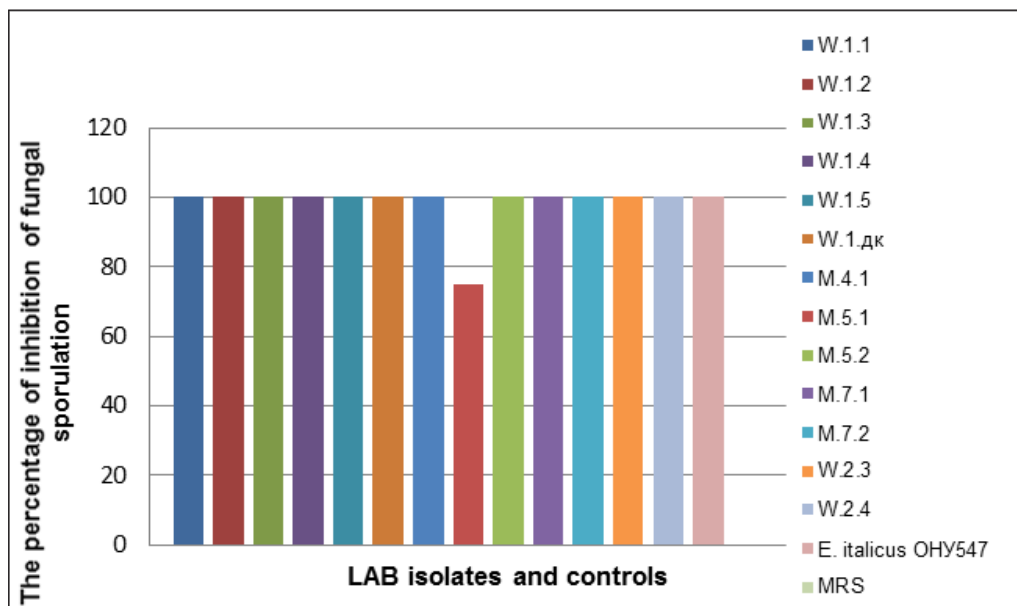


Fig. 4. Inhibition of sporulation of *A. niger* UKM F-16706 by strains of lactobacilli from sea water and mussels on second day of the study

#### Character of action of marine lactobacteria

The results of antimycotic activity on 3, 4, 5, 6, 7 days of fungi incubation at 25 °C were taken into account. It was established that a number of studied LABs retained their inhibitory activity even on the seventh day of incubation with the conditions optimal for fungi growth (Fig. 5). This may indicate the fungicidal character of the action of antimycotic compounds, which can be used in various areas of biotechnology.

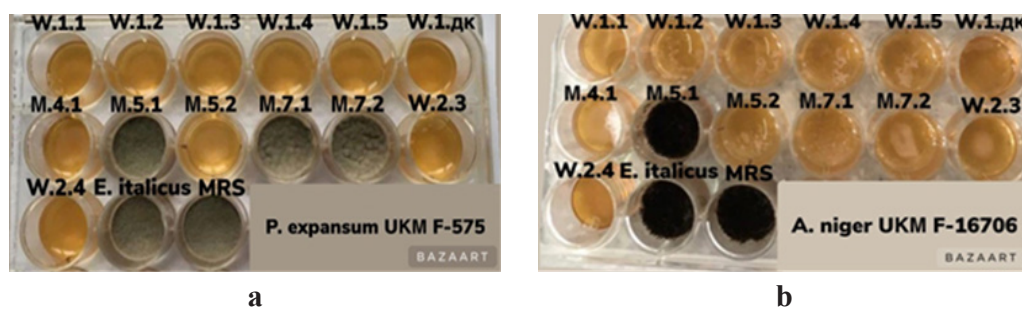


Fig. 5. Antimycotic activity of lactobacteria from seawater and mussels against molds *P. expansum* UKM F-575 (a) and *A. niger* UKM F-16706 (b) on the seventh day of the study

All LAB isolates from seawater and one (M.4.1) from mussels showed 100% antagonistic activity against the growth of *P. expansum* UKM F-575 mycelium, which lasted for seven days (Fig. 6). LAB isolates M.5.2, M.7.1, and M.7.2 on the third day of incubation inhibited the growth of the fungus in 50%, 50%, and 55%, respectively, but the inhibitory activity of strain M.5.1 during the same period was

0%. On the seventh day of incubation only the LAB M.5.2 among them retained antimycotic activity at the level of 50%.

In addition, the isolates W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, M.4.1, W.2.3, and W.2.4 completely suppressed the sporulation of *P. expansum* UKM F-575 for seven days (Fig. 7). Bacteria of isolate M.5.1, which was isolated from mussels, did not inhibit sporulation of this fungal strain.

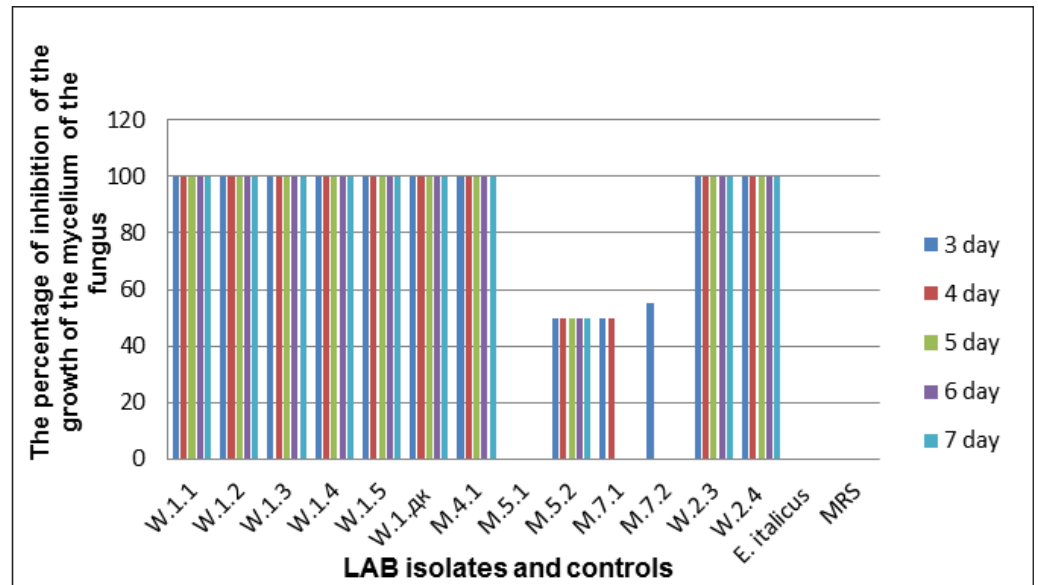


Fig. 6. Duration of antimycotic activity caused by LAB isolates against mycelial growth of *P. expansum* UKM F-575

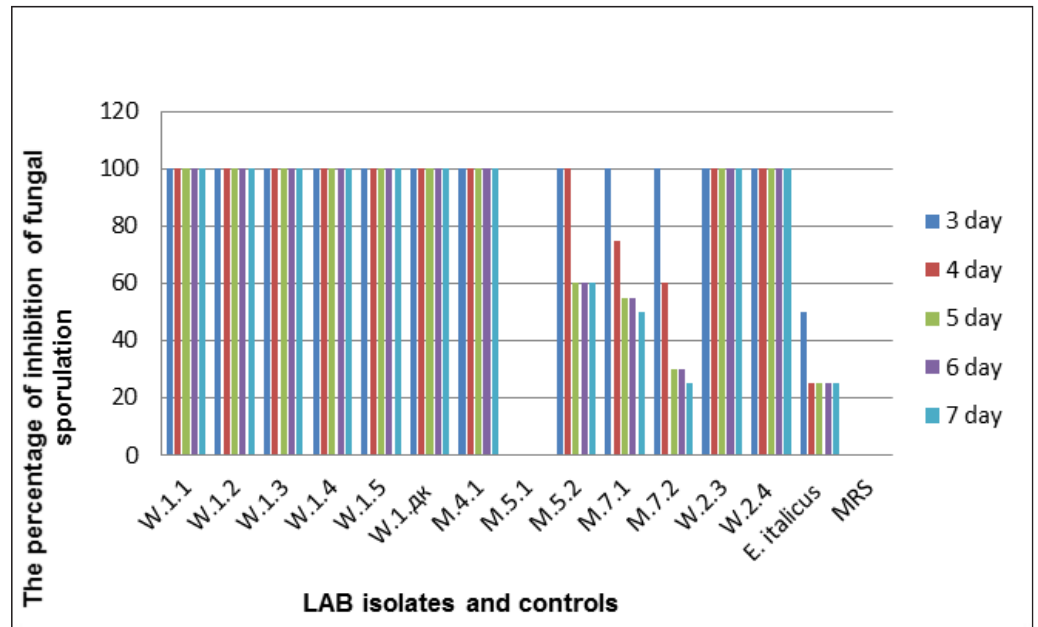


Fig. 7. Dynamics of inhibition of sporulation of *P. expansum* UKM F-575 by marine lactobacteria





In comparison with *P. expansum* UKM F-575, higher inhibitory activity of marine LABs was observed towards *A. niger* UKM F-16706, both in terms of mycelial growth and sporulation (Figs. 8, 9).

Thus, almost all the tested lactobacteria isolates completely inhibited the growth and sporulation of the fungus within seven days. Only bacteria of M.5.1 showed their antimycotic activity of lower level (50%).

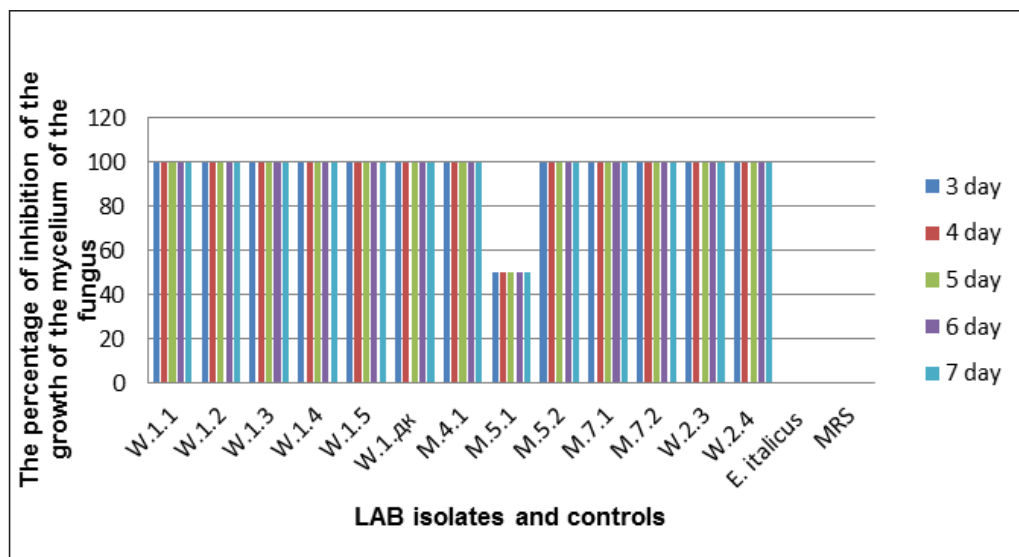


Fig. 8. Duration of inhibition of mycelial growth of *A. niger* UKM F-16706 caused by lactobacteria from sea water and mussels

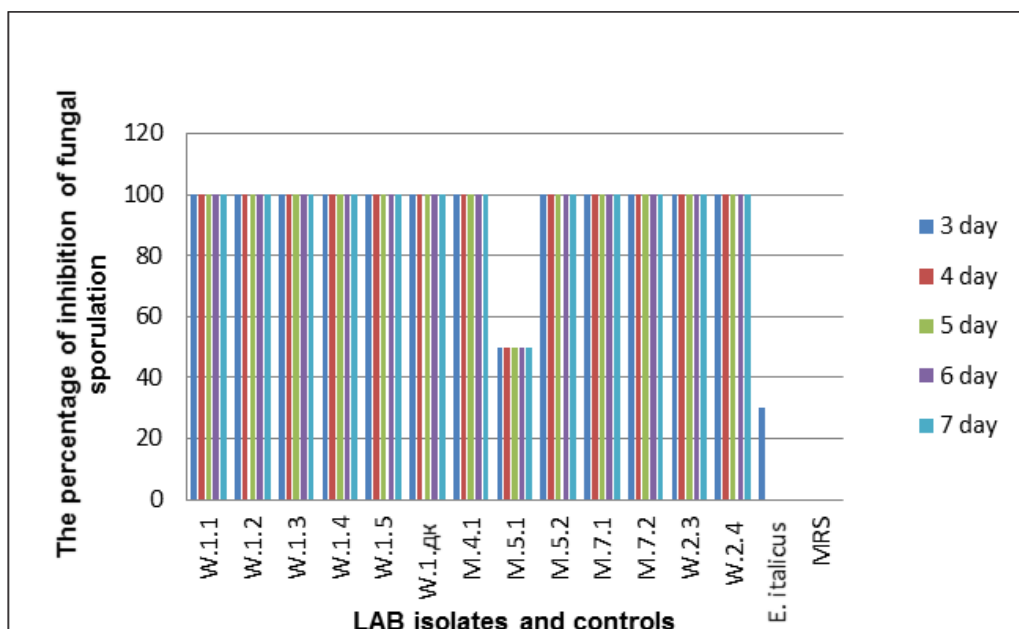


Fig. 9. Dynamics of inhibition of sporulation of *A. niger* UKM F-16706 under the effect of LAB from sea water and mussels

Therefore, our results indicate the presence of high number of LAB with antimycotic activity of fungicidal character of action in water of the Odesa Black Sea water area. Indeed, eight isolates of LAB from sea water (W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, W.2.3, W.2.4) and one isolate from mussels (M.4.1) completely inhibited the growth and sporulation of the fungi *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706 for seven days, thus exhibiting fungicidal effect. The new strains of lactobacteria of marine origin because of their high antimycotic activity can be perspective for use in biotechnology.

To our opinion, it is necessary to intensify the study of marine LABs not only from water and mussels, but also from other inhabitants of the Black Sea.

### Conclusions

The majority of the isolates of lactobacteria from Black Sea have demonstrated antimycotic activity of high level against the tested indicator strains *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706. The LAB isolates W.1.1, W.1.2, W.1.3, W.1.4, W.1.5, W.1.дк, W.2.3, W.2.4, and M4.1 were chosen as the most active. The studied LAB isolates from seawater of Black Sea showed fungicidal character of antimycotic activity against *P. expansum* UKM F-575 and *A. niger* UKM F-16706.

**А.Г. Мерліч, І.І. Кімуржий, Р.Р. Ковальчук,  
М.В. Шутило, В.О. Іваниця**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології,  
65058, вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна,  
тел.: +380964367403, e-mail: andriymerlich@gmail.com

## АНТИМІКОТИЧНА АКТИВНІСТЬ ІЗОЛЯТІВ ЛАКТОБАКТЕРІЙ З ВОДИ ТА МІДІЙ ЧОРНОГО МОРЯ

### Реферат

**Мета.** Визначення наявності антимікотичної активності і ступеню її вираженості у тринадцяти ізолятах лактобактерій з чорноморської води та мідій. **Методи.** Антимікотичну активність ізолятів молочнокислих бактерій (МКБ) досліджували методом дифузії в агар в 24-лункових планшеттах. Щоб визначити характер дії, планшетти інкубували протягом 7 днів при 25 °С. **Результати.** Вперше оцінено антимікотичну активність морських МКБ з Одеського узбережжя. Більшість досліджених ізолятів лактобактерій виявили антимікотичну активність високого рівня, повністю пригнічуючи (на 100%) як ріст міцелію, так і спорування *Penicillium expansum* UKM F-575 та *Aspergillus niger* UKM F-16706 на другий день дослідження. Чотири ізоляти (М.5.1, М.5.2, М.7.1, М.7.2) показали меншу антимікотичну активність (від 0 до 75%). Вісім ізолятів МКБ з морської води (В.1.1, В.1.2, В.1.3, В.1.4, В.1.5, В.1.дк, В.2.3, В.2.4) та один ізолят із ліквору мідій (М4.1) повністю пригнічував ріст міцелію та спорування *P. expansum* UKM F-575 та *A. niger* UKM F-16706 навіть протягом семи днів, що свідчить про фунгіцидну дію. **Висновки.** Більшість досліджених ізолятів МКБ із Чор-



ного моря проявили високу антимікотичну активність щодо індикаторних штамів *P. expansum* УКМ F-575 та *A. niger* УКМ F-16706. Найактивнішими ізолятами лактобактерій були В.1.1, В.1.2, В.1.3, В.1.4, В.1.5, В.1.дк, В.2.3, В.2.4 виділені з води Чорного моря та М4.1 – з ліквору мідії. Характер виявленої антимікотичної активності було визначено як фунгіцидний.

*Ключові слова:* антимікотична активність, цвілеві гриби, мідії, молочнокислі бактерії, Чорне море.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Bergey's manual of systematic bacteriology. The Firmicutes* / Editors: P. De Vos, G. M. Garrity, D. Jones, N. R. Krieg, W. Ludwig, F. A. Rainey, K. –H. Schleifer, W. B. Whitman. – London; New York: Springer, 2009. – V. 3. – 1422 p.
2. *Bindiya E. S., Bhat S. G. Marine bacteriocins: a review* // J. Bacteriol. Mycol. – 2016. – V. 2 (5): 00040, available at: <https://medcraveonline.com/JBMOA/marine-bacteriocins-a-review.html>
3. *Chen H., Ju H., Wang Y., Du G., Yan X., Cui Y., Yuan Y., Yue T. Antifungal activity and mode of action of lactic acid bacteria isolated from kefir against *Penicillium expansum** // Food Control. – 2021. – V. 130: 108274, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713521004126>
4. *De Man J. C., Rogosa M., and Sharpe M. E. A medium for the cultivation of *Lactobacilli** // J. Oppl. Bact. – 1960. – V. 23 (1). – P. 130–135.
5. *Françoise L. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products* // Food Microbiology. – 2010. – V. 27 (6). – P. 698–709.
6. *Ibryamova S., Arhangelova N., Koynova T., Dimitrov D., Dimitrova Z., Ivanov R., Kalchev K., Chipev N., Natchev N., Ignatova-Ivanova T. Antifungal activity of lactic acid bacteria, isolated from (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) in the bulgarian Black sea aquatory* // Journal of IMAB – Annual Proceeding (Scientific Papers). – 2020. – V. 26 (1). – P. 2875–2882.
7. *Mateo E. M., Tarazona A., Jiménez M., Mateo F. Lactic acid bacteria as potential agents for biocontrol of aflatoxigenic and ochratoxigenic fungi* // Toxins. – 2022. – V. 14 (11): 807, available at: <https://www.mdpi.com/2072-6651/14/11/807>
8. *Matevosyan L., Bazukyan I., Trchounian A. Antifungal and antibacterial effects of newly created lactic acid bacteria associations depending on cultivation media and duration of cultivation* // BMC Microbiology. – 2019. – V. 19: 102, available at: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-019-1475-x>
9. *Rather I. A., Galope R., Bajpai V. K., Lim J., Paek W. K., Park Y.-H. Diversity of marine bacteria and their bacteriocins: applications in aquaculture* // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. – 2017, available at: <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2017.1282417>
10. <https://microbiologyinfo.com/potato-dextrose-agar-pda-principle-uses-composition-procedure-and-colony-characteristics/>



## REFERENCES

1. Bergey's manual of systematic bacteriology. The Firmicutes / Editors: De Vos P, Garrity GM, Jones D, Krieg NR, Ludwig W, Rainey FA, Schleifer K-H, Whitman WB. Springer, London, New York, 2009:3. 1422 p.
2. Bindiya ES, Bhat SG. Marine bacteriocins: a review. J. Bacteriol. Mycol. 2016; 2 (5): 00040, available at: <https://medcraveonline.com/JBMOA/marine-bacteriocins-a-review.html>
3. Chen H, Ju H, Wang Y, Du G, Yan X, Cui Y, Yuan Y, Yue T. Antifungal activity and mode of action of lactic acid bacteria isolated from kefir against *Penicillium expansum*. Food Control. 2021; 130: 108274, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713521004126>
4. De Man JC, Rogosa M, and Sharpe ME. A medium for the cultivation of *Lactobacilli*. J. Oppl. Bact. 1960; 23 (1): 130–135.
5. Françoise L. Occurrence and role of lactic acid bacteria in seafood products. Food Microbiology. 2010; 27 (6): 698–709.
6. Ibryamova S, Arhangelova N, Koynova T, Dimitrov D, Dimitrova Z, Ivanov R, Kalchev K, Chipev N, Natchev N, Ignatova-Ivanova T. Antifungal activity of lactic acid bacteria, isolated from (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) in the bulgarian Black sea aquatory. Journal of IMAB – Annual Proceeding (Scientific Papers). 2020; 26 (1): 2875–2882.
7. Mateo EM, Tarazona A, Jiménez M, Mateo F. Lactic acid bacteria as potential agents for biocontrol of aflatoxigenic and ochratoxigenic fungi. Toxins. 2022; 14 (11): 807, available at: <https://www.mdpi.com/2072-6651/14/11/807>
8. Matevosyan L, Bazukyan I, Trchounian A. Antifungal and antibacterial effects of newly created lactic acid bacteria associations depending on cultivation media and duration of cultivation. BMC Microbiology. 2019; 19: 102, available at: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-019-1475-x>
9. Rather IA, Galope R, Bajpai VK, Lim J, Paek WK, Park Y-H. Diversity of marine bacteria and their bacteriocins: applications in aquaculture.; Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2017, available at: <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2017.1282417>
10. <https://microbiologyinfo.com/potato-dextrose-agar-pda-principle-uses-composition-procedure-and-colony-characteristics/>

Стаття надійшла до редакції 04.09.2023 р.



**О.В. Андрющенко, І.В. Страшнова**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,  
тел.: +38(096)229 22 91, e-mail: andriuschenko2016@gmail.com

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *FUSARIUM*, ЩО ВИКЛИКАЮТЬ ЗАХВОРЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Охарактеризовано біологічні особливості, патогенез, методи виявлення, ідентифікації та контролю грибів роду *Fusarium*, що здатні викликати захворювання у рослин різних видів, зокрема ячменю та пшениці. Наведено інформацію про основні мікотоксини, що синтезують фузарії, а також способи зниження їх концентрації в ураженому зерні. Наголошено на необхідності розробки та впровадження біотехнологічних методів контролю збудників фузаріозу.

*Ключові слова:* *Fusarium*, мікотоксини, біологічні методи контролю, захворювання зернових.

Інтенсифікація агротехнологічних процесів та пошук шляхів для підвищення рентабельності вирощування сільськогосподарських культур збільшує антропогенне навантаження на ґрунти, це призводить до збіднення мікробіому орного шару, що проявляється у зниженні ферментативної активності ґрунтового горизонту та розмноженню однотипних мікроорганізмів, які часто є патогенними для рослин.

Існує щонайменше 50 000 хвороб сільськогосподарських культур. Щороку вчені відкривають нові захворювання. Близько 15% від загального сільськогосподарського виробництва щорічно втрачається від інфекційних захворювань, незважаючи на покращені сорти та методи контролю. Патогени швидко розмножуються та мутують. Вони розвивають генетичну стійкість до хімічних пестицидів та мають можливість інфікувати нові гібриди.

Одними із основних культур, що вирощуються в світі, є зернові, а саме пшениця та ячмінь. Вони входять у трійку світових лідерів. Найбільш розповсюдженим захворюванням зернових є фузаріоз колоса (англійською *Fusarium Head Blight – FHB*). Фузаріоз походить від латинського слова *fuscus*, що означає нитка. Серед представників роду *Fusarium*, що викликають захворювання у рослин зернових культур, переважають *Fusarium oxysporum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* і *Fusarium avenaceum* [8]. *F. graminearum* і *F. culmorum* є найпоширенішими та найбільш вірулентними. Їхнє географічне поширення, очевидно, пов'язане з температурою та вологістю. *F. graminearum* зустрічається по всьому світу, включаючи Північну Америку, Східну Європу,



Австралію та Південний Китай, тоді як *F. culmorum* зустрічається переважно в Західній Європі та в країнах, що мають більш помірний та вологий клімат [41]. Загалом, види роду *Fusarium* зустрічаються в широкому діапазоні середовищ існування, включаючи ґрунт, рослини, воду та повітря. Частина їх є патогенами, що мешкають в орному шарі ґрунту, інші асоціюються з рослинними залишками або можуть рости як сапрофіти на гниючій органічній речовині [36]. Деякі види роду *Fusarium* також є збудниками захворювань людини та тварин, спричиняючи інфекції у людей з ослабленим імунітетом та сільськогосподарських тварин [14]. Загалом види цього роду поширені по всьому і їх можна виділити з різноманітних середовищ.

Фузаріоз вперше був описаний в Англії В. Г. Смітом у 1884 році, а через кілька років про це повідомив у Сполучених Штатах Ф. Д. Честер у 1890 році та Дж. С. Артур у 1891 році [44]. З тих пір у світі зафіксовано кілька великих спалахів. У США наприкінці 1910-х – на початку 1930-х років було п'ять великих епідемій фузаріозу [39]. Хвороба знову виникла в 1980-х і 1990-х роках. З того часу були епідемії різної інтенсивності, частіше у східній половині США [39]. Повторна поява захворювання на території США частково пояснюється сукупністю чинників: сприятливих погодних умов (волога та тепла погода) до та під час цвітіння та великої кількості інокулюму через скорочення методів обробітку ґрунту, які залишають рослинні залишки на поверхні ґрунту для зменшення ерозії та збереження вологи в ґрунті.

Сучасні дослідження підтверджують, що гриби роду *Fusarium*, що викликають фузаріоз, переживають міжсезонні періоди у вигляді міцелію, ініціалів перитецію або хламідоспор у рослинних залишках [43]. Залишки кукурудзи, пшениці та ячменю особливо придатні для виживання та розмноження грибів цього роду [63]. Навесні зрілі перитеції виділяють аскоспори, які вважаються первинним інокулятом. Аскоспори переносяться потоками повітря, осідають на поверхні рослини і вражають колоски. Інфекції можуть виникнути в будь-який час від часткової появи колоса до зрілості; однак більшість інфекцій виявляється під час цвітіння частково через те, що пиляки містять стимулятори для проростання спор і росту патогенів [61].

Розробка та пошук нових методів боротьби із фузаріозом є актуальною проблемою. Оскільки гриби роду *Fusarium* здатні інфікувати широкий спектр видів рослин, в зоні ризику знаходяться зернові, зернобобові, технічні, овочеві культури, а також багаторічні ягідні насадження. Виходячи з аналізу даних, опублікованих на сайті U. S. Wheat & Barley Scab Initiative (USWBSI), в останні два роки в світі стрімко розповсюджуються такі види фузарій як *Fusarium graminearum* та *Fusarium oxysporum*, які ще п'ять років тому були притаманні лише Північній Америці, де вони інфікували тільки зернові культури [65]. В 2021–2022 рр. ці види фузарій спричинили масове ураження баштанних насаджень в Туреччині, що завдало збитків місцевим фермерам на суму понад 100 млн доларів. Такі обставини є прямою загрозою для України, оскільки Туреччина є географічно близькою країною та має розвинуті морські логістичні маршрути з сусідніми державами, такими як Україна, Румунія та Болгарія. Враховуючи війну в Україні, більшість експортно-імпортних перевезень, більш ніж на 60%, ідуть з портів Болгарії та Румунії, в тому числі і поставки



турецьких овочів та екзотичних фруктів, що можуть бути заражені спорами фузарій [68].

Пом'якшення кліматичних умов в Україні, що спостерігається у вигляді теплої погоди і надлишку вологи навесні, наприклад, в квітні 2023 р. кількість опадів склала понад 100 мм [67], та активний перехід фермерів на мінімальну систему обробітку ґрунту для зменшення затрат, що в свою чергу призводить до скорочення оборотних культур і посівів монокультур без сівобороту, сприяє накопиченню в ґрунті та розповсюдженню різних видів фузарій.

Розробка та впровадження біотехнологій, що включають методи контролю розповсюдження збудників фузаріозу, є перспективним напрямом, оскільки біологічні методи не викликають звикання та часто поєднують в собі технології захисту та підвищення врожайності оброблюваних культур. Як видно з результатів, опублікованих на сайті USWBSI, хімічні фунгіциди стрімко втрачають свою ефективність через здатність грибів роду *Fusarium* формувати до них стійкість. Підтвердженням розвитку резистентності фузарій є зникнення з світового ринку певних діючих речовин фунгіцидів через зниження їх ефективності, або взагалі, стимуляцію синтезу мікотоксинів, зокрема дезоксиніваленолу. Наприклад, у 2001 році компанія DuPont у США припинила виробництво фунгіцидів з діючою речовиною беноміл, саме з вище наведених причин [66].

#### Систематичне положення збудників фузаріозу

Ідентифікація грибів роду *Fusarium* викликає найбільше труднощів, у порівнянні з видами інших родів. Особливо важким є визначення *F. oxysporum* та *F. solani* [16].

Протягом останніх років таксономія роду *Fusarium* зазнала багато змін. До публікації роботи німецьких мікологів Волленвебера і Рейнкінга в 30-х роках ХХ ст., які змінили загальноприйнятту концепцію, взявши за основу таксономії мікологічні ознаки ізолятів, різні автори визнавали всередині роду різну кількість видів, і за порівняно короткий час кількість їх перевищила 1000 [15].

Волленвеберг і Рейнкінг описали 65 видів та 77 підвидових таксонів. Їх робота є основою всіх сучасних таксономічних систематик роду *Fusarium*. Пізніше Снайдері та Хансен зменшили кількість видів цього роду до 9. Подальші дослідження роду *Fusarium* здійснювали ряд авторів, які зробили значний внесок у вивчення різних аспектів, пов'язаних із цими грибами [4, 27].

Таксономія грибів роду *Fusarium* стабілізувалася значною мірою з 1980-х років, коли були опубліковані визначники німецьких мікологів Герлаха, Ніренберга та американського міколога Нельсона із співавторами. Ця концепція прийнята дослідниками всього світу та успішно застосовується на практиці. З часу появи цих публікацій методи біологічної і філогенетичної характеристики виду показали, що багато з раніше описаних видів роду *Fusarium* необхідно розділити на нові види, оскільки вони виявилися не самостійними, а комплексами (групами) видів [10, 26].

Усі досягнення останніх років у вивченні таксономії *Fusarium spp.* узагальнено у фундаментальній роботі Леслі та Саммерелла [54], яка зараз є найбільш повним практикумом для визначення грибів цього роду. У роботі Леслі та Саммерелла наведено детальний опис історії таксономії



грибів роду *Fusarium*, сучасні концепції виду, сучасні методи та середовища для виділення, ідентифікації та зберігання чистих культур грибів, методи визначення та схрещування ізолятів у біологічних дослідженнях, методи аналізу ДНК, а також докладні описи 70 видів цього роду.

Морфологічна концепція виду ґрунтується на морфологічних ознаках (розміри, контури, септованість спор, тощо). В основі біологічної концепції лежить схрещування ізолятів одного і того ж виду роду *Fusarium* з різними статевими ознаками, що є перехресно сумісними, при цьому потомство від їх схрещування є життєздатним і фертильним. Філогенетична концепція передбачає визначення послідовностей ДНК та аналіз отриманих даних згідно з базою даних [12, 54].

Для більшості видів роду *Fusarium* доступна інформація лише про морфологічні ознаки. Для невеликого числа видів є тест-штами, які можна використовувати для схрещування при ідентифікації. Для багатьох видів доступна інформація про послідовності ДНК для використання методів філогенетичної концепції [29, 54]. Повна стратегія ідентифікації культур *Fusarium spp.* включає збір інформації про симптоми хвороби, виділення патогена в чисту культуру, очищення останньої, визначення патогенності ізоляту до оригінальної рослини-господаря та інших видів потенційних рослин-господарів, вивчення морфологічних і, при необхідності, молекулярних ознак і перехресну фертильність [49].

У штучній систематиці гриби роду *Fusarium* Link відносили до недосконалих грибів порядку і класу гіфоміцетів (*Hyphomycetales*, *Hyphomycetes*), оскільки він об'єднував види, у циклі розвитку яких була невизначена статеві стадія. Це зумовлено тим, що дуже часто спорідненість геномів визначали на підставі молекулярно-генетичних ознак, оскільки в багатьох видів здатність до утворення статевого спороношення була втрачена в процесі еволюції, а в інших її важко було виявити в природних чи отримати в лабораторних умовах. Нині для більшості представників недосконалих грибів встановлено зв'язок між нестатевим спороношенням та статевою стадією, у результаті чого вони були віднесені до класу істинних грибів.

Таким чином, відповідно до Міжнародного кодексу ботанічної номенклатури, сучасна систематика грибів роду *Fusarium* Link виглядає так: домен – *Eukaryota*, царство – *Fungi/Mycota*, відділ – *Ascomycota*, клас – *Sordariomycetes*, підклас – *Hypocreomycetidae*, порядок – *Hypocreales*, родина – *Nectriaceae*, рід – *Fusarium* Link [2].

Серед видів, для яких описано статеву стадію, практичний інтерес становлять найбільш шкочинні і поширені патогени, зокрема *F. graminearum* (телеоморфи *G. zae*), *F. verticillioides* (телеоморфи *G. moniliformis*), *F. solani* (телеоморфи *N. haematococca*), *F. decemcellulare* (телеоморфи *A. rigidiuscula*) [21, 34]. Хоча в багатьох видів телеоморфна стадія залишається невідомою або відсутня взагалі.

Останніми роками в номенклатурі видів грибів роду *Fusarium* відбулися певні зміни: мікологи використовують систематику, яку було узгоджено на 8-й Міжнародній нараді з грибів роду *Fusarium*. Зокрема було ухвалено рішення перейменувати вид *F. moniliforme* на *F. verticillioides*, вид *F. sporotrichioides* –





на *F. sporotrichiella* та визначити його різновиди (*F. sporotrichiella* var. *poae*, *F. sporotrichiella* var. *tricinctum*) [2].

### **Морфологічна та біохімічна характеристика роду *Fusarium***

Різні види роду *Fusarium* можна відрізнити один від одного за широким спектром морфологічних ознак. *Fusarium spp.* – це нитчасті гриби, що мають складну морфологічну будову [40]. Міцелій – це мережа ниткоподібних гіфів, що утворюють колонії з пухнастим, оксамитовим повітряним міцелієм, який має колір від білого до рожевого або червонуватого. Під мікроскопом гіфи виглядають як павутинна мережа ниток, які розгалужуються. Залежно від виду та умов росту повітряний міцелій може мати колір від ніжно-рожевого та бордового до фіолетово-блакитного.

Спороутворюючі структури, які називаються конідіеносцями, розвиваються з міцелію. Будова конідіеносців у видів роду *Fusarium* відрізняється. У багатьох видів цього роду конідіеносці, відомі як фіаліди, мають лише один отвір, через який вивільняються ендоконідії. У деяких видів також присутні поліфіаліди, які мають два або більше отворів, через які ендоконідії виводяться назовні [47].

Великі багатоклітинні спори, які називаються макроконідіями, які є нестатевими спорами, розвиваються в спородохії, вони часто проявляються у вигляді слизових плям на культурі. У деяких видів спородохії можуть бути настільки розвиненими, що вони зливаються в більш товстий шар слизу [60]. Макроконідії підтримуються спородохієм, який являє собою щільне скупчення конідіеносців, що ростуть із строми. Кілька видів утворюють мікроконідії в ланцюжках, тоді як більшість утворює їх поодиночі або в слизових ковпачках. Макроконідії також можуть утворюватися на повітряному міцелії деяких видів роду *Fusarium*. Макроконідії дуже різноманітні за розміром (20–70 мкм), мають різну кількість перегородок, відмінні між собою за формою з вираженою базальною клітиною та навіть різні за кольором [36]. Деякі види, можуть утворювати незначні конідії – мікроконідії. Це крихітні одноклітинні спори, які здебільшого є одноклітинними і можуть мати кулясту, еліптичну, ниркоподібну або веретеноподібну форму, вони розвиваються на монофіалідах або поліфіалідах у формі головок або ланцюжків. При попаданні вологи на конідіеносець утворюються несправжні головки, які з часом заповнюються ендоконідіями. Деякі мікроконідії утворюються в ланцюжках і мають усічену основу. Зазвичай, мікроконідії утворюються в повітряному міцелії на простих або складних конідіеносцях [37].

У представників роду *Fusarium* в життєвому циклі присутня статеві стадія розмноження. У кінці вегетаційного періоду, а також після збирання врожаю на уражених рослинах формуються перитеції – плодові тіла, в яких містяться аски з аскоспорами. Статеві стадія розмноження гриба включає рекомбінацію генетичного матеріалу, що забезпечує їх генетичну мінливість. Ця здатність дозволяє постійно пристосовуватися до умов довкілля, набувати резистентності до фунгіцидів та інших засобів. Перед початком мейозу гаплоїдні клітини міцелію грибів роду *Fusarium* зливаються, формуючи диплоїдні клітини. У результаті мейотичного поділу утворюються чотири гаплоїдні клітини, за мейозом відбувається мітоз, під час якого утворюються вісім гапло-



їдних клітин (аскоспор). Аскоспори групами по 8 клітин упаковуються в булавоподібні аски і формують конусоподібні структури – перитеції [51]. Вони, зазвичай, розташовуються поодинокі або групами, можуть бути овальної чи кулястої форми, іноді з конусоподібним виступом, гладкі або горбкуваті, сизувато-чорного кольору. Біля вершини перитецію спостерігаються багатощарові вирости.

Хламідоспори – товстостінні нестатеві спори, заповнені ліпідоподібною речовиною. Більшість видів роду *Fusarium* здатні їх продукувати і вони широко поширені в ґрунті. Зовнішня стінка хламідоспори може бути гладкою або шорсткою, і вони можуть групуватися, об'єднуватися в пари або навіть утворювати ланцюжки. Перезимівля *Fusarium spp.* у ґрунті та на інших субстратах значною мірою залежить від них [11].

Ще один механізм захисту від несприятливих умов, що притаманний представникам роду *Fusarium*, це здатність до утворення склероціїв. Склероція представляє собою щільне сплетіння гіфів міцелію білуватого, жовтуватого, коричневого чи синього кольорів, що складаються із товстостінних і темних клітин зверху та тонкостінних і безбарвних всередині. Вони можуть зберігатись до кількох років у абсолютно сухому середовищі, не втрачаючи здатності до проростання.

Склероція, зазвичай, утворюється і розвивається в тканинах рослини-господаря або в ґрунті, що забезпечує виживання гриба за несприятливих умов, особливо за низьких температур під час зимівлі [33, 36]. Крім склероціїв, *Fusarium spp.* інколи утворюють мікросклероції – дрібні, іноді видовжені, щільні пористі тіла різної форми, які формуються за умов підвищеної вологості більше 80–90%. Форма, щільність, кількість і розміри склероціїв дуже мінливі і залежать від багатьох чинників. Товстостінні клітини забезпечують захист і накопичення поживних субстратів для тонкостінних, саме тому вони розташовуються на периферії, натомість тонкостінні – виживання за несприятливих умов. Імовірно, цим зумовлені їхні цитоплазматичні відмінності, зокрема, до складу товстостінних клітин входять різноманітні цитоплазматичні включення (краплини жиру, вакуолі тощо) [9].

Види роду *Fusarium* добре себе почувають у вологому середовищі з активністю води понад 0,86 одиниць і температурою від 0 до 37 °С. Жоден вид цього роду не є теплолюбним [55].

В природних умовах гриби зберігаються та розмножуються на заражених поживних рештках дрібних зернових та кукурудзи. Під час вологої погоди спори переносяться вітром або розбризкуються на колоски зернових культур. Найпоширенішим видом, що спричиняє фузаріоз у зернових, є *Fusarium graminearum* (статеві стадія – *Gibberella zeae*). Цей міцеліальний гриб є тим самим, що часто пов'язаний із гниллю стебла та колоса кукурудзи. Спори можуть знаходитись всередині зараженої насінини або розноситися з навколишніх культур іноді на великі відстані [8].

Гриби роду *Fusarium* мають розвинену ферментну систему. Це підтверджують численні дослідження по виявленню генів, що кодують різноманітні ферменти, які допомагають фузаріям пристосовуватись до умов навколишнього середовища та утилізувати різноманітні субстрати [53].



Основними ферментами, що продукують фузарії, є ксилінази, протеази, ліпази, полігалактуронази,  $\beta$ -глюкозидази та целюлази [46]. Фузарії добре утилізують цукри. Найвищу активність проявляють по відношенню до моноцукрів, особливо до глюкози, фруктози і рибози. Більшість видів утилізують аміноцукри, серед яких перевагу віддають D-глюкозаміну та 2-аміно-2-деокси-D-глюкопіранозі [25, 46].

Деякі представники роду, такі як *F. graminearum* та *F. solani*, володіють здатністю до продукування сидерофорів, а також мають позитивну реакцію на розрідження желатини і відновлення нітратів [32].

Рідше зустрічаються види, що здатні до синтезу хітиназ,  $\beta$ -1,3-глюканази та уреази [45].

Розвинена ферментна система та здатність утилізувати широкий спектр різноманітних субстратів дає певне пояснення розповсюдженню грибів роду *Fusarium* в природі і пояснює їх високу патогенність по відношенню до рослин і теплокровних тварин.

#### **Культуральні особливості *Fusarium spp.***

*Fusarium spp.*, як правило, швидкоростучі гриби. Швидкість росту, зазвичай, залежить від виду та складу середовища, що використовується. Фузаріозні колонії, зазвичай, білого, рожевого, оранжевого, жовтого або фіолетового кольору. Колір колонії може змінюватись залежно від виду, віку та складу середовища. Текстура колоній, зазвичай, ватна. Однак деякі види можуть мати більш порошкоподібну або зернисту структуру.

Зворотний бік колоній, зазвичай, жовтуватого або червонувато-коричневого кольору. Знову ж таки, колір може змінюватись залежно від виду та складу середовища та загальних умов росту, таких як температура та вологість [28]. Деякі види роду *Fusarium* продукують такі пігменти, як каротиноїди, які відповідають за жовте та оранжеве забарвлення колоній. Колонії фузарій, зазвичай, не мають запаху, хоча деякі види можуть мати затхлий або землястий запах. *Fusarium spp.* утворюють нестатеві спори. Тип і кількість утворених спор може змінюватись залежно від виду та складу середовища. Конідії *Fusarium spp.*, зазвичай, має форму кола або віяла [17].

#### **Патогенез грибів роду *Fusarium* по відношенню до культурних рослин**

Пшениця, ячмінь та зернобобові культури сприйнятливі до інфекції, починаючи з фази ВВСН 37-39. Найбільш сприйнятливі під час цвітіння є пильовики [3]. Спори грибка-збудника можуть потрапляти на оголені пильовики під час цвітіння, а потім проростати в ядра, луски або інші частини колоса.

Ярий ячмінь інфікується, коли колос пробиває оболонку листя. Інфекція будь-якої культури може відбуватись у період наливу зерна за сприятливих умов навколишнього середовища [6].

Найбільш сприятливими умовами для зараження є тривалі періоди (від 48 до 72 год) високої вологості та високих температур (від 20 до 35 °C). Однак зараження відбувається і при більш низьких температурах, коли висока вологість зберігається довше 72 год. Інфекції на початкових стадіях вегетації можуть стимулювати утворення повітряно-крапельних спор, які сприяють



вторинному поширенню хвороби, особливо якщо культура має нерівномірне цвітіння через пізній посів [3].

Оскільки розвиток фузаріозу залежить від сприятливих умов навколишнього середовища, частота та тяжкість захворювання змінюється з року в рік. Поєднання факторів, які можуть призвести до значної втрати врожайності та якості: велика кількість інокулята, тривалі або повторювані періоди високої вологості під час цвітіння, під час розвитку зерна, а також використання чутливих до фузаріозу сортів [3].

#### **Характеристика токсинів грибів роду *Fusarium***

Серед токсинів, які синтезують гриби роду *Fusarium*, найбільш поширеними є трихотеценові мікотоксини. Залежно від хімічної будови та структурної організації трихотеценового ядра мікотоксини прийнято поділяти на 4 групи. Токсичність груп зменшується від групи А до D. Найбільш поширені токсини, які синтезують представники роду *Fusarium*, належать до груп А і В.

Основний представник трихотеценових мікотоксинів – дезоксиніваленол. Також до групи В входять ніваленол, фузаренон Х, трихотецин. Всі вони характеризуються наявністю карбоксильної групи у положенні С-8. Основними продуцентами токсинів цієї групи є види *F. graminearum*, *F. culmorum*.

Види *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* та *F. poae*, продукують трихотецени, однак не здатні до синтезу монілфлормінів та фумінозінів.

Види *F. sporotrichioides* та *F. langsethiae* синтезують токсини лише групи А, а *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. culmorum* – трихотецени групи В. Наприклад, Х.-Х. Zhang з колегами [63] показали, що в період з 2009 по 2013 рр. у різних провінціях Китаю домінували ізоляти, здатні до продукції різних мікотоксинів, які належали до видів *F. asiaticum* та *F. graminearum*, і менш поширені ізоляти видів *F. acuminatum*, *F. avenaceum* та *F. pseudograminearum* [65].

Не виявляють здатності до синтезу трихотеценів види *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*, *F. tricinctum* [20].

Ще однією групою мікотоксинів, які здатні синтезувати представники роду *Fusarium*, є фумонізени. Фумонізени – це велика група сполук, з яких найпоширенішими є токсини, віднесені до групи В (ФВ<sub>1</sub>, ФВ<sub>2</sub>, ФВ<sub>3</sub>). Останні є продуктами метаболізму представників видів *F. verticillioides*, *F. proliferatum* та ін. Деякі види роду *Fusarium* (наприклад, *F. nygamai*, *F. oxysporum*) здатні продукувати фумонізени у значній кількості, тоді як інші (*F. anthropilum*, *F. globosum*, *F. napiforme* і *F. thapsinum*) продукують їх у незначних кількостях [31].

Менш поширеним токсином, порівняно із перерахованими вище, вважається моніліформін, який здатні синтезувати різні види грибів, однак найбільш поширеними продуцентами є *F. avenaceum*, *F. oxysporum*, *F. tricinctum* та *F. subglutinans*. Цей мікотоксин являє собою суміш К-Na-солей 3-окси-3-циклобутен-1,2-діону, погано розчиняється у воді та не руйнується під дією сонячного світла. Нагрівання до 50 °С упродовж 2 годин знижує кількість токсину в зерні кукурудзи на 15% і 40% – пшениці [30].

Серед перерахованих вище мікотоксинів, виділяють також фузарієву кислоту, яка синтезується багатьма видами грибів та викликає в'янення рос-



лин. Фузарієва кислота відносно слаботоксична щодо ссавців, але за її присутності зростає токсичність дезоксиніваленолу і фумонізину В1 [62].

У таблиці наведено перелік найбільш розповсюджених видів грибів роду *Fusarium* і характеристики мікотоксинів, що ними продукуються.

Таблиця

**Характеристика та здатність до синтезу мікотоксинів у найбільш розповсюджених видів грибів роду *Fusarium***

Table

**Characteristics and ability to synthesize mycotoxins in the most widespread species of fungi of the genus *Fusarium***

Вид роду <i>Fusarium</i>	Рослини, які найчастіше уражуються	Мікотоксин
<i>F. avenaceum</i>	Злаки, персики, яблука, груші, картопля, арахіс, горох, спаржа, помідори	2-аміно-14,16-Диметилоктадекан-3-ол, акумінатопірон, ауурофузарин, беверіцин, хламідоспорол, хризогін, еніатини, фузарин С, монліформін
<i>F. cerealis</i>	Зернові культури, картопля	Аурофузарин, Бутенолід, Хризогін, Кульморин, Фузарин С, Ніваленол, Зеараленон
<i>F. culmorum</i>	Зернові, картопля, яблука, цукровий буряк	Аурофузарин, Бутенолід, Хризогін, Кульморин, Дезоксиніваленол, Фузарин С, Ніваленол, Зеараленон
<i>F. equiseti</i>	Злаки та фрукти, забруднені ґрунтом, овочі, горіхи, спеції,	Хризогін, Діацетоксицирпенол, Еквізетин, Фузарохроманон, Ніваленол, Зеараленон
<i>F. graminearum</i>	Зернові та трави	Аурофузарин, Бутенолід, Хризогін, Кульморин, Дезоксиніваленол, Фузарин С, Ніваленол, Зеараленон
<i>F. incarnatum</i>	Горіхи, банани, цитрусові, картопля, дині, помідори, спеції	Боверіцин, Еквізетин, Фузапірон, Зеараленон
<i>F. oxysporum</i>	Зернові культури, горох, квасоля, горіхи, банани, цибуля, картопля, цитрусові, яблука, ультрапастеризовані соки, спеції, сир	Боверіцин, Фузарінова кислота, Монліформін, Нафтохінон

Представники роду *Fusarium*, серед яких види *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichiella*, *F. equiseti*, *F. culmorum* та *F. stilphureum*, синтезують токсини, які відрізняються за хімічною природою. Крім негативно-го впливу на врожай зерна, накопичення мікотоксинів також значно знижує його якість. Зернові продукти можуть бути контаміновані мікотоксинами на будь-якому етапі: під час обробки, зберігання та транспортування кінцевого продукту. Присутність мікотоксинів у зерні та виробах із нього може завдати шкоди здоров'ю людини та тварин [7, 28].



Потрапляючи в шлунок разом з їжею, токсини активуються та викликають подразнення кишківника [57]. Деякі мікотоксини, що не потребують активації, можуть викликати подразнення шкіри, слизових оболонок та носоглотки у людей [46].

Одним із основних механізмів впливу токсинів, що продукуються фузаріями, на організм теплокровних тварин, є блокування пептидилтрансферазного сайту рибосом, що спричиняє порушення синтезу білків [59]. Це особливо небезпечно при ураженнях нирок, печінки та ембріонів [64].

При потраплянні нижчих від ЛД50 концентрацій мікотоксинів в організм теплокровних тварин, цитохром Р-450, що продукується в печінці, каталітично гідроксильє ізовалеріанові ланцюги токсинів, зазвичай, у положеннях С-3 або С-4, після чого напівзруйнований токсин потрапляє в кров, де в процесі деацелювання та гідроксильювання метаболітів, концентрація сполук, що утворились в печінці, знижується шляхом утворення глюкуронових кон'югатів, які виводяться через нирки [18].

Оптимальними умовами для синтезу мікотоксину грибами є вологість субстрату 45–50% та температура довкілля 15–30 °С [50].

Мікотоксини, що продукуються грибами роду *Fusarium*, є досить стійкими сполуками. Зменшують рівень вмісту мікотоксинів різними способами, наприклад, теплова обробка токсину в нейтральному або кислому середовищі не призводить до його руйнування, але в лужному середовищі за температури 100 °С упродовж 60 хвилин руйнує близько 50%. Для руйнування, наприклад, зеараленону в насінні інфікованої кукурудзи використовують метод обробки 0,03% розчином пересульфату амонію або 0,01% розчином пероксиду водню [19].

Перспективним є впровадження мікробіологічних методів сорбції та біодеградації мікотоксинів, що продукують гриби роду *Fusarium*, адже використання таких біотехнологій дасть змогу частково використовувати для корму тваринам зерно неналежної якості.

#### Методи виявлення *Fusarium*

Виділення грибів роду *Fusarium*, зазвичай, проводиться із зараженого зерна за використання методу «вологих камер». Для цього зразки зерна відмивають проточною водогінною водою, знезаражують 0,5% розчином перманганату калію, промивають стерильною водогінною та дистильованою водою, після чого асептично переносять в чашки Петрі на зволожений фільтрувальний папір. Активування спор фузарій здійснюється за температури 28 °С до появи на поверхні зерен видимого міцелію [1]. Далі зерна переносять на щільне поживне середовище Чапека з гентаміцином, який додають для пригнічення росту супутньої бактеріальної біоти, та культивують за температури 28 °С протягом 5–7 діб. Чисті культури ізолятів отримують шляхом серійних пересівів на таке ж агаризоване середовище Чапека з гентаміцином. Інтервал між пересівами встановлюють 20–28 діб.

Для визначення харчових потреб та радіальної швидкості росту фузарій використовують синтетичні (середовище Чапека), спеціалізоване синтетичне середовище (Spezieller Nährstoffarmer Agar) та напівсинтетичне (картопляно-глюкозний агар) середовища.



Хімічний склад середовищ є дуже важливим при культивуванні фузарієвих грибів, оскільки впливає на культурально-морфологічні характеристики (зокрема форму конідій, розвиток типу спорношення, синтез пігментів, утворення варіантів). Зважаючи на це, у дослідженнях здебільшого використовують картопляний відвар та поживні субстрати на його основі, а для оцінювання мікроморфологічних ознак такі щільні живильні середовища, на яких гриби формують слабо розвинений, павутинчатоподібний, безбарвний міцелій, що стелиться по поверхні, морфологічні особливості якого (розміри, форма конідиеносців, мікро- і макроконідій, хламідоспори, а також способи їхнього формування) легко визначаються [48].

Окрім ідентифікації за морфологічними ознаками, проводять молекулярно-генетичні дослідження. Для ідентифікації досліджуваного штаму до певного виду роду *Fusarium* ампліфікують і секвенують (визначають нуклеотидну послідовність) один чи більше генів. Найчастіше секвенують однокопійні гени, такі як  $\beta$ -тубулін, гістон H3, фактор елонгації трансляції TEF-1 $\alpha$ , кальмодулін [52, 54], а також рДНК, нітратредуктазу та фосфатпермеазу [35]. Отриману послідовність порівнюють із сіквенсами родинних видів із відповідних баз даних, наприклад, GenBank або FUSARIUM-ID [24]. Діагностична цінність одного сіквенсу часто недостатня, але сіквенс кількох генів, з урахуванням морфологічних ознак та визначенням філогенії, дозволяє більш надійно ідентифікувати досліджуваний штам роду *Fusarium* [52, 54]. Інші молекулярні методи, які використовуються для ідентифікації видів роду *Fusarium*, включають аналіз поліморфізму довжини ампліфікованих фрагментів, випадково ампліфікованих фрагментів ДНК, а також визначення групи вегетативної сумісності досліджуваних ізолятів [24].

Все частіше використовують для специфічного виявлення та кількісного визначення видів роду *Fusarium* у зернових ПЛР у реальному часі.

### **Методи боротьби з фузаріозом**

Боротьба з фузаріозом передбачає використання культуральних і хімічних методів боротьби, включаючи сівозміну, висадку стійких сортів і застосування фунгіцидів. Також розробляються біологічні методи контролю, такі як використання корисних мікроорганізмів, що є прямими антагоністами або гіперпаразитами грибів роду *Fusarium* [42]. Деякі мікроорганізми, наприклад, мікроміцети роду *Trichoderma*, бактерії роду *Bacillus* та деякі види актинобактерій, показали свою ефективність у боротьбі з фузаріозом [5]. На сьогоднішній день це найбільш перспективний напрямок у розробці методів контролю фузаріозу, оскільки економічна складова при використанні хімічних фунгіцидів сильно різниться з вартістю біологічних методів і відображається на рентабельності вирощування зернових культур.

На сьогодні відомо, що жоден з доступних комерційних сортів рослин не має імунітету до інфекцій, спричинених *Fusarium spp.*, але відмінності в реакції на фузаріоз все ж є. Широко відомі два типи резистентності у рослин: тип I і тип II.

Стійкість типу I зменшує кількість початкових інфекцій і, зазвичай, вимірюється кількістю заражених колосків після інокуляції. Стійкість типу II обмежує поширення грибка в інфікованій тканині та вимірюється кількістю



заражених колосків за межами початкового місця інфікування. Інші типи стійкості або толерантності також були визнані в деяких лініях пшениці, засновані на здатності протистояти інфекції зерна, розщеплювати мікотоксини або підтримувати врожайність, незважаючи на присутність фузарій (толерантність).

Кілька сортів твердої ярої пшениці мають підвищену стійкість до ураження фузаріозу. Однак загальний рівень стійкості значно нижчий у твердоді, ніж у м'якої пшениці. Ячмінь має природну стійкість типу II, що дозволяє зменшити поширення грибка в зараженій тканині, а деякі сорти накопичують меншу кількість дезоксиніваленолу.

Виробники, що знаходяться в зонах високого ризику, повинні вибирати сорти, які продемонстрували певний рівень стійкості до видів грибів роду *Fusarium* [23].

Боротьба з фузаріозом за допомогою хімічних фунгіцидів включає обробку насіння, що не захищає від фузаріозу, але може зменшити ураження сходів. У варіанті обробітку ґрунту, коли закопують залишки від дрібних зерен або кукурудзи, знижують інокулятивний потенціал грибка. У практиках мінімального або нульового обробітку ефективно розкидання та розподіл половини та інших залишків може сприяти швидшому розкладанню половини, зменшуючи потенціал інокулята. Перспективним у цьому напрямку є використання мікробіологічних деструкторів поживних залишків, що за короткий проміжок часу розкладають соломку та знищують місця зимівлі спор фузарій. До складу мікробіологічних препаратів-деструкторів входять мікроорганізми, що володіють фунгіцидною активністю по відношенню до широкого спектру грибів роду *Fusarium* [22].

Внесення мікроорганізмів-антагоністів грибів роду *Fusarium* в ґрунт, наприклад, одночасно при посіві шляхом попередньої обробки насіння або внесенням суспензії корисних мікроорганізмів в насінневе ложе за допомогою аплікатора, дає змогу захистити насінину від враження грибами цього роду [56].

Правильне зберігання та обробка зібраного врожаю також може допомогти запобігти зараженню фузаріозом [58].

Профілактичні заходи включають належне зберігання насіння, уникнення посіву на полях, де в анамнезі було зараження фузаріозом, і підтримання оптимальних умов вирощування сільськогосподарських культур. Регулярний моніторинг і раннє виявлення фузаріозу також важливі для запобігання поширенню інфекції.

Через руйнівну природу хвороби виробникам важливо мати стратегії пом'якшення втрат через фузарії та дезоксиніваленол, який ними синтезується. Ці стратегії включають поєднання культуральних практик, використання стійких або толерантних сортів, хімічний контроль, біологічний контроль, використання систем прогнозування та стратегії збору врожаю [38].

В результаті аналізу літературних джерел було показано різноманітність видового складу мікроміцетів роду *Fusarium*, наведено фактори вірулентності, проаналізована динаміка розповсюдження фузарій. Широке та швидке розповсюдження представників даного роду, а також висока здатність пристосовуватись до несприятливих факторів навколишнього середовища та форму-





вати стійкість до хімічних засобів захисту рослин свідчить про те, що фузаріоз є поширеною в світі хворобою.

Проаналізовано спектр мікотоксинів, що синтезуються грибами роду *Fusarium*, та показано їх широкий спектр токсичності по відношенню до сільськогосподарських рослин і теплокровних тварин та високу ступінь стійкості до хімічних та фізичних методів їх деактивації.

Показано необхідність до розробки нових та удосконалення існуючих методів контролю фузаріозних захворювань рослин, зокрема для захисту таких розповсюджених в світі культур, як пшениця і ячмінь.

**O.V. Andriushchenko, I.V. Strashnova**

Odesa I. I. Mechnikov National University,  
st. Dvoryanska, 2, Odesa, 65082, Ukraine,  
tel.: +38(096)229 22 91, e-mail: andriushchenko2016@gmail.com

## CHARACTERISTICS OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS *FUSARIUM* CAUSING CEREAL CROPS DISEASES

### Summary

*Biological features, pathogenesis, methods of detection, identification and control of fungi of the genus Fusarium, capable of causing diseases in various types of plants, in barley and wheat. Information is provided about the main mycotoxins synthesized by fusaria, as well as ways to reduce their concentration in the affected grain. The need for the development and implementation of biological methods for controlling fusarium pathogens is noted.*

*Key words: Fusarium, mycotoxins, biological control methods, grain diseases.*

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Парфенюк А.І., Безноско І.В. Інтенсивність спороутворення фітопатогенних грибів на сортах та гібридах перцю солодкого // Вісник Харківського національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 3 (27). – С. 104–108. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_biol\\_2012\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_biol_2012_3_14)
2. Фуртат І.М., Остапюк Н.А., Антонюк М.З. Біологічні особливості та екологія представників роду *Fusarium*, збудників захворювань злаків // Наукові записки НаУКМА. Природничі науки. – 2017. – Т. 197. – С. 2–18. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApr\\_2017\\_197\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApr_2017_197_3)
3. Alisaac E., Mahlein A.-K. *Fusarium* Head Blight on Wheat: Biology, Modern Detection and Diagnosis and Integrated Disease Management // Toxins. – 2023. – V. 15 (3) – P. 1–23. <https://doi.org/10.3390/toxins15030192>
4. Antonissen G., Martel A., Pasmans F., Ducatelle R. The impact of *Fusarium* mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases // Toxins. – 2014. – V. 6 (2). – P. 430–452. DOI: 10.3390/toxins6020430
5. Baard V., Bakare O.O., Daniel A.I., Nkomo M. Biocontrol Potential of *Bacillus subtilis* and *Bacillus tequilensis* against Four *Fusarium* Species //



- Pathogens. – 2023. – V. 12 (2). – P. 254–267. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020254>
6. Bani M., Pérez-de-Luque A., Rubiales D., Rispaill N. Physical and Chemical Barriers in Root Tissues Contribute to Quantitative Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in Pea // Front. Plant Sci. – 2018. – V. 9. – P. 199–215. DOI: 10.3389/fpls.2018.00199
  7. Baumgardt M., Grudzinska-Sterno M., Djurle A. Mycotoxin producing *Fusarium* species in oats during the growing season // Cereal Research Communications. – 2008. – V. 36. – P. 473–475.
  8. Beev G., Denev S., Pavlov D. Occurrence and distribution of *Fusarium* species in wheat grain // Agricultural science and technology. – 2011. – V. 3 (2). – P. 165–168.
  9. Bhagat N., Magotra S., Gupta R., Sharma S. Invasion and Colonization of Pathogenic *Fusarium oxysporum* R1 in *Crocus sativus* L. during Corm Rot Disease Progression // J. Fungi. – 2022. – V. 8 (12). – P. 1–23. DOI: 10.3390/jof8121246
  10. Booth C. The genus *Fusarium*. – Wallingford, UK: C.A.B. International, 1971. – 237 p.
  11. Brizuela A.M., Lalak-Kańczugowska J., Koczyk G., Stepień Ł. Geographical Origin Does Not Modulate Pathogenicity or Response to Climatic Variables of *Fusarium oxysporum* Associated with Vascular Wilt on Asparagus // J. Fungi. – 2021. – V. 7 (12). – P. 1–14. <https://doi.org/10.3390/jof7121056>
  12. Brown D.W., Butchko R.A., Busman M., Proctor R.H. Identification of gene clusters associated with fusaric acid, fusarin, and perithecial pigment production in *Fusarium verticillioides* // Fungal Genet. Biol. – 2012. – V. 49 (7). – P. 521–532. DOI: 10.1016/j.fgb.2012.05.010
  13. Bucheli T.D., Wettstein F.E., Hartmann N., Erbs M. *Fusarium* mycotoxins: overlooked aquatic micropollutants? // Agric Food Chem. – 2008. – V. 56 (3). – P. 1029–1034. DOI: 10.1021/jf073082k
  14. Burel C., Tanguy C., Guerre P. Effect of low dose of fumonisins on pig health: Immune status, intestinal microbiota and sensitivity to *Salmonella* // Toxins. – 2013. – V. 5 (4). – P. 841–864. DOI: 10.3390/toxins5040841
  15. Burgess L.W., Summerell B.A. Taxonomy of *Fusarium*: *Fusarium armeniacum* stat & comb. Nov // Mycotaxon. – 2000. – V. 75. – P. 347–348.
  16. Cha S.-D., Jeon Y.-J., Ahn G.-R., Han J.I. Characterization of *Fusarium oxysporum* Isolated from Paprika in Korea // Mycobiology. – 2007. – V. 35 (2). – P. 91–96. DOI: 10.4489/MYCO.2007.35.2.091
  17. Chandra Nayaka S., Niranjana S.R., Uday Shankar A.C., Niranjan Raj S. Seed bioprimering with novel strain of *Trichoderma harzianum* for the control of toxigenic *Fusarium verticillioides* and fumonisins in maize // Arch. Phytopathol. and Plant Protect. – 2010. – V. 43 – P. 264–282. <https://doi.org/10.1080/03235400701803879>
  18. Chilaka C.A., De Boevre M., Atanda O.O., Saeger S.D. The status of *Fusarium* mycotoxins in Sub-Saharan Africa: a review of emerging trends and post-harvest mitigation strategies towards food control // Toxins. – 2017. – V. 9 (1). – P. 19–55. <https://doi.org/10.3390/toxins9010019>



19. Corallo A.B., del Palacio A., Oliver M., Tiscornia S. *Fusarium* species and mycotoxins associated with sorghum grains in Uruguay // *Toxins*. – 2023. – V. 15 (8). – P. 1–12. DOI: 10.3390/toxins15080484
20. Desjardins A.E., Proctor R.H. Molecular biology of *Fusarium* mycotoxins // *Int J Food Microbiol.* – 2007. – V. 119 (1–2). – P. 47–50. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.024
21. Dill-Macky R., Jones R.K. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat // *Plant Disease*. – 2000. – V. 84 (1). – P. 71–76. DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.1.71
22. Dong D., Li M., Zhang T., Niu Z. Antagonistic Activity of *Streptomyces alfalfae* 11F against *Fusarium* Wilt of Watermelon and Transcriptome Analysis Provides Insights into the Synthesis of Phenazine-1-Carboxamide // *Plants*. – 2023. – V. 12 (22). – P. 3796–3811. <https://doi.org/10.3390/plants12223796>
23. Dong Y., Xia X., Ahmad D., Wang Y. Investigating the Resistance Mechanism of Wheat Varieties to *Fusarium* Head Blight Using Comparative Metabolomics // *Int J Mol Sci.* – 2023. – V. 24 (4). – P. 3214–3233. <https://doi.org/10.3390/ijms24043214>
24. Geiser M., Schürch S., Gehr P. Influence of surface chemistry and topography of particles on their immersion into the lung's surface-lining layer // *J. Appl. Physiol.* – 2003. – V. 94 (5). – P. 1793–1801. DOI: 10.1152/jap-physiol.00514.2002
25. Górna K., Pawłowicz I., Waśkiewicz A., Stępień Ł. *Fusarium proliferatum* Strains Change Fumonisin Biosynthesis and Accumulation When Exposed to Host Plant Extracts // *Fungal Biol.* – 2016. – V. 120 (6–7). – P. 884–893. DOI: 10.1016/j.funbio.2016.04.004
26. Gräfenhan T., Schroers H.-J., Nirenberg H.I., Seifert K.A. An overview of the taxonomy, phylogeny, and typification of nectriaceous fungi in *Cosmospora*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Stilbella*, and *Volutella* // *Studies in Mycology.* – 2011. – V. 68. – P. 79–113. DOI: 10.3114/sim.2011.68.04
27. Hallen H.E., Huebner M., Shiu S.-H., Güldener U. Gene development in *Fusarium graminearum*, with particular emphasis on ion transport proteins // *Fungal Genet. Biol.* – 2007. – V. 44 (11). – P. 1146–1156. DOI: 10.1016/j.fgb.2007.04.007
28. Harish J., Jambhulkar P.P., Bajpai R., Arya M. Morphological characterization, pathogenicity screening, and molecular identification of *Fusarium spp.* isolates causing post-flowering stalk rot in maize // *Front. Microbiol.* – 2023. – V. 14. – P. 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1121781>
29. Harris L.J., Balcerzak M., Johnston A., Schneiderman D. Host-preferential *Fusarium graminearum* gene expression during infection of wheat, barley, and maize fungal // *Fungal Biol.* – 2016. – V. 120 (1). – P. 111–123. DOI: 10.1016/j.funbio.2015.10.010
30. Imathiu S.I., Edwards S.G., Ray R.V., Back M.A. *Fusarium langsethiae* – a HT-2 and T-2 Toxins Producer that Needs More Attention // *J. Phytopathol.* – 2013. – V. 161. – P. 1–10. DOI: 10.1111/jph.12036



31. *Jestoi M.* Emerging fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin // *Crit Rev Food Sci Nutr.* – 2008. – V. 48 (1). – P. 21–49. DOI: 10.1080/10408390601062021
32. *Kikot G.E., Hours R.A., Alconada T.M.* Contribution of Cell Wall Degrading Enzymes to Pathogenesis of *Fusarium graminearum*: a Review // *Basic Microbiol.* – 2009. – V. 49 (3). – P. 231–241. DOI: 10.1002/jobm.200800231
33. *Kurian S.M., Lichius A., Read N.D.* Ca<sup>2+</sup> Signalling Differentially Regulates Germ-Tube Formation and Cell Fusion in *Fusarium oxysporum* // *J. Fungi.* – 2022. – V. 8 (1). – P. 1–15. DOI: 10.3390/jof8010090
34. *Kurt B., Farnleitner A., Mach R.L.* Novel Methods for the Quantification of Pathogenic Fungi in Crop Plants: Quantitative PCR and ELISA Accurately Determine *Fusarium* Biomass / *Plant Pathology.* – InTech, 2012. – P. 203–218. DOI: 10.5772/30240
35. *Lin C., Feng X.-I., Liu Y., Li Z.-C.* Bioinformatic Analysis of Secondary Metabolite Biosynthetic Potential in Pathogenic *Fusarium* // *Journal JoF.* – 2023. – V. 9 (8). – P. 1–33. DOI: 10.3390/jof9080850
36. *Ma L.-J., Geiser D.M., Proctor R.H., Rooney A.P.* *Fusarium* pathogenomics // *Annu Rev Microbiol.* – 2013. – V. 67. – P. 399–416. DOI: 10.1146/annurev-micro-092412-155650
37. *Manikandan K., Shanmugam V., Kavi Sidharthan V., Saha P.* Characterization of field isolates of *Fusarium* spp. from eggplant in India for species complexity and virulence // *Microb. Pathog.* – 2023. – V. 67 (1). – P. 399–416. DOI: 10.1016/j.micpath.2023.106472
38. *Mutambuki K., Likhayo P.* Efficacy of different hermetic bag storage technologies against insect pests and aflatoxin incidence in stored maize grain // *J. Bull Entomol. Res.* – 2021. – V. 111 (4). – P. 499–510. DOI: 10.1017/S0007485321000213
39. *Nelson P.E.* History of *Fusarium* systematics // *Phytopathology.* – 1991. – V. 81 (9). – P. 1045–1048.
40. *Nirenberg H.I., O'Donnell K.* New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex // *Mycologia.* – 1998. – V. 90 (3). – P. 434–458. DOI: 10.2307/3761403
41. *Omar I., O'Neill T.M., Rossall S.* Biological control of *Fusarium* crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined within the fungicide carbendazim // *Plant Pathol.* – 2005. – V. 55 (1). – P. 92–99. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2005.01315.x
42. *Omotayo O.P., Babalola O.O.* *Fusarium verticillioides* of maize plant: Potentials of propitious phytomicrobiome as biocontrol agents // *Front Fungal Biol.* – 2003. – V. 4. – P. 1–12. DOI: 10.3389/ffunb.2023.1095765
43. *Owens R.C., Ambrose P.G.* Antimicrobial safety: focus on fluoroquinolones // *Clin. Infect. Dis.* – 2005. – V. 2. – P. 144–157. DOI: 10.1086/428055
44. *Parry D.W., Jenkinson P., McLeod L.* *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review // *Plant Pathol.* – 1995. – V. 44 (2). – P. 207–238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x>
45. *Pekkarinen A., Mannonen L., Jones B.L., Niku-Paavola M.L.* Production of Proteases by *Fusarium* Species Grown on Barley Grains and in Media Con-



- taining Cereal Proteins // *J. Cereal Sci.* – 2000. – V. 31 (3). – P. 253–261. DOI: 10.1006/jcrs.2000.0305
46. Perincherry L., Urbaniak M., Pawłowicz I., Kotowska K. Dynamics of *Fusarium* Mycotoxins and Lytic Enzymes during Pea Plants' Infection // *Int J Mol Sci.* – 2021. – V. 22 (18). – P. 9888–9908. <https://doi.org/10.3390/ijms22189888>
47. Pettitt T., Xu X., Parry D. Association of *Fusarium* species in the wheat stem rot complex // *Eur. J. Plant Pathol.* – 2003. – V. 109 (7). – P. 769–774. DOI: 10.1023/A:1026042711064
48. Pongpisutta R., Keawmanee P., Sanguansub S., Dokchan P. Comprehensive Investigation of Die-Back Disease Caused by *Fusarium* in Durian // *Plants.* – 2023. – V. 12 (17). – P. 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants12173045>
49. Ruiz-Herrera J., Ortiz-Castellanos L. Analysis of the phylogenetic relationships and evolution of the cell walls from yeasts and fungi // *FEMS Yeast Res.* – 2010. – V. 10 (3). – P. 225–243. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2009.00589.x>
50. Shen C.-M., Hu Y.-C., Sun H.-Y., Li W. Distribution of trichothecene chemotypes of the *Fusarium graminearum* species complex in major winter wheat production areas of China // *Plant Dis.* – 2012. – V. 96 (8). – P. 1172–1178. DOI: 10.1094/PDIS-11-11-0974-RE
51. Stepień Ł. Plant-Pathogenic *Fusarium* species // *J. Fungi.* – 2023. – V. 9 (1). – P. 1–3. <https://doi.org/10.3390/jof9010013>
52. Summerell B.A., Sallen B., Leslie J.F. Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification // *Plant Dis.* – 2023. – V. 87 (2). – P. 117–128. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.2.117
53. Svoboda T., Parich A., Güldener U., Schöfbeck D. Biochemical Characterization of the *Fusarium graminearum* Candidate ACC-Deaminases and Virulence Testing of Knockout Mutant Strains // *Front Plant Sci.* – 2019. – V. 10. – P. 1–17. DOI: 10.3389/fpls.2019.01072
54. *The Fusarium Laboratory Manual* / Ed. J.F. Leslie, B.A. Summerell. – Blackwell Publishing Hoboken, 2006. – 368 p. DOI: 10.1002/9780470278376
55. Trang M.T., Ameye M., Landschoot S., Devlieghere F. Molecular Insights into Defense Responses of Vietnamese Maize Varieties to *Fusarium verticillioides* Isolates // *J. Fungi.* – 2021. – V. 7 (9). – P. 1–13. DOI: 10.3390/jof7090724
56. Upadhyay P.K., Dey A., Singh V.K., Dwivedi B.S. Conjoint application of nano-urea with conventional fertilizers: An energy efficient and environmentally robust approach for sustainable crop production // *PLoS ONE.* – 2023. – V. 18 (7). – P. 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284009>
57. Waśkiewicz A., Stepień Ł., Wilman K., Kachlicki P. Diversity of pea-associated *F. proliferatum* and *F. verticillioides* populations revealed by FUM1 sequence analysis and fumonisin biosynthesis // *Toxins.* – 2013. – V. 5 (3). – P. 488–503. DOI: 10.3390/toxins5030488
58. Williams S.B., Murdock L.L., Baributsa D. Storage of Maize in Purdue Improved Crop Storage (PICS) Bags // *PLoS ONE.* – 2017. – V. 12 (1). – P. 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168624>



59. Witaszak N., Lalak-Kańczugowska J., Waśkiewicz A., Stepień Ł. The Impacts of Asparagus Extract Fractions on Growth and Fumonisin Biosynthesis in *Fusarium Proliferatum* // *Toxins*. – 2020. – V. 12 (2). – P. 95–109. <https://doi.org/10.3390/toxins12020095>
60. Xu E.Y., Bi X., Holland M.J., Gottschling D.E., Broach J.R. Mutations in the nucleosome core enhance transcriptional silencing // *Mol. Cell. Biol.* – 2005. – V. 25 (5). – P. 1846–1859. DOI: 10.1128/MCB.25.5.1846-1859.2005
61. Yates I.E., Widstrom N.W., Bacon C.W., Glenn A. Field performance of maize grown from *Fusarium verticillioides* – inoculated seed // *Mycopathologia*. – 2005. – V. 159 (1). – P. 65–73. DOI: 10.1007/s11046-004-8402-9
62. Yazar S., Omurtag G.Z. Fumonisin, Trichothecenes and Zearalenone in Cereals // *Int J Mol Sci.* – 2008. – V. 9 (11). – P. 2062–2090. DOI: 10.3390/ijms9112062
63. Zhang X.-X., Sun H.-Y., Shen C.-M., Li W. Survey of *Fusarium* spp. causing wheat crown rot in major winter wheat growing regions of China // *Plant Dis.* – 2015. – V. 99 (11). – P. 1610–1615. DOI: 10.1094/PDIS-04-14-0422-RE
64. Zinedine A., Soriano J.M., Molto J.C., Mañes J. Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: an oestrogenic mycotoxin // *Food Chem. Toxicol.* – 2007. – V. 45 (1). – P. 1–18. DOI: 10.1016/j.fct.2006.07.030
65. <https://agrosfera.ua/ua/articles/Kovarnyy%20fuzarioz%20kolosa>
66. <https://latifundist.com>
67. <https://meteopost.com/weather/climate/>
68. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/>

## REFERENCES

1. Parfenyk AI, Beznosko IV. The intensity of sporulation in fitopathogenical fungus varieties and hybrids of sweet pepper. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2012;3(27):104–108. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnu\\_biol\\_2012\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnu_biol_2012_3_14) [in Ukraine].
2. Furtat IM, Ostapiuk NA, Antonyuk MZ. Biological features and ecology of the representatives of the *Fusarium* genus, pathogens of cereals. *Naukovi zapysky NaUKMA. Pryrodnychi nauky*. 2017;197:2–18. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApr\\_2017\\_197\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApr_2017_197_3) [in Ukraine].
3. Alisaac E, Mahlein A-K. *Fusarium* Head Blight on Wheat: Biology, Modern Detection and Diagnosis and Integrated Disease Management. *Toxins*. 2023;15(3):1–23. <https://doi.org/10.3390/toxins15030192>
4. Antonissen G, Martel A, Pasmans F, Ducatelle R. The impact of *Fusarium* mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases. *Toxins*. 2014;6(2):430–452. DOI: 10.3390/toxins6020430
5. Baard V, Bakare OO, Daniel AI, Nkomo M. Biocontrol Potential of *Bacillus subtilis* and *Bacillus tequilensis* against Four *Fusarium* Species. *Pathogens*. 2023;12(2):254–267. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020254>
6. Bani M, Pérez-de-Luque A, Rubiales D, Rispaill N. Physical and Chemical Barriers in Root Tissues Contribute to Quantitative Resistance to *Fusarium*



- oxysporum f. sp. pisi in Pea. *Front Plant Sci.* 2018;9:199–215. DOI: 10.3389/fpls.2018.00199
7. Baumgardt M, Grudzinska-Sterno M, Djurle A. Mycotoxin producing *Fusarium* species in oats during the growing season. *Cereal Research Communications.* 2008;36:473–475.
  8. Beev G, Denev S, Pavlov D. Occurrence and distribution of *Fusarium* species in wheat grain. *Agricultural science and technology.* 2011;3(2):165–168.
  9. Bhagat N, Magotra S, Gupta R, Sharma S. Invasion and Colonization of Pathogenic *Fusarium oxysporum* R1 in *Crocus sativus* L. during Corm Rot Disease Progression. *J Fungi.* 2022;8(12):1–23. DOI: 10.3390/jof8121246
  10. Booth C. The genus *Fusarium*. Wallingford, UK. C.A.B. International. 1971:237.
  11. Brizuela AM, Lalak-Kańczugowska J, Koczyk G, Stepień Ł. Geographical Origin Does Not Modulate Pathogenicity or Response to Climatic Variables of *Fusarium oxysporum* Associated with Vascular Wilt on Asparagus. *J Fungi.* 2021;7(12):1–14. <https://doi.org/10.3390/jof7121056>
  12. Brown DW, Butchko RA, Busman M, Proctor RH. Identification of gene clusters associated with fusaric acid, fusarin, and perithecial pigment production in *Fusarium verticillioides*. *Fungal Genet Biol.* 2012;49(7):521–532. DOI: 10.1016/j.fgb.2012.05.010
  13. Bucheli TD, Wettstein FE, Hartmann N, Erbs M. *Fusarium* mycotoxins: overlooked aquatic micropollutants? *Agric Food Chem.* 2008;56(3):1029–1034. DOI: 10.1021/jf073082k
  14. Burel C, Tanguy C, Guerre P. Effect of low dose of fumonisins on pig health: Immune status, intestinal microbiota and sensitivity to *Salmonella*. *Toxins.* 2013;5(4):841–864. DOI: 10.3390/toxins5040841
  15. Burgess LW, Summerell BA. Taxonomy of *Fusarium*: *Fusarium armeniacum* stat & comb. Nov. *Mycotaxon.* 2000;75:347–348.
  16. Cha S-D, Jeon Y-J, Ahn G-R, Han JI. Characterization of *Fusarium oxysporum* Isolated from Paprika in Korea. *Mycobiology.* 2007;35(2):91–96. DOI: 10.4489/MYCO.2007.35.2.091
  17. Chandra Nayaka S, Niranjana SR, Uday Shankar AC, Niranjana Raj S. Seed bio-priming with novel strain of *Trichoderma harzianum* for the control of toxigenic *Fusarium verticillioides* and fumonisins in maize. *Arch Phytopathol and Plant Protect.* 2010;43:264–282. <https://doi.org/10.1080/03235400701803879>
  18. Chilaka CA, De Boevre M, Atanda OO, Saeger SD. The status of *Fusarium* mycotoxins in Sub-Saharan Africa: a review of emerging trends and post-harvest mitigation strategies towards food control. *Toxins.* 2017;9(1):19–55. <https://doi.org/10.3390/toxins9010019>
  19. Corallo AB, del Palacio A, Oliver M, Tiscornia S. *Fusarium* species and mycotoxins associated with sorghum grains in Uruguay. *Toxins.* 2023;15(8):1–12. DOI: 10.3390/toxins15080484
  20. Desjardins AE, Proctor RH. Molecular biology of *Fusarium* mycotoxins. *Int J Food Microbiol.* 2007;119(1–2):47–50. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.024



21. Dill-Macky R, Jones RK. The effect of previous crop residues and tillage on Fusarium head blight of wheat. *Plant Disease*. 2000;84(1):71–76. DOI: 10.1094/PDIS.2000.84.1.71
22. Dong D, Li M, Zhang T, Niu Z. Antagonistic Activity of *Streptomyces alfalfae* 11F against Fusarium Wilt of Watermelon and Transcriptome Analysis Provides Insights into the Synthesis of Phenazine-1-Carboxamide. *Plants*. 2023;12(22):3796–3811. <https://doi.org/10.3390/plants12223796>
23. Dong Y, Xia X, Ahmad D, Wang Y. Investigating the Resistance Mechanism of Wheat Varieties to Fusarium Head Blight Using Comparative Metabolomics. *Int J Mol Sci*. 2023;24(4):3214–3233. <https://doi.org/10.3390/ijms24043214>
24. Geiser M, Schürch S, Gehr P. Influence of surface chemistry and topography of particles on their immersion into the lung's surface-lining layer. *J Appl Physiol*. 2003;94(5):1793–1801. DOI: 10.1152/jappphysiol.00514.2002
25. Górna K, Pawłowicz I, Waśkiewicz A, Stępień Ł. Fusarium proliferatum Strains Change Fumonisin Biosynthesis and Accumulation When Exposed to Host Plant Extracts. *Fungal Biol*. 2016;120(6–7):884–893. DOI: 10.1016/j.funbio.2016.04.004
26. Gräfenhan T, Schroers H-J, Nirenberg HI, Seifert KA. An overview of the taxonomy, phylogeny, and typification of nectriaceous fungi in *Cosmospora*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Stilbella*, and *Volutella*. *Studies in Mycology*. 2011; 68:79–113. DOI: 10.3114/sim.2011.68.04
27. Hallen HE, Huebner M, Shiu S-H, Güldener U. Gene development in *Fusarium graminearum*, with particular emphasis on ion transport proteins // *Fungal Genet Biol*. 2007;44(11):1146–1156. DOI: 10.1016/j.fgb.2007.04.007
28. Harish J, Jambhulkar PP, Bajpai R, Arya M. Morphological characterization, pathogenicity screening, and molecular identification of *Fusarium* spp. isolates causing post-flowering stalk rot in maize. *Front Microbiol*. 2023;14:1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1121781>
29. Harris LJ, Balcerzak M, Johnston A, Schneiderman D. Host-preferential *Fusarium graminearum* gene expression during infection of wheat, barley, and maize fungal. *Fungal Biol*. 2016;120(1):111–123. DOI: 10.1016/j.funbio.2015.10.010
30. Imathiu SI, Edwards SG, Ray RV, Back MA. *Fusarium langsethiae* – a HT-2 and T-2 Toxins Producer that Needs More Attention. *J. Phytopathol*. 2013;161:1–10. DOI: 10.1111/jph.12036
31. Jestoi M. Emerging fusarium-mycotoxins fusaproliferin, beauvericin, enniatins, and moniliformin. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2008;48(1):21–49. DOI: 10.1080/10408390601062021
32. Kikot GE, Hours RA, Alconada TM. Contribution of Cell Wall Degrading Enzymes to Pathogenesis of *Fusarium graminearum*: a Review. *Basic Microbiol*. 2009;49(3):231–241. DOI: 10.1002/jobm.200800231
33. Kurian SM, Lichius A, Read ND. Ca<sup>2+</sup> Signalling Differentially Regulates Germ-Tube Formation and Cell Fusion in *Fusarium oxysporum*. *J Fungi*. 2022;8(1):1–15. DOI: 10.3390/jof8010090





34. Kurt B, Farnleitner A, Mach RL. Novel Methods for the Quantification of Pathogenic Fungi in Crop Plants: Quantitative PCR and ELISA Accurately Determine Fusarium Biomass. *Plant Pathology*. InTech. 2012:203–218. DOI: 10.5772/30240
35. Lin C, Feng X-I, Liu Y, Li Z-C. Bioinformatic Analysis of Secondary Metabolite Biosynthetic Potential in Pathogenic Fusarium. *Journal JoF*. 2023;9(8):1–33. DOI: 10.3390/jof9080850
36. Ma L-J, Geiser DM, Proctor RH, Rooney AP. Fusarium pathogenomics. *Annu Rev Microbiol*. 2013;67:399–416. DOI: 10.1146/annurev-micro-092412-155650
37. Manikandan K, Shanmugam V, Kavi Sidharthan V, Saha P. Characterization of field isolates of Fusarium spp. from eggplant in India for species complexity and virulence. *Microb Pathog*. 2023;67(1):399–416. DOI: 10.1016/j.micpath.2023.106472
38. Mutambuki K, Likhayo P. Efficacy of different hermetic bag storage technologies against insect pests and aflatoxin incidence in stored maize grain. *J Bull Entomol Res*. 2021;111(4):499 – 510. DOI: 10.1017/S0007485321000213
39. Nelson PE. History of Fusarium systematics. *Phytopathology*. 1991;81(9):1045–1048.
40. Nirenberg HI, O'Donnell K. New Fusarium species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*. 1998;90(3):434–458. DOI: 10.2307/3761403
41. Omar I, O'Neill TM, Rossall S. Biological control of Fusarium crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined within the fungicide carbendazim. *Plant Pathol*. 2005;55(1):92–99. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2005.01315.x
42. Omotayo OP, Babalola OO. Fusarium verticillioides of maize plant: Potentials of propitious phytomicrobiome as biocontrol agents. *Front Fungal Biol*. 2003;4:1–12. DOI: 10.3389/ffunb.2023.1095765
43. Owens RC, Ambrose PG. Antimicrobial safety: focus on fluoroquinolones. *Clin Infect Dis*. 2005;2:144–157. DOI: 10.1086/428055
44. Parry DW, Jenkinson P, McLeod L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathol*. 1995;44(2):207–238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x>
45. Pekkarinen A, Mannonen L, Jones BL, Niku-Paavola ML. Production of Proteases by Fusarium Species Grown on Barley Grains and in Media Containing Cereal Proteins. *J. Cereal Sci*. 2000;31(3):253–261. DOI: 10.1006/jcers.2000.0305
46. Perincherry L, Urbaniak M, Pawłowicz I, Kotowska K. Dynamics of Fusarium Mycotoxins and Lytic Enzymes during Pea Plants' Infection. *Int J Mol Sci*. 2021;22(18):9888–9908. <https://doi.org/10.3390/ijms22189888>
47. Pettitt T, Xu X, Parry D. Association of Fusarium species in the wheat stem rot complex. *Eur J Plant Pathol*. 2003;109(7):769–774. DOI: 10.1023/A:1026042711064



48. Pongpisutta R, Keawmanee P, Sanguansub S, Dokchan P. Comprehensive Investigation of Die-Back Disease Caused by *Fusarium* in Durian. *Plants*. 2023;12(17):1–19. <https://doi.org/10.3390/plants12173045>
49. Ruiz-Herrera J, Ortiz-Castellanos L. Analysis of the phylogenetic relationships and evolution of the cell walls from yeasts and fungi. *FEMS Yeast Res*. 2010;10(3):225–243. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2009.00589.x>
50. Shen C-M, Hu Y-C, Sun H-Y, Li W. Distribution of trichothecene chemotypes of the *Fusarium graminearum* species complex in major winter wheat production areas of China. *Plant Dis*. 2012;96(8):1172–1178. DOI: 10.1094/PDIS-11-11-0974-RE
51. Stępień Ł. Plant-Pathogenic *Fusarium* species. *J Fungi*. 2023;9(1):1–3. <https://doi.org/10.3390/jof9010013>
52. Summerell BA, Sallen B, Leslie JF. Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *Plant Dis*. 2023;87(2):117–128. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.2.117
53. Svoboda T, Parich A, Güldener U, Schöffbeck D. Biochemical Characterization of the *Fusarium graminearum* Candidate ACC-Deaminases and Virulence Testing of Knockout Mutant Strains. *Front Plant Sci*. 2019;10:1–17. DOI: 10.3389/fpls.2019.01072
54. The *Fusarium* Laboratory Manual. Ed. JF Leslie, BA Summerell. Blackwell Publishing Hoboken. 2006:368. DOI: 10.1002/9780470278376
55. Trang MT, Ameye M, Landschoot S, Devlieghere F. Molecular Insights into Defense Responses of Vietnamese Maize Varieties to *Fusarium verticillioides* Isolates. *J Fungi*. 2021;7(9):1–13. DOI: 10.3390/jof7090724
56. Upadhyay PK, Dey A, Singh VK, Dwivedi BS. Conjoint application of nano-urea with conventional fertilizers: An energy efficient and environmentally robust approach for sustainable crop production. *PLoS ONE*. 2023;18(7):1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284009>
57. Waśkiewicz A, Stępień Ł, Wilman K, Kachlicki P. Diversity of pea-associated *F. proliferatum* and *F. verticillioides* populations revealed by FUM1 sequence analysis and fumonisin biosynthesis. *Toxins*. 2013;5(3):488–503. DOI: 10.3390/toxins5030488
58. Williams SB, Murdock LL, Baributsa D. Storage of Maize in Purdue Improved Crop Storage (PICS) Bags. *PLoS ONE*. 2017;12(1):1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168624>
59. Witaszak N, Lalak-Kańczugowska J, Waśkiewicz A, Stępień Ł. The Impacts of Asparagus Extract Fractions on Growth and Fumonisins Biosynthesis in *Fusarium Proliferatum*. *Toxins*. 2020;12(2):95–109. <https://doi.org/10.3390/toxins12020095>
60. Xu EY, Bi X, Holland MJ, Gottschling DE, Broach JR. Mutations in the nucleosome core enhance transcriptional silencing. *Mol Cell Biol*. 2005;25(5):1846–1859. DOI: 10.1128/MCB.25.5.1846-1859.2005
61. Yates IE, Widstrom NW, Bacon CW, Glenn A. Field performance of maize grown from *Fusarium verticillioides* – inoculated seed. *Mycopathologia*. 2005;159(1):65–73. DOI: 10.1007/s11046-004-8402-9
62. Yazar S, Omurtag GZ. Fumonisins, Trichothecenes and Zearalenone in Cereals. *Int J Mol Sci*. 2008;9(11):2062–2090. DOI: 10.3390/ijms9112062



63. Zhang X-X, Sun H-Y, Shen C-M, Li W. Survey of *Fusarium* spp. causing wheat crown rot in major winter wheat growing regions of China. *Plant Dis.* 2015;99(11):1610–1615. DOI: 10.1094/PDIS-04-14-0422-RE
64. Zinedine A, Soriano JM, Molto JC, Mañes J. Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: an oestrogenic mycotoxin. *Food Chem Toxicol.* 2007;45(1):1–18. DOI: 10.1016/j.fct.2006.07.030
65. <https://agrosfera.ua/ua/articles/Kovarnyy%20fuzarioz%20kolosa>
66. <https://latifundist.com>
67. <https://meteopost.com/weather/climate/>
68. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/>

Стаття надійшла до редакції 11.12.2023 р.



УДК 632.937

**Н.В. Пиляк, Л.Л. Лобан**

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка»  
Національної академії аграрних наук України  
вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське,  
Одеський район, Одеська область, 67667, Україна,  
e-mail: biotechnica.od@gmail.com

## **КОЛЕКЦІЯ ПРОМИСЛОВО ЦІННИХ КУЛЬТУР МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА**

*В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» НААН України зібрано та підтримується в життєздатному стані Колекція мікроорганізмів, яка формувалась за ознакою доцільності та ефективності в біологізації землеробства. Мікробний генофонд Колекції – це бактеріальні і грибні штами мікроорганізмів, які застосовуються в біотехнологіях виробництва засобів захисту рослин та контролюванні їх якості. На основі колекційних мікроорганізмів створено мікробіопрепарати з фунгіцидними, ентомоцидними, фосфатмобілізувальними, нематодцидними, целюлозолітичними, рістстимульовальними властивостями. Підтримуються в Колекції також штами, які впливають на процеси фіксації атмосферного азоту. Великий інтерес представляють мікроорганізми, які виділено із природних джерел різних областей України (авторські штами), більшість з яких знаходяться на стадії вивчення і накопичення інформації про них. Для визначення біологічної активності фунгіцидів в Колекції підтримуються грибні тест-об'єкти, які є збудниками хвороб овочевих, зернових та плодово-ягідних культур. Тобто, Колекцію мікроорганізмів створено для фахівців, які працюють в галузі захисту рослин, а також для навчання студентів-біологів, біотехнологів, агрономів. Колекція спеціалізована, тому збереження такого унікального об'єкту є пріоритетним завданням, оскільки втрата колекційних мікроорганізмів може мати негативні наслідки для подальшого вдосконалення та розвитку біотехнологій, зокрема виготовлення мікробіологічних препаратів для захисту рослин з використанням потенціалу Колекції. Враховуючи все вищезазначене, 04.11.2022 р. Колекцію внесено до Державного реєстру наукових об'єктів, що становлять національне надбання (Постанова Кабміну України від 04.11.2022 р. № 1243).*

*Ключові слова: біологізація землеробства, Національне надбання, Колекція, культури мікроорганізмів, науковий об'єкт.*

В Інженерно-технологічному інституті «Біотехніка» Національної академії аграрних наук України (ІТІ «Біотехніка» НААН) у 1992 р. розпочато формування Колекції мікроорганізмів з агрономічно цінними властивостями. Спочатку, задачею мікробного генофонду, було забезпечення товарними пар-



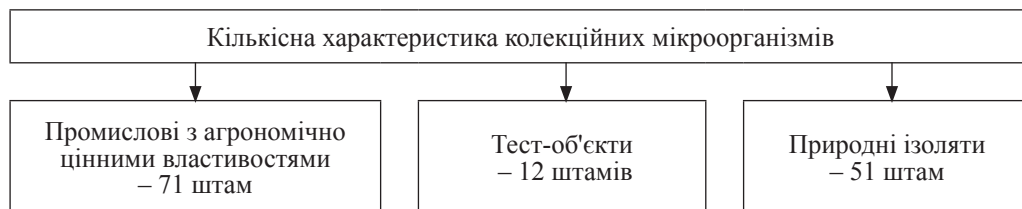
тіями маточних культур регіональних біолабораторій, які займалися виробництвом біологічних засобів захисту рослин (БЗЗР) і знаходилися практично у всіх містах і районних центрах України. У 1994 р. Постановою Української академії аграрних наук (УААН) на Колекцію із 12 перспективних штамів було покладено функцію Центру маточних культур мікроорганізмів (ЦМК) для забезпечення розвитку біологічного методу в південних регіонах України (протокол УААН від 15.12.1994 р. № 14).

На сьогодні, біорізноманіття мікробних культур в Колекції становить 134 штами і це – результат багаторічної праці вчених і науковців ІТІ «Біотехніка» НААН [8].

Основна мета роботи з Колекцією – це пошук, накопичення, надійне збереження та вивчення мікробних ресурсів, а саме, штамів з агрономічно цінними властивостями для їх ефективного використання в наукових, навчальних та практичних цілях.

Об'єктами зберігання є бактеріальні і грибні культури мікроорганізмів, які є продуцентами цінних біологічно активних речовин (БАР). Це типові промислові штами з антагоністичними, ентомоцидними, нематоцидними, целюлозолітичними властивостями, а також природні (авторські) штами, які виділено із екониш агробіоценозу, серед них є продуценти фітогормонів, а також такі, що здатні до трансформації нерозчинного фосфору. Є в Колекції також штами, які впливають на фотосинтез і асоціативну азотфіксацію. Тобто, в процесі виконання тематичних досліджень, Колекція суттєво поповнилася цінними мікроорганізмами. В рамках співпраці з науковими установами Польщі, Грузії, Молдови та з науковцями і співробітниками біолабораторій України в Колекції з'явилися штами з різною селективністю дії [3, 8].

Ці штами складають обмінний фонд Колекції і на сьогодні потребують досконалих досліджень.



Досліджено велику кількість мікроорганізмів, але на зберіганні в Колекції залишаються штами, які потребують досліджень та відповідають таким критеріям:

- висока продуктивність з прискореною швидкістю репродуктивних процесів і максимальним накопиченням титрів мікроорганізмів та їх цінних метаболітів (біологічно активних речовин);
- висока швидкість та синхронність спороутворення (у випадку з бацилярними та грибними штамми);
- стабільність цінних властивостей, стійкість штамів до дисоціацій;
- стійкість до лізогенії, у т. ч. до фаголізу;
- безпечність для людей, довкілля, у яких відсутні токсичні метаболіти.

На сьогодні 12 штамів, що зберігаються в Колекції, пройшли гігієнічне регламентування в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. Одержано висновки щодо їх токсикологічних властивостей, їх депоновано в Українській колекції НАН України (таблиця) [7].

Таблиця

**Штами, які депоновано в Українській Колекції мікроорганізмів**

Table

**Strains deposited in the Ukrainian Collection of Microorganisms**

№ з/п	Біологічний агент	Номер в Українській колекції	Препарат на основі депонованого штаму
1	<i>Arthrobotrys oligospora</i> шт. 12	F-100047	Нематофагін БТ
2	<i>Bacillus thuringiensis var. kurstaki</i> шт. ВК-4	В-7173	Бецимід БТ
3	<i>Beauveria bassiana</i> шт. 71661	В-100051	Боверин БТ
4	<i>Beauveria bassiana</i> шт. 3300	В-100044	–
5	<i>Verticillium lecanii</i> шт. С-3	F-100045	Вертицилін БТ
6	<i>Metarhizium anisopliae</i> шт. MALI	F-100090	Метаризин БТ
7	<i>Microbacterium barkeri</i> шт. ЛП-1	В-7691	Органічне добриво
8	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> шт. 5	В-7690	Біоспектр БТ
9	<i>Pseudomonas fluorescens</i> шт. AP-33	В-7206	Планриз БТ
10	<i>Pseudomonas fluorescens</i> шт. 2	В-7533	Флуоресцин БТ
11	<i>Salmonella enteritidis var. Issatschenko</i> шт. К-28	В-7207	Бактороденцид БТ
12	<i>Trichoderma viridae</i> шт. Т-4	В-100046	Триходермін БТ

7 із 12 депонованих штамів – авторські, які вилучено співробітниками відділу із різних екологічних джерел, ідентифіковано до родової і видової назви. Тобто, встановлено їх таксономічний статус [1, 10]. На їх основі відпрацьовано технології одержання нових біопрепаратів, які пройшли серію досліджень не тільки в умовах *in vitro* [3].

Умовою ефективного використання здобутків сучасних біотехнологій є саме наявність виробничих штамів мікроорганізмів зі стабільним генотипом.

Робота з Колекцією мікроорганізмів потребує нових методологічних розробок і організаційних підходів, які дозволять оперативно вирішувати проблеми фундаментальної біологічної науки.

Проводиться постійна робота з перевірки життєздатності мікроорганізмів, наявних в Колекції, оскільки збереження біологічного потенціалу штамів, який закріплено в їх генотипі природою і селекцією, відіграє першочергову роль при виробництві засобів захисту рослин. Контроль життєздатності, чистоти культури, стабільності вихідних властивостей з розробкою підтримувальних технологій та методичних підходів – це класична схема роботи з Колекцією [2, 4].



Всі культури мікроорганізмів підтримуються методом періодичних пересівів на агаризовані живильні середовища. Відпрацьовуються та вдосконалюються методи консервування культур мікроорганізмів при закладанні штамів на різні субстрати та різні терміни зберігання. Більша частина досліджень присвячується саме пошуку методів довгострокового зберігання штамів. Проводиться аналіз стану колекційних зразків у відповідності з паспортними характеристиками після довгострокового зберігання [2, 3, 8].

В зв'язку з розвитком біометоду в системі інтегрованого захисту рослин на основі колекційних штамів створено низку нових ефективних препаратів з різною селективністю дії. Запущено виробництво 20 препаратів на основі монокультур. Застосування цих препаратів на основі колекційних штамів сприяє підвищенню продуктивності та поліпшенню якості сільськогосподарської продукції, стійкості рослин до хвороб, шкідників і стресових чинників. Біопрепарати впливають на зменшення норм застосування мінеральних добрив та хімічних пестицидів. Біологічні засоби захисту рослин містять складний комплекс біохімічних сполук (ферменти, кислоти, ендотоксини, екзотоксини, фітогормони) і живі мікроорганізми, які залежно від погодних умов інтенсифікують процеси, що проходять в рослинах і забезпечують їх захисну дію [5, 11]. Це – Актофіт БТ, Алирин БТ, Ампеломіцин БТ, Бактороденцид БТ, Бактофіт БТ, Бітоксисабацилін БТ, Вертицилін БТ, Гліокладин БТ, Коніотірин БТ, Фітонорм БТ. Зміни погодних умов при застосуванні біопрепаратів впливають на добір певних фенотипів мікроорганізмів [5].

Окрім препаратів на основі монокультур мікроорганізмів в ІПІ «Біотехніка» відпрацьовано технології створення комплексних біопрепаратів на основі взаємнотолерантних двох, трьох, або чотирьох штамів, що дало можливість використовувати їх в комплексі. Це – Біогібервіт БТ, Біодеструктор БТ, Вітастим БТ, Трихопсин БТ. За рахунок синергічних відносин між штамми, що складають композицію, вищезазначені препарати достатньо ефективні і користуються попитом в фермерських господарствах України [3, 6, 8, 9].

Екологічно безпечні технології одержання біопрепаратів відносяться до безпечних процесів, а застосування біологічних засобів захисту рослин виробництва ІПІ «Біотехніка» не призводить до виникнення негативних наслідків і аварійних ситуацій.

Як основний утримувач мікроорганізмів з агрономічно цінними властивостями, співробітники Колекції здійснюють методичну і консультативну роботу, проводять наукове супроводження на підприємствах, що напрацьовують біологічні засоби захисту рослин на основі штамів із Колекції інституту. А співпраця з фермерами дозволяє прогнозувати терміни проведення захисних заходів та застосування найбільш економічних і ефективних біологічних засобів захисту рослин для пригнічення шкідливих фітопатогенів і фітофагів.

Штами мікроорганізмів із Колекції інституту використовують під час виробничої практики студенти Миколаївського національного аграрного університету на основі Договору про творчу співпрацю. Підприємства України: «Черкасибіозахист» (м. Черкаси), Агробіозахист (м. Суми), ЧП «Відродження» (м. Одеса), фітосанітарні лабораторії (м. Луцьк, м. Львів), ТОВ «Компа-



нія «Біонік» (м. Миколаїв) користуються мікроорганізмами із колекційного фонду ІТІ «Біотехніка» за договорами. Окрім того, при виконанні досліджень НААН в ІТІ «Біотехніка» НААН нові засоби захисту рослин створюються з використанням саме колекційних штамів.

Надання Колекції мікроорганізмів з агрономічно цінними властивостями статусу національного надбання гарантує подальше збереження штамів в життєздатному і генетично-стабільному стані, розширює можливості створення нових біологічних засобів захисту рослин на їх основі, які обмежать навантаження агрохімікатів на довкілля, забезпечать стабільне і продуктивне функціонування агроценозів, що має сприяти зростанню експортного потенціалу аграрного сектору економіки України. А застосування Колекції забезпечить конкурентноспроможність вітчизняної органічної сільськогосподарської продукції на ринках країн ЄС.

### **N.V. Pulyak, L.L. Loban**

Engineering and Technological Institute "Biotekhnika"  
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
26, Maiatska doroga Str., Khlibodarske village,  
Odesa district, Odesa oblast, 67667, Ukraine,  
e-mail: biotechnica.od@gmail.com

## **A COLLECTION OF INDUSTRIALLY VALUABLE CULTURES OF MICROORGANISMS FOR AGRICULTURAL BIOLOGY**

### **Summary**

*The Engineering and Technological Institute "Biotechnic" of the National Academy of Sciences of Ukraine has collected and preserve the viable collection of microorganisms, which was formed on the basis of expediency and efficiency in the biologization of agriculture. The microbial gene pool of the Collection bacterial and fungal strains of microorganisms that are used in biotechnologies for the production of plant protection products and their quality control. Microbiopreparations with fungicidal, entomocidal, phosphate-mobilizing, nematocidal, cellulolytic, and growth-stimulating properties have been created on the basis of collection microorganisms. The Collection also preserve strains that influenced on the atmospheric nitrogen fixation processes. The great interest present the microorganisms isolated from natural sources of different regions of Ukraine (author's strains), most of which are in studying and accumulating information about them. To determine the biological activity of fungicides, the Collection supports fungal test objects that are the causative agents of diseases of vegetable, grain, fruit and berry crops. The Collection of non-pathogenic microorganisms was created for working in the field of plant protection, as well as for teaching students of biology, biotechnologies, and agronomists. The collection is specialized, therefore the preservation of such unique objects is a priority task, since the loss of collection microorganisms can have negative consequences for the further improvement and development of biotechnology, in particular, the production of microbiological preparations for plant protection using the potential of the Collection. Taking into*





*account all of the above, on November 4, 2022, the collection was entered into the State Register of Scientific Objects, which constitute national property (Resolution of the Cabinet of Ukraine of November 4, 2022, No. 1243).*

*Key words: biologization of agriculture, National property, Collection, cultures of microorganisms, scientific object.*

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г. и др.* Микроорганизмы – возбудители болезней растений. – К.: Наук. думка, 1988. – 550 с.
2. *Мельничук М.Д., Кляченко О.Л.* Загальна (промислова) біотехнологія. – К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. – 252 с.
3. *Крутякова В.І., Беспалов І.М., Молчанова О.Д., Лобан Л.Л.* Інженерно-технологічні інновації у виробництві ентомологічних та мікробіологічних засобів захисту рослин. – Одеса: Фенікс, 2017. – 196 с.
4. *Лобан Л.Л., Попова Л.В., Сметана Ю.М.* Підвищення біологічного потенціалу продуцентів і біофунгіцидів на їх основі // Вісник аграрної науки Південного регіону. – 2012. – в. 12–13. – С. 112–117.
5. *Лобан Л.Л., Горобченко Л.М., Дундєва І.В., Таран А.І.* Ефективні комплексні біопрепарати з різною специфічністю дії // Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 100-річчя НААНУ «Біологічний метод захисту рослин: досягнення і перспективи»: (Одеса, листопад, 2018.) Інформ. бюлетень СПРС МОРББ. – № 53. – С. 214–218.
6. *Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О., Курпа М.Я., Стасів О.Ф.* Продуктивність та стійкість до уражень біотичними чинниками ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи за використання біопрепаратів в умовах зрошення // Селекція і насінництво. – Харків, 2020. – № 118. – С. 130–139.
7. *Омельянець Т.Г., Коваленко М.К., Головач Т.М.* Оцінка безпеки продуктів мікробної біотехнології і гігієнічне регламентування // Мікробіол. журн. – 2008. – т. 70, № 2–3. – С. 124–127.
8. *Бельченко В.М., Ходорчук В.Я., Лавриненко Ю.О. та ін.* Системи виробництва і застосування засобів біологізації землеробства. – К.: Аграрна наука, 2022. – 406 с.
9. *Соломійчук М.П., Піковський М.Й.* Ефективність застосування біологічних препаратів при захисті картоплі від шкідливих організмів у західному степу України // Фітосанітарна безпека. – 2022. – в. 68. – С. 168–179.
10. *Посібник Берджі з систематичної бактеріології: 2-е видання. Т. 1, 2А, 2В, 2С, 3, 4, 5.* – Springer, 2001 2012.
11. *Biopesticides and bioagents: novel tools for pest management / edited by Md. Arshad Anwer, 2018. – 402 p.*

### REFERENCES

1. *Bylaj VY, Hvozdiak RY, Skrypal' YH y dr. (1988).* Microorganisms are the causative agents of plant diseases. Directory. K. Nauk. dumka. 550.
2. *Mel'nychuk MD, Kliachenko OL ta in. (2014).* General (industrial) biotechnology. K. FOP Korzun DYU. 252.



3. Krutiakova VI, Bepalov IM, Molchanova OD, Loban LL. (2017). Engineering and technological innovations in the production of entomological and microbiological plant protection products. Odesa. Feniks. 196.
4. Loban LL, Popova LV, Smetana YuM. (2012). Increasing the biological potential of producers and biofungicides based on them. Herald of Agrarian Science of the Southern Region. *Agricultural and biologist. science*. Odesa. Vyd. TOV Leradruk. (12–13): 112–117.
5. Loban LL, Horobchenko LM, Dundieva IV, Taran AI. (2018). Effective complex biological preparations with different specificity of action. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. z nahody 100-richchia NAANU «*Biologichnyj metod zakhystu roslyn: dosiahnennia i perspektyvy*»: materialy. Odesa. Information bulletin of SPRS MORBB. (53): 214–218.
6. Marchenko TYu, Lavrynenko YuO, Kyrpa MYa, Stasiv OF. (2020). Productivity and resistance to damage by biotic factors of parental component lines of corn hybrids under the use of biological preparations under irrigation conditions. *Breeding and seeding*. Kharkiv. 118:130–139.
7. Omel'ianets' TH, Kovalenko MK, Holovach TM (2008). Safety assessment of products of microbial biotechnology and hygienic regulation. *Microbiol. journal*. 70. (2–3):124–127.
8. Bel'chenko VM, Khodorchuk VYa, Lavrynenko you ta in. (2022). The system of trust and the use of means of biologization of agriculture. K. Ahrarna nauka. 406.
9. Solomijchuk MP, Pikovs'kyj MJ. (2022). The effectiveness of the use of biological preparations in the protection of potatoes from harmful organisms in the western steppe of Ukraine. *Phytosanitary safety*. 68:168–179.
10. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: 2nd edition. (2001–2012). Springer. 1, 2A, 2B, 2C, 3, 4, 5.
11. Biopesticides and bioagents: novel tools for pest management. (2018) / edited by Md. Arshad Anwer. 402.

Стаття надійшла до редакції 07.12. 2023 р.



**XVIII Міжнародна літня школа  
для студентів, аспірантів та молодих вчених  
«MOLECULAR BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY  
AND BIOMEDICINE»**

На базі кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з 22 травня по 14 липня 2023 року відбулася онлайн XVIII Міжнародна літня школа для студентів, аспірантів та молодих вчених «MOLECULAR BIOLOGY, BIOTECHNOLOGY AND BIOMEDICINE». Це захід став платформою для наукового обміну та взаємодії молодих дослідників із різних країн.

У період з 22 по 26 травня 2023 року було проведено лабораторний курс «Клонування, експресія та очищення білків» для студентів 3–4 курсу Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Заняття проходили під керівництвом к. б. н. Андрія Мерліча та к. б. н. Надії Коротаєвої з ОНУ імені І. І. Мечникова та за підтримки провідних вчених Олексія Шмідта та Олени Рахімової з кафедри медичної біохімії та біофізики Університету Умео, Швеція. Учасники отримали практичні навички з виділення плазмідної ДНК, лігування векторів та трансформації бактерій, а також очищення білків. Усі учасники отримали сертифікати про участь.

У рамках XVIII Міжнародної літньої школи 27–28 червня 2023 року відбувся методичний онлайн-семінар, присвячений дистанційному викладанню медичних біодисциплін «Науково-методичний семінар з диджиталізації навчального процесу». Модераторами заходу були к. б. н. Оксана Зінченко та к. т. н. Ганна Ямборко з ОНУ імені І. І. Мечникова. Семінар охоплював питання використання цифрових засобів навчання, онлайн-платформ для тестування та віртуальних навчальних ресурсів, подолання викликів війни під час дистанційного навчання. Учасники обмінювалися досвідом щодо розробки методичних матеріалів до занять, баченням здобувачів їх змісту, оформлення та призначення.

29–30 червня також в рамках Літньої школи відбулася онлайн конференція молодих учених «Сучасні проблеми біології, біотехнології та біомедицини», модератором якої виступила Олена Сащук, к. б. н., ОНУ імені І. І. Мечникова. За підсумками опубліковані матеріали конференції, а кращі роботи рекомендовані до друку в науковому журналі «Мікробіологія і біотехнологія».

З 3 по 14 липня відбувся онлайн лекційний курс, який включав 40 лекцій від 36 лекторів та залучив майже 250 слухачів на платформі Zoom.

Лекційний курс охоплював різні аспекти біотехнології, молекулярної біології та біомедицини, представляючи доповіді провідних вчених з різних країн. Теми включали питання досягнень біотехнології, бактеріальної та фагової геноміки, геноміки плазмід та векторів, мікроРНК, мас-спектрометрії, протигрибкових властивостей лактобацил, фаготерапії, вірусоподібних частинок у медицині, сучасного та історичного застосування дріжджів, протиракових вакцин, сучасного погляду на еволюцію мікроорганізмів та інфекційні захворювання, методи секвенування та клонування нового поко-



---

ління, відкриття ліків, біомінералізації, метагеноміки, метаболоміки та біоінформатики, електронної мікроскопії, статистики та філогенетичного аналізу. З доповідями про сучасні досягнення біології та біотехнології виступили провідні вчені України, Франції, Англії, Німеччини, Фінляндії, Польщі, Іспанії, Швеції, Канади та США, зокрема Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна НАНУ, Харківського національного університету імені Каразіна (Україна), Інститут біології та медицини Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Україна), Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Д.К. Заболотного НАНУ, Науковий центр, ТОВ «ЮРІА ФАРМ» (Київ, Україна), Дніпровський державний медичний університет (Україна), Adam Mickiewicz University (Польща), EMBO, Academia Europea (Польща), University of Leuven, Belgium (Бельгія), Vésale Bioscience (Бельгія), Institute Germans Trias I Pujol, Autonomous University of Barcelona (Іспанія), University of Southampton (UK) The Institute of Cancer Research (UK), London institute of Medical Sciences (UK), Biotechnologie Research Centre (Канада), University of Maryland - Baltimore (США), University of Nebraska-Lincoln (США), Onego Bio, Helsinki (Фінляндія), Hannover Medical School, Hannover (Німеччина), German Cancer Research Center, Heidelberg (Німеччина), University of Nantes (Франція), Umea University (Швеція).

Слухачі лекційного курсу отримали можливість висловлювати свої думки під час дискусій, а також ставити актуальні запитання, на які вони отримали належну кваліфіковану відповідь та підтримку. Лекційний курс об'єднав молодих вчених та аспірантів із з багатьох університетів та наукових установ України, Німеччини, Іспанії, Польщі, Франції, Португалії, Бангладеш, Грузії, Єгипту, Індії, Молдови, Нігерії, Туреччини, Філіппін, Швеції та Словаччини, створюючи унікальну платформу для обміну знаннями та ідеями в галузі молекулярної біології, біотехнології та біомедицини.

В цілому, XVIII Міжнародна літня школа є не лише освітнім заходом, але й каталізатором для наукового зростання молодих дослідників. Вона сприяє створенню глобальної спільноти вчених, що активно співпрацюють у розвитку сучасних наукових напрямків, зокрема в молекулярній біології, біотехнології та біомедицині.



## ІНФОРМАЦІЙНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ ДЛЯ АВТОРІВ

*Науковий журнал «Мікробіологія і біотехнологія» запрошує Вас до співпраці з питань висвітлення результатів наукових досліджень у галузі мікробіології і біотехнології.*

**Програмні цілі видання:** висвітлення результатів наукових досліджень у галузі мікробіології та біотехнології, об'єктами яких є прокаріотні (бактерії, архебактерії), еукаріотні (мікроскопічні гриби, мікроскопічні водорості, найпростіші) мікроорганізми та віруси.

**Тематична спрямованість:** мікробіологія, вірусологія, імунологія, молекулярна біотехнологія, створення та селекція нових штамів мікроорганізмів, мікробні препарати, антимікробні засоби, біосенсиори, діагностичними, мікробні технології в сільському господарстві, мікробні технології у харчовій промисловості; захист та оздоровлення навколишнього середовища; отримання енергоносіїв та нових матеріалів тощо.

**Мова (мови) видання:** українська, англійська.

**Рубрики журналу:** «Оглядові та теоретичні статті», «Експериментальні праці», «Дискусії», «Короткі повідомлення», «Хроніка наукового життя», «Сторінки історії», «Ювілеї і дати», «Рецензії», «Книжкова полиця».

До статті додається рекомендація установ, організацій, у яких виконувалася робота, за підписом керівника та письмова згода керівників установ, організацій, де працюють автори.

**Вимоги до оформлення статей, які подаються до редакції журналу:**

Стаття має відповідати тематичному спрямуванню журналу і, відповідно до п. 3 Постанови ВАК України від 15.01.2003 р. №7-5/1, включати такі структурні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми і на які опирається автор; виокремлення раніше не вирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття; формулювання мети статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших пошуків у даному напрямі.

До друку приймаються рукописи (2 примірники) обсягом до 18 сторінок (з урахуванням рисунків, таблиць і підписів до них, анотації, реферату, списку літератури), огляди – до 30 стор., рецензії – до 3 стор., короткі повідомлення – до 2 стор. Відхилені рукописи не повертаються.

До рукопису додається електронний варіант рукопису шрифт Times New Roman, кегль 14, інтервал автоматичний, не більше 30 рядків на сторінці, поля по 2 см).

**При написанні статті необхідно дотримуватися такого плану:**

- індекс УДК у лівому верхньому кутку першого аркуша;
- Реферат мовою оригіналу статті:
  - назва статті великими літерами;
  - прізвища та ініціали автора (авторів);
  - місце роботи кожного автора; повна поштова адреса установи (за міжнародними стандартами); телефон, електронна адреса (e-mail);



- прізвища авторів та назви установ, де вони працюють, позначають одним і тим самим цифровим індексом (вгорі);
  - реферат із зазначенням новизни дослідження (200–250 слів);
  - ключові слова (не більше п'яти).
- Реферат англійською мовою:
    - назва статті великими літерами;
    - прізвища та ініціали автора (авторів), транслітерація;
    - місце роботи кожного автора; повна поштова адреса установи (за міжнародними стандартами); телефон, електронна адреса (e-mail);
    - прізвища авторів та назви установ, де вони працюють, позначають одним і тим самим цифровим індексом (вгорі);
    - реферат із зазначенням новизни дослідження (200–250 слів);
    - ключові слова (не більше п'яти);
  - Повний текст статті мовою оригіналу.

**Текст статті має включати такі складові:**

вступ; матеріали і методи; результати та їх обговорення; висновки; список використаної літератури мовою оригіналу цитованої статті, список використаної літератури (Referens) англійською мовою (за вимоги міжнародних наукометричних баз).

До кожного примірника статті додається реферат мовою оригіналу статті та українською/англійською мовою.

Враховуючи, що реферат відображає основний зміст статті і використовується в інформаційних, в тому числі автоматизованих системах для пошуку документів та інформації, необхідно дотримуватися певних вимог при його написанні:

- реферат має бути інформативним (не містити зайвих слів);
- структурованим, тобто містити розділи: мета; методи, що використані в роботі та/або методологія проведення досліджень; результати та сфера їх застосування; висновки;
- англійська версія реферату має бути написана якісною англійською мовою (за потреби доцільно користуватися послугами кваліфікованих спеціалістів-лінгвістів з подальшим науковим редагуванням тексту автором), з використанням термінології, яка використовується в англійськомовних медикобіологічних журналах, уникати використання термінів, які є прямою українською/російською калькою;
- компактним (200–250 слів);
- ключові слова (не більше 5-ти) розміщуються з абзацу після реферату.

У кінці тексту статті указати прізвища, імена та по-батькові усіх авторів, поштову адресу, телефон, факс, e-mail (для кореспонденції).

Стаття має бути підписана автором (усіма авторами) з зазначенням дати на останній сторінці.

Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, особливо за правильну наукову термінологію (її слід звіряти з фаховими термінологічними словниками).

Латинські біологічні назви видів, родів подаються курсивом латиницею.



Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то аббревіатури за першого вживання обумовлюють у дужках. Наприклад: полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР).

Посилання на літературу подаються у тексті статті, цифрами у квадратних дужках, згідно з порядковим номером у списку літератури.

#### **Розділ «Матеріали і методи»:**

- Методи дослідження та схеми експерименту мають бути представлені так, щоб їх можна було відтворити.
- Для використаних реактивів та матеріалів вказати назву компанії та країни-виробника.
- Одиниці вимірювання вказати в системі СІ.
- Концентрацію розчинів представляти в М, мМ, мкМ (молярна концентрація).
- Молекулярну масу (Мм) – Да (дальтони) або кДа.
- При використанні ферментів навести їх номенклатурну систематичну назву та шифр.
- Активність ферментів виражають в мкмольх використаного субстрату або утвореного продукту за 1 хв на 1 мг протеїну або використати стандартну одиницю активності U (IU) і катал (скорочено кат), питома активність ензиму виражається в ммольх/хв на 1 мг протеїну або в од.акт/мг, кат/кг.
- Вказати умови проведення ферментативної реакції (температура, рН, концентрація субстрату).
- Вказати використані методи статистичного аналізу, програму статистики.

Таблиці мають бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Матеріал таблиць (як і рисунків) має бути зрозумілим і не дублювати текст статті. Цифровий матеріал таблиць слід опрацювати статистично.

Рисунки виконуються у вигляді чітких креслень (за допомогою комп'ютерного графічного редактора у форматі Word, TIF, JPG). Осі координат на графіках мають бути позначені. Рисунки розміщуються у тексті статті.

До рисунків мають бути підписи не згруповані з ним і не вставлені в об'єкт рисунка.

Позначення на рисунку мають бути інтегровані в нього, тобто копіюватися разом з рисунком, а не окремими частинами.

Всі ілюстрації мають бути розміщені в файлі рукопису, також обов'язково додані до електронного варіанту у вигляді файлів формату JPEG.

Підписи, а також пояснення, примітки до таблиць та рисунків подаються мовою оригіналу та англійською мовою.

**Розділ «Результати досліджень та їх обговорення»** має бути написаний коротко: необхідно чітко викласти виявлені ефекти, показати причинно-результативні зв'язки між ними, порівняти отриману інформацію з даними літератури, дати відповідь на питання, поставлені у вступі.



**Список використаної літератури**

1. Список використаної літератури в оригіналі цитованої статті складається за алфавітно-хронологічним порядком (спочатку кирилиця, потім латиниця). Якщо перший автор у декількох працях один і той самий, то праці розміщуються у хронологічному порядку. Список посилань треба пронумерувати, а у тексті посилатися на відповідний номер джерела літератури (у квадратних дужках).

У посиланні пишуть прізвища усіх авторів. В експериментальних працях має бути не більше 15 посилань літературних джерел.

Патентні документи розміщуються у кінці списку посилань.

2. Список використаної літератури англійською мовою (Referens), за вимогами міжнародних наукометричних баз.

Стиль шрифту – NLM (National Library of Medicine).

Прізвища, імена та по-батькові авторів, назву цитованого видання (журнал, монографія, збірник тощо) наводять послуговуючись безкоштовними сайтами (<http://www.easybib.com/>, <http://www.bibme.org/>, <http://www.sourceaid.com/>, <https://www.citethisforme.com/>), що дозволяють здійснити переклад з використанням однієї з міжнародних систем транслітерації.

Назви статей наводять англійською мовою.

Порядок подання посилань Referens (список 2) має повністю співпадати зі списком використаної літератури (список 1).

**Зразки посилання літератури**

Вимоги до оформлення бібліографічних посилань мовою оригіналу (в тому числі цитовані англійські джерела)

**На книги**

*Векірчик К. М.* Мікробіологія з основами вірусології. – К.: Либідь, 2001. – 312 с.

*Патика В. П., Тихонович І. А.* Мікроорганізми і альтернативне землеробство. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.

*Промышленная микробиология* / Под ред. Н. С. Егорова. – М.: Высш. шк., 1989. – 688 с.

*Методы общей бактериологии*: В 3 т. / Под ред. Ф. Герхардта. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 536 с.; Т. 2. – 470 с.; – Т. 3. – 263 с.

*Шлегель Г.* Общая микробиология. – М.: Мир, 1987. – 566 с.

*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. – 9<sup>th</sup> ed. – Baltimore; London, 1986. – Vol. 2. – 1599 p.

*Rogers H., Perkins H., Ward I.* Microbial cell walls and membranes. – London; New York: Fcfd. Press, 1980. – 364 p.

**На журнальні статті**

*Подгорский В. С.* Систематическое положение, экологические аспекты и физиолого-биохимические особенности микроорганизмов, имеющих промышленное значение // *Мікробіол. журн.* – 1998. – 60, № 5. – С. 27–42.

*Андреюк Е. И., Козлова И. А., Рожанская А. М.* Микробиологическая коррозия строительных материалов // *Биоповреждения в строительстве*. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 209–221.





Глоба Л. І., Подорван Н. І. Біотехнологія очищення забрудненої природної води // Вісник ОНУ. – 2001. – т. 6, в. 4. – С. 65–67.

Eaton R. W., Ribbons D. V. Utilization of phtalate esters by micrococci // Arch. Microbiol. – 1982. – 132, № 2. – P. 185–188.

#### **На тези доповідей**

Мацелюх Б. П. Розробка біотехнології одержання ландоміцину Е // Міжнародна наук. конф. «Мікробні біотехнології» (Одеса, вересень, 2006 р.): тез. доп. – О.: «Астропринт», 2006. – С. 17.

#### **На депоновані наукові роботи**

1. Лопатина Н. В., Терентьев А. Н., Наталич Л. А., Янгулов Ш. У. Оптимизация питательной среды для культивирования вакцинного штамма чумного микроба с применением метода математического планирования эксперимента / Редкол. «Микробиол. журн.» – К., 1991. – 7 с. – Деп. в ВИНТИ 03.01.92, № 1-В92.

#### **На стандарти**

ГОСТ 20264.4-89. Препараты ферментные. Методы определения амилалитической активности. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 17 с.

#### **На автореферати дисертацій**

Онищенко О. М. Таксономія і антибіотична активність *Alteromonas*-подібних бактерій Чорного моря: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. К., 2003. – 21 с.

#### **Зразки посилань літератури в романській абетці**

##### **References**

Стиль шрифту для англomовного варіанту списку джерел – NLM (National Library of Medicine), зразок:

Author AA, Author BB, Author CC. Title of article. Title of Journal. 2005; 10 (2):49–53.

##### **Статті в журналах:**

DeLong EF, Karl DM. Genomic perspectives in microbial oceanography. Nature. 2015;(437):336–342.

Klochkov VK, Kavok NS, Malyukin YuV. The effect of specific interaction of nanocrystals GdYVO<sub>4</sub>:Eu<sup>3+</sup> with cell nuclei. Dop Nats Akad Nauk Ukr. 2010;(10):81–86.

##### **Книги:**

Best RJ. Tomato spotted wilt virus. In: Advances Virus Res Eds Smith KM, Lauffer MA. Academic Press, New York, 1968:65–146.

Speissel B, Beahrs OH, Hermanek P, Hutter RVP, Scheibe O. TNM atlas: illustrated guide to the TNM. pTNM classification of malignant tumours. Berlin New York: Springer-Verlag. 1989. 12.

Sastry SK. Seed-borne plant virus diseases. India: Springer, 2013. 327 p.

##### **Матеріали з'їздів, конференцій:**

Dikova B, Djournanski A, Lambev H. Establishment of economically important viruses on *Echinacea purpurea* and their influence on the yield. In: Proceedings of the conference «Innovative aspects to coneflower study». Ed. Pospelov S. Poltava: Dyvosvit, 2013:36–45.



Yin R, Francis F, Bragard C, Liu Y, Chen J. Study on transmission efficiency of CMV transmitted by *Myzus persicae* from different places. In: Proceedings of 9th International Symposium on Aphids, Beijing, China. 2013:49–50.

**Диссертационные работы:**

Koreneva AA. Biological properties of medicinal plants viruses. PhD thesis, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2009: 22.

**Сборники:**

Dunich A, Mishchenko L. Heavy metals content in virus infected purple coneflower plants. Bull T Shevchenko Nat Univ Kyiv Ser Biol. 2013; 65(3):22–26.

Rose PI. Gelatin. In: Encyclopedia of polymer science and engineering Eds: Mark HF, Bikales NM, Overberger CG, Menges G, Kroschwitz JI New York: Wiley; 1987;7, 2nd ed. 488–513.

Shrago MI, Guchok MM, Kalugin YuV. Some principles of direct synthesis of cryoprotectants. In: Current Problems of Cryobiology. Eds. Pushkar NS and Belous AM. Kiev: Naukova Dumka, 1981:157–201.

**Патенти, заявки:**

A.s. 4411066/14 SSSR, MBI G 01 N 33/50. A method of determining bile acids in biological fluids. Veselskiy SP, Lyashchenko PS, Лукьяненко IA. (SSSR). – N 1624322; zayavl. 25.01.1988; opubl. 30.01.1991, Byul. N 4.

**Статті з електронних журналів:**

Author AA, Author BB, Author CC. Title of article. Title of Journal. 2005; 10 (2):49–53, available at: [www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/](http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/)

За наявності в статті DOI (Digital Object Identifier), яка є міжнародним ISO стандартом (<http://www.doi.org/>), в списку літератури бажано вказати її ідентифікатор, наприклад:

Author AA, Author BB, Author CC. Title of article. Title of Journal. 2005; 10 (2):49–53. Cited 2 times. doi: 10.1134/S1023193508080077

Датою надходження статті вважають день, коли до редколегії надійшов перший варіант тексту статті.

Після одержання коректури статті автор повинен виправити лише помилки і терміново відіслати статтю на адресу редколегії або повідомити про свої правки по телефону чи електронною поштою.

У разі затримки редакція, додержуючись графіка, залишає за собою право здати коректуру до друкарні (у виробництво) без авторських правок.

Підпис автора у кінці статті означає, що автор передає права на видання своєї статті редакції. Автор гарантує, що стаття оригінальна; ні стаття, ні рисунки до неї не були опубліковані в інших виданнях.



Увага: передрук, усі види копіювання та відтворення матеріалів,  
що надруковані у журналі «Мікробіологія і біотехнологія»,  
можливі лише за умови посилання на джерело інформації  
та з дозволу редакційної колегії.  
Усі права захищені згідно законодавства України.

*Верстка С. О. Остапенко*

Підписано до друку 20.12.2023 р. Формат 70x100/16.  
Ум.-друк. арк. 6,09. Наклад 20 пр.  
Зам. № 2725.

Видавець та виготовлювач  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011.  
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна  
Тел.: +38 (048) 723 28 39  
e-mail: druk@onu.edu.ua