

NOI DERIVAȚI VINIL-TRIAZOLICI CU ACTIVITATE ANTIMICROBIANĂ ÎN CONDIȚII *IN VITRO*

CZU: 547.792:544.121.4'057

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.2-77.05>Membru corespondent al AȘM **Galina LUPAȘCU**¹

E-mail: galina.lupascu@sti.usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3363-3595>Cercetător științific **Nicolae CRISTEA**¹

E-mail: nicolae.cristea@sti.usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7259-3884>Doctor în științe medicale **Lucian LUPAȘCU**²

E-mail: lucianlupascu75@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5006-5265>Doctor în științe chimice **Eugenia STÎNGACI**²

E-mail: stingacieugenia@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0731-3424>Doctor habilitat în științe chimice **Marina CEABANOVA (ZVEAGHINȚEVA)**²

E-mail: marina.zveaghinteva@ichem.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-5246>Doctor în științe chimice **Serghei POGREBNOI**²

E-mail: richserg@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2827-505X>Membru corespondent al AȘM **Fliur MACAEV**²

E-mail: flmacaev@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3094-1990>¹Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM²Institutul de Chimie, USM

NEW VINYL-TRIAZOLE DERIVATIVES WITH ANTIMICROBIAL ACTIVITY UNDER THE *IN VITRO* CONDITIONS

Summary. The diseases of various plants, caused by fungi and bacteria, are bringing serious economic damage to many countries and health problems for all living organisms. The chemical plant protection measures are often ineffective due the pathogens' ability to easily adapt to pesticides, as well as to the reduction of their effectiveness under the influence of unfavorable conditions, especially drought. The study of antifungal (*Fusarium culmorum*) and antibacterial (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora*, *E. amylovora*, *Xanthomonas campestris*) activities of the new vinyl-triazole derivatives (VTDs) demonstrated their high effectiveness at relatively low concentrations (0.00125 ... 0.02%) against *F. culmorum* isolates, and 0.0025 ... 0.011% in the bacterial cases, which provides opportunities for the using of VTD in the plant protection strategies.

Keywords: antifungal activities, antibacterial activities, vinyl-triazole derivatives.

Rezumat. Bolile plantelor produse de fungi și bacterii aduc pagube economice semnificative multor țări și probleme de sănătate tuturor organismelor vii. Măsurile chimice de protecție a plantelor adesea sunt ineficiente din cauza adaptabilității ridicate a agenților patogeni la pesticide, dar și a diminuării eficienței măsurilor respective sub influența condițiilor nefavorabile, în special a secetei. Studiul activităților antifungice (*Fusarium culmorum*) și antibacteriene (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora*, *E. amylovora*, *Xanthomonas campestris*) ale unor noi derivați vinil-triazolici (DVT) a demonstrat un nivel ridicat al eficienței acestora în concentrații relativ mici (0,00125 ... 0,02%) pentru izolatele *F. culmorum*, și 0,0025 ... 0,011% în cazul bacteriilor, ceea ce oferă oportunități de utilizare a DVT în domeniul protecției plantelor.

Cuvinte-cheie: activități antifungice, antibacteriene, derivați vinil-triazolici.

INTRODUCERE

Bolile provocate culturilor agricole de fungi și bacterii au un impact devastator în întreaga lume, inclusiv în Republica Moldova. Volumul necesar mereu crescând al produselor de origine vegetală destinate populației este amenințat de cataclismele naturale din ultimii 10-15 ani, al căror efect distructiv diminuează vigoarea și imunitatea plantelor, predispunându-le atacului numeroșilor fitopatogeni.

În prezent, printre cele mai frecvente boli ale grâului comun (*Triticum aestivum* L.) sunt bolile de rădăcină și ale spicului. Putregaiul de rădăcină conduce la pierderea viabilității țesutului la stadiul prematur [1], afectarea capacității de suport al plantei, intensificarea fenomenului de păturire, perturbarea transportului de apă și de săruri minerale. Cele mai frecvente afecțiuni ale spicului de grâu constituie șiștăvirea și pierderea în greutate a bobului, putrezirea embrionului, poluarea cu micotoxinele fungilor colonizatori. Aceste boli sunt cauzate de diverși fungi, printre care se remarcă *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. [2; 3].

F. culmorum, un fung ubicuitar răspândit în sol, posedă o capacitate saprofită înaltă. Ca parazit facultativ, poate cauza putregaiul de rădăcină și fuzarioza spicului la diferite cereale, în special la grâu și orz. *F. culmorum* este, de asemenea, cunoscut ca un patogen post-recoltă, afectând preponderent grâul proaspăt recoltat, care nu a fost uscat sau stocat corespunzător [2]. Randamentul și calitatea boabelor scad considerabil atunci când *F. culmorum* afectează spicul în post-anteză și se răspândește până la recoltarea grâului, cauzând contaminarea acestuia cu micotoxine, cum ar fi tricotecinele B, zearalenonele și fuzarinele. Tricotecinele epoxidice sesquiterpenice sunt considerate cei mai activi compuși bioactivi sintetizați de *F. culmorum*, capabili să inhibe sinteza proteinelor eucariote și să provoace toxicoze la oameni și animale care consumă produse de panificație preparate din boabe infectate [4]. De asemenea, micotoxinele pot induce apoptoza [5] și juca un rol important în calitate de factori de virulență.

Utilizarea frecventă a fungicidelor împotriva *F. culmorum* și a altor fungi *Fusarium* spp. este nocivă pentru oameni, animale și mediul ambiant [6]. Printre compușii cu activitate biologică antifungică pentru combaterea *F. culmorum*, identificați relativ recent, pot fi menționați steviozida, o glicozidă extrasă din *Stevia rebaudiana*, eficientă atât separat, cât și în amestec cu polifenolii extrași din *Silybum marianum* [7].

Diverse specii de bacterii gram-negative provoacă boli severe la culturile agricole din întreaga lume. *Erwinia amylovora* este agentul cauzal al focului bact-

erian, o boală gravă a plantelor care afectează o gamă largă de specii-gază din Rosaceae, fiind o amenințare globală majoră pentru producția comercială de mere și pere. Dintre puținele opțiuni de control disponibile în prezent, aplicarea profilactică a antibioticelor în perioada de înflorire pare cea mai eficientă [8]. *Erwinia carotovora* provoacă putregaiul umed la diverși bulbi, în special la cartofi, atât în câmp, cât și în depozite, ceea ce conduce la dezvoltarea slabă a tulpinilor și, implicit, la pierderi de recoltă [9]. *Xanthomonas campestris* este un agent cauzal al putregaiului negru la un număr mare de crucifere, inclusiv la unele specii de importanță economică majoră [10]. Datorită varietății genetice largi, bacteria valorifică noi și noi plante-gază. De exemplu, rapița de iarnă a fost descrisă recent ca nouă gazdă [11].

Pe lângă efectele toxicologice, pesticidele utilizate în combaterea fungilor și bacteriilor au și alte proprietăți care le compromit eficiența și perspectiva de utilizare în practică – adaptabilitatea destul de rapidă a microorganismelor la pesticide, ceea ce conduce la apariția noilor virulențe rezistente, dar și la diminuarea efectelor în condiții de secetă. În legătură cu aceste fenomene, cercetările în domeniu sunt orientate spre identificarea unor noi compuși cu activitate antimicrobiană largă [6].

Dintre compușii heterociclici care conțin azot, prin calitate farmacologică prețioase se disting triazolii. Datorită caracteristicilor structurale, atât 1, 2, 3-triazolii, cât și 1, 2, 4-triazolii au capacitatea de a interacționa cu o gamă largă de substituenți (electrofilii și nucleofili) în jurul structurilor de bază și de a forma diverse molecule bioactive noi [12]. Compușii triazolici care conțin 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. Cercetările asupra derivaților pe bază de triazol în calitate de medicamente au fost un subiect extrem de activ și au condus la numeroase realizări importante. În mod remarcabil, un număr mare de compuși triazolici au fost folosiți frecvent pentru tratamentul diferitor tipuri de boli, demonstrând eficiența și potențial larg de activitate, inclusiv antifungice, anticancerigene, antibacteriene, antituberculoze, antivirale, antiinflamatorii și analgezice, anticonvulsivante, antiparazitare, antidiabetice, antihistaminice, antineuropatice, precum și alte activități biologice [13]. Sunt cunoscuți derivații 1, 2, 4-triazolului – vinil-triazolilcetonenele, produșii condensării aldolice a triazolilcetonelor cu aldehidele aromatice, care posedă o activitate fungicidă și de reglare a creșterii plantelor. Reacția de condensare aldolică are loc cu participarea derivaților

aldehidei salicilice în două direcții principale: prima – cu formarea izomerilor E/Z, a doua – cu formarea a 1-benzopiranului nesaturat cunoscut sub denumirea de cromen. Cu scopul extinderii substanțelor organice care pot fi utilizate în agricultură, pe baza unui derivat din clasa cromenolului s-a obținut o sare cuaternară conținând inelul triazolic [14; 15].

Activitatea derivaților vinil-triazolici împotriva fitopatogenilor este relativ puțin studiată, ceea ce le conferă un potențial ridicat de valorificare în protecția plantelor. În legătură cu cele menționate, scopul prezentelor cercetări a constat în evaluarea activității antimicrobiene a noilor derivați vinil-triazolici.

MATERIALE ȘI METODE

Extragerea izolatelor *F. culmorum* s-a efectuat în condiții aseptice pe mediu PDA (*Potatoes Dextrosus Agar*) [16], fiind identificate ulterior ca specie pe baza caracteristicilor macro- și microscopice conform determinantului micologic [17].

Activitatea antifungică a noilor derivați vinil-triazolici (DVT) (Z)-1-(2,4-diclorfenil)-5-metil-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)hex-1-en-3-onă (EPS-165), (Z)-1-(2,4-diclorfenil)-3-(2-hidroxifenil)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)prop-2-en-1-onă (MZ-155), bromură de 1-(2-tert-butil-2-hidroxi-7-fenil-2H-cromen-3-il)-4-(2-oxo-2-p-toliletil)-1H-1,2,4-triazol-4-iu (MZ 118) s-a stabilit prin suplimentarea mediului nutritiv PDA cu acești compuși în concentrațiile 0,00125; 0,0025; 0,005; 0,01; 0,02 %. Mediul PDA s-a aseptizat prin autoclavare la presiunea de 0,5 atm timp de 30 min., după care s-a turnat fierbinte în cutii Petri, câte 10 ml în fiecare. După solidificarea mediului, fungii au fost însămânțați, câte un disc de PDA cu miceliul fungului cu diametrul de 4 mm, în centrul cutiei Petri. Cutiile cu fungii însămânțați au fost menținute în termostat la temperatura de 24 °C. Înregistrarea diametrului coloniilor (câte 2 diametre perpendiculare, a căror medie a servit drept indice biometric) s-a efectuat în zilele a 3-a, a 4-a și a 7-a de la însămânțare. Experiența s-a efectuat în 4 repetiții.

Pentru evaluarea activității antibacteriene a fost utilizată metoda diluțiilor succesive duble care constă din următoarele etape: i) introducerea a câte 1 ml de bulion peptonat și a 1 ml de soluție de 0,3% de DVT în fiecare dintre 10 eprubete utilizate; ii) pipetarea amestecului și transferul succesiv în fiecare eprubetă a 1 ml de amestec pentru înjumătățirea treptată a concentrației de preparat (DVT) cu fiecare eprubetă; iii) prepararea suspensiei de culturi bacteriene timp de 24 de ore cu densitățile optice 2,0 și 7,0, respectiv (în conformitate cu indicele McFarland); iv) prepa-

rarea inoculului bacterian cu concentrația de 10^5 celule microbiene și introducerea a câte 0,1 ml de acest inocul în eprubetele cu preparatele titrate; v) plasaarea preparatelor titrate cu dozele de însămânțare ale microorganismelor în termostat la temperatura de 35 °C timp de 24 de ore; vi) aprecierea concentrației minime bactericide (CMB) pe baza concentrației care inhibă total creșterea coloniilor bacteriene pe mediu solid agarizat. Testarea s-a efectuat în 3 repetiții. Concentrația inițială a preparatelor a fost 0,3% (30 mg + 10 ml etanol 96%) [18]. Culturile bacteriene *Erwinia carotovora*, *E. amylovora*, *Pseudomonas campestris* au fost izolate și identificate în Laboratorul „Fitopatologie și Biotehnologie”, conducător dr. hab., prof. cerc. L. Voloșciuc, căruia îi aducem sincere mulțumiri.

Datele au fost prelucrate statistic prin analizele varianței factoriale în pachetul de soft STATISTICA 7.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Înregistrarea diametrului coloniilor de *F. culmorum* în dinamica creșterii a demonstrat inhibări semnificative ale fungilor în toate variantele (compus/concentrație) cu DVT. Aspectul coloniilor tulpinii *F. culmorum*-5 în ultima zi de înregistrare a datelor este prezentat în Figura 1.

***Fusarium culmorum*/5.** În intervalul de concentrații 0,00125... 0,02%, diametrul coloniilor a fost mai mic cu 27,4 ... 80,1%; 27,9 ... 91,3%; 20,0 ... 75,2%, respectiv, compușilor EPS-165, MZ-118, MZ-155 la ziua a 3-a de creștere. În intervalul menționat, în ziua a 5-a, diferența de martor a constituit: -19,6 ... -70,6%; -22,6 ... -91,5%; -13,5 ... -66,2%, iar în ziua a 7-a: -16,6 ... -66,4%; -16,0 ... -89,6%; -8,4 ... -62,0%, respectiv, compușilor EPS-165, MZ-118, MZ-155.

***Fusarium culmorum*/19.** În ziua a 3-a, diferența de martor a diametrului coloniilor în variantele cu DVT a constituit: -12,9 ... -72,6%; -43,0 ... -86,5%; -26,3 ... -79,3%; ziua 5: +6,7 ... -51,9%; -13,7 ... -89,5%; +5,4 ... -75,8%; ziua 7: +22,2 ... -35,9%; -3,9 ... -92,2%; +23,8 ... -76,4%, respectiv, a compușilor EPS-165, MZ-118, MZ-155.

***Fusarium culmorum*/20.** În ziua a 3-a, diferența de martor a diametrului coloniilor în variantele cu DVT a constituit: -45,8 ... -75,6%; -40,8 ... -72,7%; -30,8 ... -85,4%; ziua a 5-a: -41,6 ... -80,8%; -35,4 ... -72,2%; -24,7 ... -85,3%; ziua a 7-a: -32,4 ... -74,6%; -24,4 ... -68,4%; -13,6 ... -80,4%, respectiv, a compușilor EPS-165, MZ-118, MZ-155.

Datele obținute denotă că DVT aflați în studiu manifestă un puternic impact antifungic, mai pronunțat în concentrații mari, de 0,01-0,02%, deși se înregistrează cu efecte semnificative și în concentrații mici, de 0,00125;

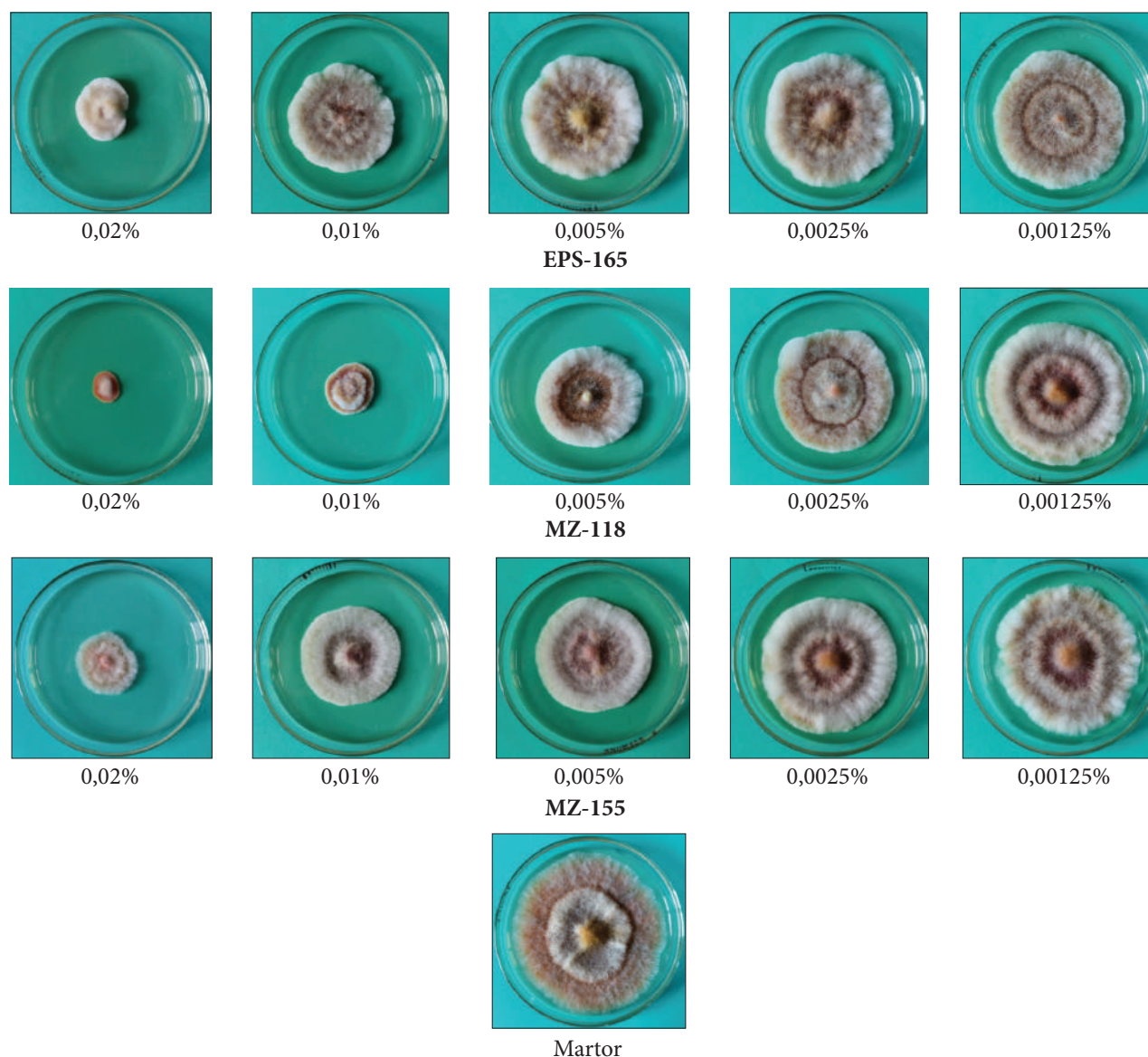


Figura 1. Aspectul coloniilor tulpinii *F. culmorum*-5 pe mediu PDA suplimentat cu derivați vinil-triazolici.

0,005%. Este de menționat că în concentrații mici, de 0,00125; 0,0025%, s-au constatat și efecte stimulative asupra creșterii fungilor. De exemplu, în cazul EPS 165, MZ-155: +3,2 ... +6,7% la *F. culmorum*/5, și chiar mai puternice: +11,8 ... +23,8% – la *F. culmorum*/19.

Datele despre media diametrului coloniilor de fungi pentru ultima zi de creștere indică diferențe semnificative ale caracterului între varianta-martor și toate variantele cu DVT (EPS-165, MZ-118, MZ-155) în cazul fungilor *F. culmorum*/5 și *F. culmorum*/20, iar pentru *F. culmorum*/19 – între martor și EPS-165 (0,02; 0,00125%), MZ-118 (0,02; 0,01%), MZ-155 (0,02; 0,01; 0,00125%) (Figura 2).

Prin analiză trifactorială a varianței în sistemul izolată *F. culmorum* – DVT – concentrație DVT s-a constatat că rolul decisiv în sursa de variație a creșterii radiale a celor 3 izolate a revenit factorului de concentrație.

Astfel, în zilele a 3-a, a 5-a, a 7-a, ponderea acestuia a constituit 50,2; 62,8; 64,4%, respectiv. Deși ponderea (%) factorului de izolată a avut un rol mai puțin contributiv (27,7 ... 38,9%) decât decisiv în efectul antifungic al DVT, nivelul destul de înalt al acestuia denotă rolul important al specificității de sensibilitate a izolatei de *F. culmorum* la compușii aflați în studiu (Tabelul 1).

Diferitele tipuri de interacțiuni ale componentelor fitopatosisistemului, deși au avut suport statistic, nu s-au remarcat prin rol important în răspunsul fungului la DVT.

Rezultatele testărilor antibacteriene ale DVT EPS-165, MZ-118 și MZ-155 asupra bacteriilor gram-negative *E. carotovora*, *E. amylovora*, *X. campestris*, *P. fluorescens* și bacteriei gram-pozitive – *B. subtilis* (obiect microbiologic model), în concentrația $4,8 \times 10^8$ UFC/ml, sunt prezentate în Tabelul 2.

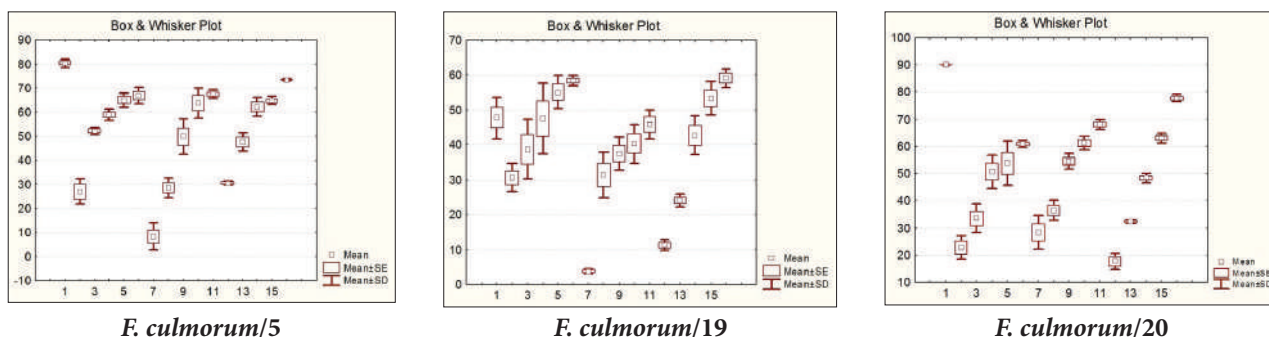


Figura 2. Influența derivaților vinil-triazolici asupra creșterii radiale a izolatelor *F. culmorum* (mm).

1 – martor; 2, 3, 4, 5, 6 – EPS-165: 0,02; 0,01; 0,005; 0,0025; 0,00125%%; 7, 8, 9, 10, 11 – MZ-118: 0,02; 0,01; 0,005; 0,0025; 0,00125%%; 12, 13, 14, 15, 16 – MZ-155: 0,02; 0,01; 0,005; 0,0025; 0,00125%%.

Tabelul 1

Ponderea factorială a compusului, a concentrației derivaților vinil-triazolici și a izolatei în capacitatea de creștere a ciupercii *F. culmorum*

Sursă de variație	Grad de libertate	Suma medie a pătratelor	F	p	Ponderea în sursa de variație a creșterii ciupercii, %
Ziua a 3-a					
Izolată	2	1968,08*	377,64	0,000	38,89
Compus (structură)	2	255,0*	48,93	0,000	5,04
Concentrație	4	2541,22*	487,61	0,000	50,21
<i>Izolată x compus</i>	4	142,56*	27,36	0,000	2,82
<i>Izolată x concentrație</i>	8	93,40*	17,92	0,000	1,85
<i>Compus x concentrație</i>	8	27,91*	5,36	0,000	0,55
<i>Izolată x compus x concentrație</i>	16	27,82*	5,34	0,000	0,55
Efecte aleatorii	135	5,21			0,10
Ziua a 5-a					
Izolată	2	3053,4*	289,91	0,000	26,97
Compus (structură)	2	502,1*	47,67	0,000	4,44
Concentrație	4	7111,3*	675,18	0,000	62,81
<i>Izolată x compus</i>	4	409,2*	38,85	0,000	3,61
<i>Izolată x concentrație</i>	8	104,5*	9,92	0,000	0,92
<i>Compus x concentrație</i>	8	67,1*	6,37	0,000	0,59
<i>Izolată x compus x concentrație</i>	16	64,2*	6,10	0,000	0,57
Efecte aleatorii	135	10,5			0,09
Ziua a 7-a					
Izolată	2	3696,6*	264,42	0,000	24,69
Compus (structură)	2	684,2*	48,94	0,000	4,57
Concentrație	4	9647,8*	690,11	0,000	64,44
<i>Izolată x compus</i>	4	635,4*	45,45	0,000	4,24
<i>Izolată x concentrație</i>	8	114,8*	8,21	0,000	0,77
<i>Compus x concentrație</i>	8	97,8*	7,00	0,000	0,65
<i>Izolată x compus x concentrație</i>	16	82,2*	5,88	0,000	0,55
Efecte aleatorii	135	14,0			0,09

*- p<0,05.

Întrucât alcoolul etilic, în care au fost dizolvați DVT, posedă el însuși activitate antibacteriană, s-a cercetat efectul concentrației de alcool pur asupra creșterii bacteriilor aflate în studiu. Din datele prezentate în Tabelul 3 rezultă că alcoolul etilic pur în concentrațiile 6 ... 48% are efect antibacterian puternic.

Prin urmare, activitatea DVT în concentrațiile 0,02; 0,04; 0,08, 0,15%, care se bazează pe concentrațiile de alcool 6 ... 48% (Tabelul 2) interferează cu efectul inhibitor al alcoolului, din care motiv, activitatea antibacteriană autentică a DVT poate fi identificată exact doar în intervalul 0,0006 – 0,01%.

Tabelul 2
Activitatea antibacteriană a derivaților vinil-triazolici

Bacterie	Diluții succesive duble – compus/alcool*, %									
	0,15/ 48*	0,08/ 24*	0,04/ 12*	0,02/ 6*	0,01/ 3*	0,005/ 1,5*	0,0025/ 0,75*	0,0012/ 0,38*	0,0006/ 0,19*	
EPS-165										
<i>B. subtilis</i> CNMN BB-01	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>P. fluorescens</i> CNMN-PFB-01	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>E. carotovora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>E. amylovora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>X. campestris</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
MZ-118										
<i>B. subtilis</i> CNMN BB-01	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>P. fluorescens</i> CNMN-PFB-01	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>E. carotovora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>E. amylovora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>X. campestris</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
MZ-155										
<i>B. subtilis</i> CNMN BB-01	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
<i>P. fluorescens</i> CNMN-PFB-01	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>E. carotovora</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
<i>E. amylovora</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
<i>X. campestris</i>	-	-	-	-	-	+	+	+	+	

Notă: „-” – lipsă de creștere a bacteriei (concentrație activă a preparatului); „+” – creșterea bacteriei (concentrație neactivă a preparatului).

Tabelul 3
Efectul diluțiilor alcoolului etilic (96%) asupra activității antibacteriene

Bacterie	Diluții succesive duble, %									
	48	24	12	6	3	1,5	0,7	0,35	0,17	
<i>B. subtilis</i> CNMN BB-01	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
<i>P. fluorescens</i> CNMN-PFB-01	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
<i>E. carotovora</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
<i>E. amylovora</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
<i>X. campestris</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	+	

Notă: „-” – lipsă de creștere a bacteriei (concentrație activă a preparatului); „+” – creșterea bacteriei (concentrație neactivă a preparatului).

Concentrația 0,01% de DVT a manifestat o activitate inhibitoare pentru toate bacteriile luate în studiu. Reacția acestora la concentrația 0,005% a fost diferențiată, dar în majoritatea cazurilor (bacterie/DVT) – inhibitoare. Concentrațiile 0,0006-0,0012% n-au manifestat eficiență pentru anumite bacterii.

CONCLUZII

Derivații vinil-triazolici (DVT) EPS-165, MZ 118, MZ 155 în concentrațiile cuprinse între 0,00125 și 0,02% au un impact puternic antifungic pentru *F. culmorum*, manifestat prin inhibarea creșterii radiale a fungului în condiții *in vitro*.

Analiza trifactorială a influenței relațiilor izolată – *F. culmorum* – DVT – concentrație asupra capacității fungitoxice a demonstrat rolul predominant al concentrației (50,2 ... 64,4%), urmat de factorul de izolată (24,7 ... 38,9%).

Rolul semnificativ al izolatei fungului *F. culmorum* în reacția la DVT indică polimorfismul speciei în ceea ce privește sensibilitatea la acești compuși. Fenomenul confirmă necesitatea luării în considerare a rezistenței izolatelor patogenului DVT la elaborarea strategiei de implementare a DVT în măsurile de protecție a plantelor.

Studiul activității antibacteriene (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora*, *E. amylovora*, *Xanthomonas campestris*) a DVT a demonstrat că minima concentrație bactericidă (CMB, %) pentru toate tulpinile luate în studiu este 0,01%. Reacția acestora la concentrația 0,005% a fost diferențiată, dar în majoritatea cazurilor – inhibitoare. Concentrațiile 0,0006-0,0012% au manifestat eficiență diferențiată pentru bacteriile luate în studiu.

BIBLIOGRAFIE

1. Pariyar, S.R.; Erginbas-Orakci, G.; Dadshani, S. et al. Dissecting the Genetic Complexity of Fusarium Crown Rot Resistance in Wheat. In: Sci Rep, 2020, 10, 3200, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60190-4>
2. Scherm, B.; Balmas, V.; Spanu, F. et al. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. In: Molecular plant pathology, 2013, 14(4), 323-341, doi: 10.1111/mpp.12011 2012.
3. Alananbeh, K.M.; Al-Abdallat, A.; Al-Hiary, H. First Report of *Fusarium culmorum* Causing Crown Rot on Wheat in Jordan. In: Plant Dis., 2024, 108: 799, <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-23-1714-PDN>
4. Sudakin, D.L. Trichothecenes in the environment: relevance to human health. In: Toxicol. Lett., 2003, 143, 97-107.
5. Desmond, O.J.; Manners, J.M.; Stephens, A.E., et al. The Fusarium mycotoxin deoxynivalenol elicits hydrogen

peroxide production, programmed cell death and defence responses in wheat. In: Mol. Plant Pathol., 2008, 9, 435-445.

6. Harba, M.; Jawhar, M.; Arabi, M.I.E. *In Vitro* Antagonistic Activity of Diverse *Bacillus* Species Against *Fusarium culmorum* and *F. solani* Pathogens. In: Agriculture Journal, 2020, 22, doi: 10.2174/1874331502014010157

7. Buzón-Durán, L.; Martín-Gil, J.; Ramos-Sánchez, M. del C., et al. Antifungal Activity against *Fusarium culmorum* of Stevioside, *Silybum marianum* Seed Extracts, and Their Conjugate Complexes. In: Antibiotics (Basel), 2020, 9(8): 440, doi: 10.3390/antibiotics9080440

8. Piqué, N.; Miñana-Galbis, D.; Merino, S., et al. Virulence Factors of *Erwinia amylovora*: A Review. In: Int. J. Mol. Sci., 2015, 16(6), 12836-12854, doi: 10.3390/ijms160612836

9. 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>

10. Vega-Álvarez, C.; Francisco, M.; Carrea, M.E., et al. The growth-immunity tradeoff in Brassica oleracea-*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pathosystem. In: Plant Cell Environ., 2023, 46(10): 2985-2997, doi: 10.1111/pce.14454

11. Jelušić, A.; Berić, T.; Mitrović, P., et al. New insights into the genetic diversity of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* isolates from winter oilseed rape in Serbia. In: Plant Pathology, 2021, 70: 35-49, doi: 10.1111/ppa.13273

12. Matin, M.M.; Matin, P.; Rahman, M.R., et al. Triazoles and Their Derivatives: Chemistry, Synthesis, and Therapeutic Applications. In: Front Mol Biosci., 2022, Vol. 9, doi: 10.3389/fmolb.2022.864286

13. 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

14. Yuji, F.; Hirofumi C.; Shigeo Y., et al. Geometrical isomer of 1-substituted-1-Triazolystyrenes. US4749716.

15. Regel, E.; Buechel, K.H.; Luerssen, K., et al. Triazolipropenol derivatives, a process for their preparation and their use as plant growth regulators and fungicides. CA1168248.

16. Metody eksperimental'noy mikologii. Kiev: Naukova dumka, 1982. 550 s.

17. Barnett, H.L.; Hunter, B.B. Illustrated genera of imperfect fungi. Am. Phytopathological Society. Fourth edition. APS Press, 1998. 218 p.

18. www.umft.ro/wp-content/uploads/2021/10/Microbiologie-generală (consultat: 08.09.2024).

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