CZU: 547.792:632.4 **https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_38**

ACTIVITATEA ANTIMICROBIANĂ A UNOR DERIVAȚI VINIL-TRIAZOLICI ASUPRA UNOR IZOLATE FUNGICE ȘI TULPINI BACTERIENE

Lucian LUPAȘCU,
Eugenia STÎNGACI,
Marina CEABANOVA (ZVEAGHINȚEVA),
Natalia SUCMAN,
Fliur MACAEV,
Galina LUPAȘCU,
Nicolae CRISTEA,

Universitatea de Stat din Moldova

Valerina SLĂNINĂ,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Importanța cercetărilor constă în aceea că pe fundalul condițiilor ambientale extremale crește diversitatea tulpinilor fungice și bacteriene fitopatogene sub diferite aspecte – morfologie, virulență, rezistență la diferiți factori, inclusiv la acțiunea preparatelor chimice, astfel solicitându-se tot mai mult elaborarea unor preparate eficiente contra acestor agenți fitopatogeni. Scopul cercetărilor a constat în stabilirea efectului antimicrobian al noilor derivați vinil-triazolici (DVT) către unele izolate de fung *Fusarium semitectum* și bacterii fitopatogene în condiții *in vitro.* Obiectivele au constat în cercetarea acțiunii noilor compuși asupra agenților fitopatogeni menționați, ceea ce a condus la identificarea DVT: EPS-860, EPS-165, EPS-297, cu activitate antimicrobiană complexă, oferindu-se astfel oportunități de utilizare a acestora în măsurile de protecție a plantelor împotriva fungului *F. semitectum* și a bacteriilor *Erwinia carotovora, Xanthomonas campestris.*

Cuvinte-cheie: *izolate, fungi, tulpini, bacterii, derivați, vinil-triazoli, activitate, inhibiție.*

ANTIMICROBIAL ACTIVTY OF SOME VINYL-TRIAZOLE DERIVATIVES ON SOME FUNGAL ISOLATES AND BACTERIAL STRAINS

The importance of the research lies in the fact that on the basis of extreme environmental conditions, the diversity of phytopathogenic fungal and bacterial strains increases in various aspects - morphology, virulence, resistance to various factors, including the action of chemical preparations, thus increasingly requiring the development of effective preparations against these phytopathogenic agents. The purpose of the research was to establish the antimicrobial effect of new vinyl-triazole derivatives (DVT) on some isolates of the *Fusarium semitectum* fungus and phytopathogenic bacteria under *in vitro* conditions. The objectives were to investigate the action of the new compounds on the mentioned phytopathogenic agents, which led to the identification of DVT: EPS-860, EPS-165, EPS-297, with complex antimicrobial activity, thus providing opportunities for their use in plant protection measures against the fungus *F. semitectum* and the bacteria *Erwinia carotovora, Xanthomonas campestris*.

Keywords*: isolates, fungi, strains, bacteria, derivatives, vinyl-triazoles, activity, inhibition.*

Introducere

Micozele și bacteriozele plantelor aduc grave prejudicii economice agriculturii și sănătății omului în întreaga lume prin diminuarea randamentului de productivitate, dar și prin compromiterea calității produselor agricole în urma poluării acestora cu toxine.

Dintre speciile patogene de *Fusarium* spp. frecvent întâlnite la plantele de porumb, grâu, soia, bumbac, arbori de banane etc. cu simptome de putregai de rădăcină se poate menționa *F. semitectum.*

Fungul are un efect foarte distructiv în cadrul germinării boabelor, creșterii și dezvoltării plantelor, conducând la pierderea viabilității acestora. Acest patogen există constant în sol și în condiții nefavorabile de mediu atacă masiv plantele slăbite, poluând boabele/semințele/fructele cu micotoxine și este deosebit de dăunătoare pentru organismul animal și uman [4, 10, 8, 11].

Fungul *F. semitectum* se caracterizează prin creștere rapidă pe mediu PDA. Miceliul coloniei este aerian, dens, de culori diferite – de la culoarea somonului până la cafeniu sau maro. Hifele sunt septate și hialine, microconidiile – rare sau absente, macroconidiile – cu 3-7 septuri. Clamidosporii sunt maronii, pot fi rari, solitari sau în lanțuri scurte [6].

Studiul a 10 izolate de *F. semitectum* prin metoda RAPD-PCR și aplicarea analizei clusteriene (metodă UPGMA) care a înregistrat coeficienți de similaritate genetică între izolate în limite largi, relevă existența diversității genetice semnificative în cadrul speciei *F. semitectum* [8].

Izolatele de *F. semitectum* extrase din fructe de banane s-au deosebit puternic pe baza capacității de producere a micotoxinelor fumonizină B1, deoxinivalenol și zearalenon în mediul nutritiv pe bază de orez. Este de menționat că primerii repetitivi trinucleotidici (PCR) nu au făcut distincție între producătorii și neproducătorii de micotoxine [1**],** ceea ce poate sugera ideea că deosebirile toxigene ale izolatelor sunt determinate epigenetic.

Bacteriozele – boli provocate de bacterii produc pierderi devastatoare la plante de importanță socio-economică practic în toate țările. Nu există tratamente pentru plantele infectate, iar acestea trebuie distruse prin ardere pentru a preveni răspândirea patogenilor.

Erwinia carotovora – bacterie gram-negativă produce putregaiul moale la diverse culturi (ardei, tomate, cartofi, varză). De obicei, din semințele infectate apar plante bolnave. Specia *E. carotovora* este un taxon complex format din tulpini cu o gamă largă de însușiri diferite – fenotipice, biochimice, genetice și apartenență de gazdă [5, 3].

Xanthomonas campestris – bacterie gram-negativă, este agentul cauzal al putregaiului negru la crucifere. La plantele bolnave, simptomele apar sub forma unor leziuni clorotice sau necrotice care ulterior duc la ofilire, oprirea creșterii și putrezirea tulpinii [9, 15, 14]. Specia conține mai mult de 140 de varietăți patogene care provoacă o diversitate de infecții [13].

Solicitarea tot mai mare din agricultură pentru preparate eficiente contra fitopatogenilor contribuie la intensificarea cercetărilor în scopul identificării noilor compuși cu activitate antimicrobiană. Actualitatea problemei mai este amplificată și de faptul că pe fundalul condițiilor ambientale extremale, crește diversitatea tulpinilor fungice sub diferite aspecte – morfologie, virulență, rezistență la diferiți factori, inclusiv la acțiunea preparatelor chimice.

Un număr impunător de compuși triazolici sunt folosiți frecvent pentru tratamentul diferitelor tipuri de boli umane datorită potențialului larg de activități biologice, inclusiv antifungică, anticancerigenă, antibacteriană și antivirală. Fenomenul se explică prin faptul că, compușii triazolici cu nuclee aromatice pentaatomice cu trei atomi de azot în inelul azolic aromatic cu cinci membri sunt capabili să se lege cu o varietate de enzime și receptori în sistemul biologic prin diverse interacțiuni non-covalente care îi conferă proprietăți biologice versatile [16].

Pe baza fungului *Aspergillus fumigatus* – agent patogen al bolilor de plante și alergiilor, toxicozelor la om și animale, s-a constatat că, unul din mecanismele de bază ale acțiunii triazolilor asupra fungului constă în inhibarea activității 4α-sterol-dimetilazei, ca rezultat diminuându-se conținutul sterolilor celulari. Acest fenomen, constatat și la alte specii fungice, provoacă acumularea sterolilor toxici intermediari care perturbează activitatea membranei celulare fungice [12].

În opinia noastră, deosebirile genetice la nivel molecular ale izolatelor *F. semitectum* și numărul impunător de variații patogene bacteriene la *E. carotovora, X. campestris* s-ar putea reflecta asupra multor însușiri biologice și adaptive, inclusiv, a sensibilității la substanțele cu activitate antimicrobiană.

Pornind de la cele menționate, scopul cercetărilor noastre a constat în stabilirea efectului antimicrobian al noilor derivați vinil triazolici asupra unor izolate de fungi și bacterii fitopatogene în condiții *in vitro*.

Materiale şi metode

În cercetări au fost utilizate 3 izolate de *F. semitectum* (*F.s.* 1; *F.s*. 2, *F.s.*3) extrase din partea bazală a tulpinii de grâu comun de toamnă cu semne de putregai de rădăcină (Fig.1).



F. semitectum 1 *F. semitectum* 2 *F. semitectum* 3

Fig. 1. Colonii ale izolatelor de *F. semitectum* pe mediu PDA (7 zile de cultivare)

Izolarea tulpinilor de *F. semitectum* s-a efectuat în condiţii aseptice pe mediu PDA (*Potatoes Dextrosis Agar*) [17]. Specia de fung a fost stabilită pe baza analizelor macro- şi microscopice [2]. Testarea activităţii antifungice a 4 derivaţi vinil-triazolici (DVT): **DVT1 (EPS-165)** (*Z*)-1-(2,4-diclorofenil)-5-metil-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-il)hex-1-en-3-ona)), **DVT2: (SIP-36)** (chitosan hidrolizat), **DVT3 (EPS-297)** ((*Z*)-1-(2,4-diclorfenil)-3-(2-hidroxifenil)-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-il)prop-2-en-1-ona), **DVT4 (EPS-860)** ((*Z*)-1,3-*bis*(2,4-diclorfenil)-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-il)prop-2-en-1-ona) s-a efectuat în concentraţiile 0,00125; 0,0025; 0,005; 0,01% prin suplimentarea în mediul nutritiv PDA (Fig. 2).

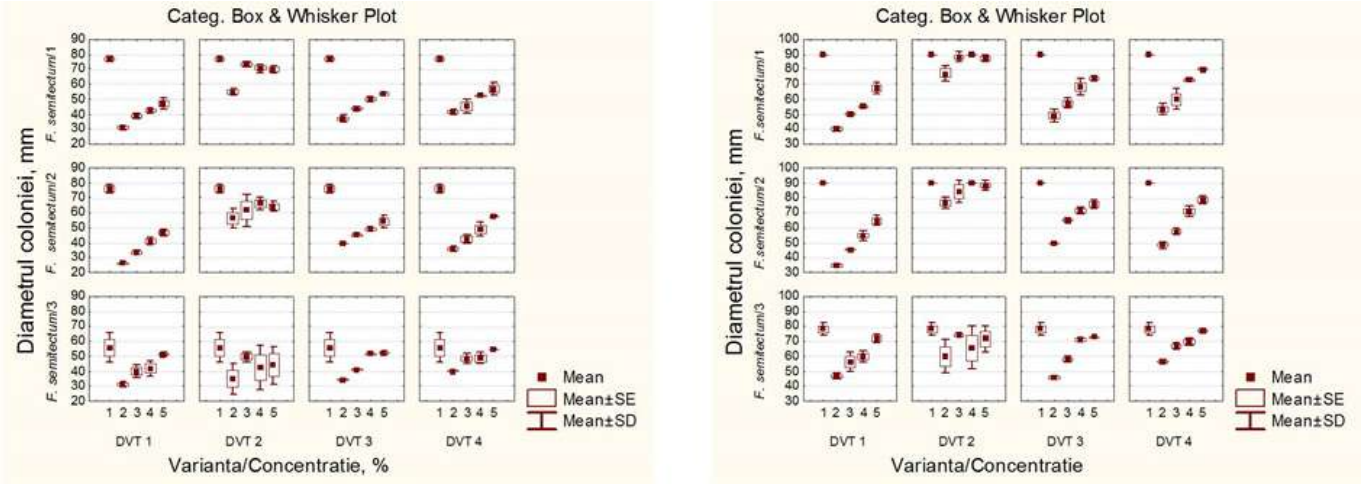
În legătură cu faptul că fungul *F. semitectum* are o creştere rapidă, măsurarea diametrului coloniilor a fost posibilă doar în zilele 3 şi 4 de creştere, timp în care izolatele *F.s.*1 şi *F.s*. 2, au acoperit suprafaţa maximă a mediului PDA în cutia Petri, cu diametrul de 90 mm. Cutiile cu fungii însămânţaţi au fost menţinute în termostat la temperatura de 24°C. Înregistrarea diametrului coloniilor s-a efectuat pe baza a 2 diametre perpendiculare, media cărora a servit ca indice biometric. Experienţa s-a efectuat în 3 repetiţii. Datele înregistrate au fost prelucrate statistic conform analizei varianţei şi analizei factoriale în pachetul de soft STATISTICA 7.

Tulpinile de bacterii *Erwinia carotovora, Xanthomonas campestris* (gram-negative), *Pseudomonas fluorescens* (gram-negativă) şi *Bacillus subtilis* (gram-pozitivă) au fost cultivate pe mediu agar-peptonat. Primele 2 specii de bacterii sunt fitopatogene, iar ultimele 2 au fost utilizate în cercetare în calitate de microorganisme bacteriene model.

Pentru stabilirea concentraţiilor minime bactericide a fost utilizată metoda diluţiilor succesive duble [7] în 3 repetiţii.

Rezultate şi discuţii

Analiza datelor obţinute a demonstrat că în prima zi de înregistrare a datelor (ziua 3 de creştere), în cazul izolatei *F.s*.1 în varianta martor media diametrului coloniilor a înregistrat 77,0±1,04 mm. S-a observat că capacitatea de creştere a coloniilor a sporit odată cu micşorarea concentraţiei compuşilor DVT. În variantele cu DVT1 (EPS-165) diametrul coloniilor a variat în limitele 30,83... 47,17 mm, DVT2: (SIP-36) – 55,0...73,17 mm; DVT3 (EPS-297) – 36,83...53,5 mm; DVT4 (EPS-860) – 41,67...56,83 mm. O tendinţă similară de inhibare mai puternică a creşterii fungilor la acţiunea concentraţiilor mari s-a observat şi în cazul altor două izolate – *F.s*.2, *F.s*.3. În ziua 4 de creştere s-a observat că la primii 2 fungi (*F.s*.1, *F.s.*2) în varianta martor, miceliul a acoperit toată suprafaţa, diametrul coloniilor înregistrând maximul posibil – 90 mm. În varianta DVT1 diametrul coloniilor a înregistrat: 40,0; 50,0; 55,2; 67,33 mm, respectiv concentraţiilor 0,01; 0,005; 0,0025; 0,00125%. Este de menţionat că o capacitate de inhibare mai puternică s-a observat pentru DVT1, dar mai slabă – DVT2 (Fig. 2).



Ziua 3 **Ziua 4**

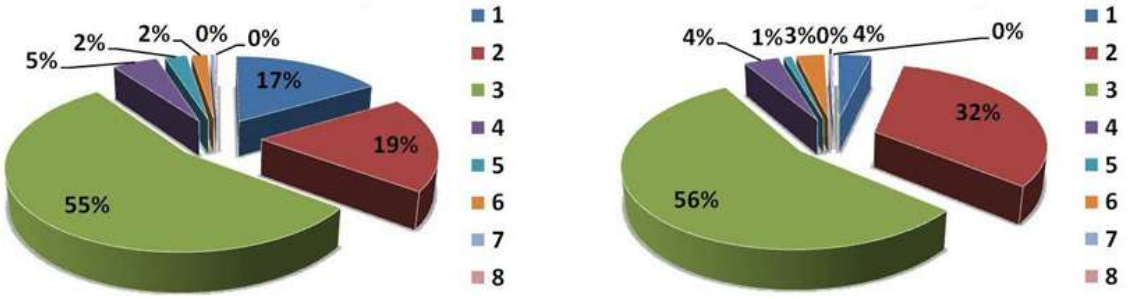
Fig. 2. Acțiunea derivaților vinil-triazolici asupra creșterii izolatelor de *F. semitectum*

Calculul procentual al diametrului coloniilor în prima zi de înregistrare, în raport cu martorul, a demonstrat că pentru izolatele *F.s.*1, indicele a variat în limitele 40,0...61,3%, 71,4...90,7%, 47,8.. 69,5%, 54,2...73,8%; izolata *F.s*. 2 – 34,6...61,6%, 74,1...84,5%, 52,6...71,3%, 47,4...75,7%; izolata *F.s*. 3 – 56,1...91,9%, 62,7...79,2%, 61,8...93,6%, 71,7...98,6%, respectiv, compușilor DVT1, DVT2, DVT3. DVT4.

În ziua a 2-a, s-au constatat următoarele valori pentru *F.s.* 1: 44,4..74,38%, 85,7...97,2%, 54,7... 82,4%, 59,2...88,6%; *F.s*. 2 – 38,6...72,0%, 85,2...98,1%, 55,6...84,2%; 54,1...87,0%; *F.s*. 3 – 59,8 ...92,0%, 76,9...91,6%, 58,8...92,9%, 72,4...98,6%, respectiv, compușilor. Este de menționat că pentru limitele indicate, valorile mici ale diametrului coloniei aparțin concentrației mari – 0,01% DVT, iar valorile mari – concentrației mici – 0,00125% DVT.

Cel mai inhibitor DVT pentru toate 3 izolate *F. semitectum* s-a dovedit a fi EPS-165. Este de menționat că la a 2-a măsurare, diferența dintre variantele cu DVT și martor ușor a scăzut, ceea ce denotă că patogenul se adaptează treptat la mediul toxic.

Analiza trifactorială a ponderii factorilor de *izolată, DVT, concentrație DVT* în variația diametrului coloniei, adică a capacității de creștere a fungilor a demonstrat că la prima înregistrare a datelor (ziua 3) factorii au înregistrat 16,46; 18,73; 54,92%, respectiv, izolatei, compusului, concentrației. Diferitele tipuri de interacțiuni, deși au avut suport statistic ($p<0,05$) au prezentat o pondere mult mai mică (0,46...5,0%). La ziua 2 de înregistrare a datelor, s-au constatat schimbări semnificative în ceea ce privește rolul factorului de izolată (3,68%) și de compus/structură (32,41%). Fenomenul denotă că în procesul de creștere, calitatea biochimică a substratului are o importanță tot mai mare în raport cu entitatea izolatei. Factorii de interacțiune au înregistrat un nivel comparabil cu cel din prima înregistrare (0,37...3,84%) (Fig. 3).



Ziua 3 **Ziua 4**

Fig. 3. Ponderea factorială a izolatei (1), compusului (2), concentrației DVT (3), interacțiunilor (4-7) și efectelor aleatorii (8) în sursa de variație a creșterii radiale a coloniilor de *F. semitectum în vitro*

1 – izolată, 2 – DVT, 3 – concentrație, 4 – interacțiune izolată – DVT, 5 – izolată – concentrație, 6 – DVT – concentrație, 7 – izolată – DVT – concentrație, 8 – efecte aleatorii.

Conform datelor din Tabelul 1, cele mai înalte proprietăți antibacteriene s-au înregistrat pentru compusul EPS-860, urmat în continuare de EPS-165 și EPS-297. Cea mai diminuată capacitate de inhibiție a manifestat SIP-36, dar suficientă pentru un efect bactericid complet (Tabelul 1).

Tabel 1. Activitatea antibacteriană a noilor derivați vinil-triazolici

Derivați vinil-triazolici	*P. fluorescens*	*B. subtilis*	*X. campestris*	*E. carotovora*
	Concentrația minimă bactericidă, %			
EPS-165	0,012	0,0015	0,0007	0,0015
SIP-36	0,12	0,03	0,007	0,015
EPS-297	0,009	0,009	0,018	0,018
EPS-860	0,012	0,0007	0,0007	0,0007

Concluzii

1. Derivații vinil-triazolici aflați în studiu – EPS 165, în concentrațiile 0,00125; 0,0025; 0,005; 0,01% și EPS-297, EPS-860 în concentrațiile 0,005; 0,01% în mediu nutritiv manifestă activitate antifungică pronunțată pentru izolatele de *F. semitectum*.
2. Analiza factorială a demonstrat că cea mai înaltă pondere în sursa de variație a diametrului coloniilor de *F. semitectum* aparține factorului de concentrație (55-56%), urmat de structura compusului (19-32%) și izolata fungului (4-17%). Aceasta relevă: i) oportunitatea de sinteză dirijată a noilor compuși cu efect fungicid pentru patogen; ii) diversitatea intraspecifică a fungului *F. semitectum* în ceea ce privește vulnerabilitatea izolatelor pentru derivații vinil-triazolici.
3. Studiul comparativ al activității DVT a demonstrat că cele mai înalte proprietăți antibacteriene a manifestat EPS-860, urmat de EPS-165 și EPS-297. Compusul SIP-36 a înregistrat efecte mai slabe, dar suficiente pentru un efect bactericid complet.
4. Activitatea antimicrobiană complexă a derivaților vinil-triazolici EPS-165, EPS-297, EPS-860 oferă oportunități de utilizare largă în măsurile de protecție a unor culturi agricole de micoze și bacterioze.

Bibliografie:

1. ALGHUTHAYMI, M. A., BAHKALI, A. H. Toxigenic profiles and trinucleotide repeat diversity of *Fusarium* species isolated from banana fruits. In: *Biotechnol Biotechnol Equip.*, 2015, 29(2), p. 324–330. doi: 10.1080/13102818.2014.995519
2. BARNETT, H. L., HUNTER, B. B. *Illusrated genera of imperfect fungi*. Am. Phytopathological Society. Fourth edition. APS Press, 1998. 218 p.
3. BENADA, M., BOUMAAZA, B., BOUDALIA, S. et al. Variability of Aggressiveness and Virulence of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovorum* Causing the Soft Rot on Potato Tubers in the Western of Algeria. In: *Int. J. Plant Biol.,* 2018*,* 9(1), 7568; https://doi.org/10.4081/pb.2018.7568.
4. COSTA, M.L.N., DHINGRA, O.D., DA SILVA, J.L. Influence of internal seedborne *Fusarium semitectum* on cotton seedlings. In: *Fitopatologia Brasileira*, 2005, 30, p. 183-186.
5. HADASA, R., KRITZMAN, G., GEFENA, T. et al. Detection, quantification and characterization of *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora* contaminating pepper seeds. In: *Plant Pathology*, 2001, 50, p. 117-123
6. https://drfungus.org/knowledge-base/fusarium-semitectum/ *Fusarium semitectum*
7. https://studfile.net/preview/6878370/page:38/
8. INGLE, A., RAI, M. Genetic diversity among Indian phytopathogenic isolates of *Fusarium semitectum* Berkeley and Ravenel. In: *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2011, 2, p. 142-148. doi: 10.4236/abb.2011.23023
9. JENSEN B.D., MASSOMO S., SWAI I.S. et al. Field evaluation for resistance to the black rot pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in cabbage (*Brassica oleracea*). In: *European Journal of Plant Pathology,* 2005, 113(3), p. 297-308. doi: 10.1007/s10658-005-2799-y
10. KNIGHT, C., CUTTS, D. F., COLHOUN, J. The role of *Fusarium semitectum* in causing crown rot of banana. In: *Journal Phytopathology*, 2008, 89, p. 170-176. doi:10.1111/j.1439-0434.1977.tb02853.x

11. LIU, BO, GIESLER LOREN, J., JACKSON-ZIEMS, TAMRA A. et al. Major Fusarium Diseases on Corn, Wheat, and Soybeans in Nebraska. In: *Papers in Plant Pathology,* 2012, 542, https://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/542
12. RYBAK, J. M., XIE, J., MARTIN-VICENTE, A. et al. A secondary mechanism of action for triazole antifungals in *Aspergillus fumigatus* mediated by hmg1. In: *Nat Commun*., 2024, 29, 15(1): 3642. doi: 10.1038/s41467-024-48029-2.
13. TANG, J., TANG, D.-J, DUBROW, Z. E. et al. An S. *Xanthomonas campestris* Pathovars. In: *Trends in Microbiology*, 2021, 29 (2), p. 182–183. doi:10.1016/j.tim.2020.06.003. ISSN 0966-842X
14. VEGA-ÁLVAREZ, C., FRANCISCO, M., CARTEA, M.E. et al. The growth-immunity tradeoff in Brassica oleracea – *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pathosystem. In: *Plant Cell Environ*., 2023, 46(10), p. 2985-2997. doi: 10.1111/pce.14454
15. VICENTE, J. G., HOLUB, E. B. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. In: *Mol Plant Pathol*., 2013, 14(1), p. 2-18. doi: 10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x. Epub 2012 Oct 11. PMID: 23051837; PMCID: PMC6638727.
16. ZHOU, C.-H., WANG, Y. Recent researches in triazole compounds as medicinal drugs. In: *Curr. Med. Chem.*, 2012, 19(2), 239-80, doi: 10.2174/092986712803414213
17. *Методы экспериментальной микологии*. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с. ISBN 978-5-458-27224-7.

N. B.: *Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramelor*: **-** *010601 ,,Studiul chimic al metaboliților secundari din sursele naturale locale și valorificarea potențialului lor aplicativ în baza lărgirii diversității moleculare cu funcționalitate multiplă";- 011102 ,,Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice", finanțate de Ministerul Educației și Cercetării.*

Date despre autori:
Lucian LUPAȘCU**,** dr., cercetător științific coordonator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0001-5006-5265
E-mail: lucian.lupascu@sti.usm.md

Eugenia STÎNGACI**,** dr., cercetător științific superior, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-0731-3424
E-mail: eugenia.stingaci@sti.usm.md

Marina CEABANOVA (ZVEAGHINȚEVA)**,** dr., cercetător științific superior,Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-1553-5246
E-mail: marina.zveaghinteva@sti.usm.md

Natalia SUCMAN, dr., cercetător științific coordonator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0001-8733-3040
E-mail: natalia.sucman@sti.usm.md

Fliur MACAEV**,** dr. hab., prof. cerc, m.c. al AȘM, șef de laborator, Institutul de Chimie, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0002-3094-1990
E-mail: fliur.macaev@sti.usm.md

Galina LUPAȘCU, dr. hab., prof. cerc., m.c. al AȘM, șef de laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-3363-3595
E-mail: galina.lupascu@sti.usm.md

Nicolae CRISTEA, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0009-0008-7259-3884.
E-mail: nicolae.cristea@sti.usm.md

Valerina SLĂNINĂ, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Universitatea Tehnică a Moldovei.
ORCID: 0000-0002-9833-7933
E-mail: valerina.slanina@imb.utm.md

Prezentat: 01.03.2026
Recenzat: 20.03.2026
Acceptat spre publicare: 20.05.2026