

INFLUENȚA INTERACȚIUNILOR GRÂU COMUN - *FUSARIUM SOLANI* ASUPRA VARIABILITĂȚII ȘI HERITABILITĂȚII CARACTERELOR DE CREȘTERE

<https://doi.org/10.52673/18570461.24.4-75.02>

CZU: 581.2:633.11:575.113

Membru corespondent al AȘM **Galina LUPAȘCU**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3363-3595>

Cercetător științific **Nicolae CRISTEA**

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

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7259-3884>

Cercetător științific **Svetlana GAVZER**

E-mail: svetlana.gavzer@sti.usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9435-1159>

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM

INFLUENCE OF INTERACTIONS COMMON WHEAT - *FUSARIUM SOLANI* ON THE VARIABILITY AND HERITABILITY OF GROWTH TRAITS

Summary. Specific reactions of the common wheat seedling to the fungus *Fusarium solani* were found according to the genotype, growth organ, isolate. In the reaction of the growth organs to *F. solani* isolates, the share of the isolate factor amounted to 50...62%, genotype – 17...27%. *Genotype – isolate* interactions recorded 18-25% ($p < 0.5$). Relatively high values of the coefficient of heritability (h^2) and genetic progress (GAM, %) – 0.64 and 28%, respectively, were found for the length of the stem. The genotypes Amor, Centurion, Miranda, Moldova 55, Moldova 614 showed resistance to *F. solani* and offer opportunities for their involvement in the creation of new genotypes.

Keywords: wheat, *Fusarium solani*, variability, heritability, genetic advantage.

Rezumat. S-au constatat reacții specifice ale plantulei de grâu comun la fungul *Fusarium solani* în funcție de genotip, organul de creștere, izolată. În reacția organelor de creștere la izolatele *F. solani* ponderea factorului de izolată a constituit 50 ... 62%, de genotip – 17... 27%. Interacțiunile *genotip – izolată* au înregistrat 18-25% ($p < 0,5$). Valori relativ înalte ale coeficientului de heritabilitate (h^2) și progresului genetic (GAM, %) – 0,64 și 28% s-au constatat respectiv pentru lungimea tulpiniței. Genotipurile Amor, Centurion, Miranda, Moldova 55, Moldova 614 au manifestat rezistență la *F. solani* și oferă oportunități de implicare în crearea noilor genotipuri.

Cuvinte-cheie: grâu, *Fusarium solani*, variabilitate, heritabilitate, avantaj genetic.

INTRODUCERE

Putregaiul de rădăcină este o provocare majoră pentru cultivarea și obținerea unor producții înalte la multe culturi agricole, inclusiv la grâu [1]. În contextul schimbărilor climatice, se atestă pierderi semnificative de randament în multe regiuni de cultivare a grâului. Secetele severe determină intensificarea putregaiului de rădăcină în zonele actuale de cultivare a grâului și extinderea în altele [2; 3].

Boala este produsă de diverși patogeni din sol [3-5], formând complexe, ale căror specii, de obicei fungii și oomicetele, sunt predominante [1]. Fungii *Fusarium* se asociază cu putregaiul rădăcinii, bazei tulpinii, ofilirea plantelor și au un cerc larg de plan-

te-gazdă. Etapele timpurii de dezvoltare a grâului sunt deosebit de vulnerabile la acești patogeni. Cercetarea unui număr mare de izolate *Fusarium* în condițiile Croației, de exemplu, a demonstrat că aceste specii au gazde alternative, buruienile reprezentând un rezervor de patogeni genetic diverși [6]. Genul *Fusarium* include circa 300 de specii filogenetic distincte, care aparțin unui număr de 22 de complexe de specii, majoritatea dintre ele fiind patogeni din sol [7]. Formarea complexelor de *Fusarium spp.* care provoacă putregaiul de rădăcină este puternic influențată de condițiile climatice pe parcursul vegetației [5].

S-a constatat că *F. solani*, alături de alți fungi *Fusarium* izolați din plante de leguminoase, este destul de agresiv atât în raport cu leguminoasele, cât și cu cul-

turile cerealiere, ceea ce în opinia autorilor [8] denotă că rotația culturilor *leguminoase-cerealiere* va duce la creșterea cantității de inocul în sol, dar nicidecum nu va prezenta o strategie de management eficient al protecției plantelor.

F. solani (Mart.) Appel & Wollenw (teleomorfa *Nectria haematococca*) este un fung filamentos cu importanță agricolă semnificativă, care are forme specializate (f. sp.) bazate pe specificitatea de gazdă. Acestea formează complexul de specii *F. solani* (FSSC – *Fusarium solani* species complex) asociat cu putregaiul de rădăcină și ofilirea vasculară la peste 100 de culturi [1]. Genomul unora dintre FSSC include cromozomi supranumerari dispensabili, care codifică factori de virulență specifici gazdei. Simptomele plantelor pe porțiunile de deasupra solului pot varia foarte mult în funcție de agentul patogen al FSSC, specific plantei-gazdă, iar boala se poate manifesta sub formă de ofilire, piticism, cloroză sau leziuni pe tulpină și/sau frunze [9].

Încorporarea rezistenței genetice în plantele de cultură este considerată cea mai eficientă și sustenabilă soluție de contracarare a putregaiului de rădăcină. Totodată, rezistența adesea este de natură cantitativă, adică variabilă și dependentă de condițiile de mediu. Unele studii genetice pentru diferite culturi au identificat loci ai caracterelor cantitative (QTL – *Quantitative Trait Loci*) asociați cu rezistența [1]. Studiul heritabilității, variabilității și progresului genetic este de o mare importanță pentru elucidarea rolului factorului de genotip în formarea fenotipului de rezistență și stabilirea șanselor de succes în utilizarea unui sau altui caracter la crearea noilor varietăți de plante [10]. În legătură cu cele menționate, scopul cercetărilor a constat în stabilirea particularităților de interacțiune grâu – *F. solani*, variabilitate și transmitere ereditară a caracterelor de creștere și dezvoltare a grâului comun la etape timpurii de dezvoltare.

MATERIALE ȘI METODE

În cercetare au fost implicate 10 genotipuri de grâu comun de toamnă cu indici înalți de productivitate și calitate a boabelor – soiurile Amor, Centurion, Miranda, Moldova 16 (M16), Moldova 55 (M55), Moldova 66 (M66), Moldova 614 (M614), liniile de perspectivă S/BT/S, M/Od.27/M79, M79/M/Od.27.

Izolatele de *F. solani* (3) au fost extrase din partea bazală a tulpinii de grâu cu semne de putregai de rădăcină (Figura 1) pe mediul nutritiv PDA (*Potatoe Dextrosus Agar*) [12]. Identificarea speciei patogenului s-a efectuat prin analize macro- și microscopice (Figura 1) potrivit determinantului micologic [11].

Filtratele de cultură (FC1, FC2, FC3) a 3 izolate *F. solani* au fost preparate prin: i) inocularea miceliului fungului în mediul nutritiv lichid Czapek-Dox care conține următorii componenți (g/l apă distilată): NaNO_3 – 3,0; K_2HPO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; KCl – 0,5; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01; zaharoză – 30,0 [12]; ii) menținerea timp de 21 de zile la temperatura de 23-24 °C.

Boabele de grâu au fost tratate timp de 18 ore cu FC, după care au fost clătite în apă distilată, plasate în cutii Petri pe hârtie de filtru umectată cu apă distilată și cultivate timp de 6 zile la temperatura de 18-19 °C. În calitate de indici ai reacției plantelor la tratarea cu FC au servit germinația (%), lungimea radiclei embrionare (mm), lungimea tulpiniței (mm), lungimea plantulei (cm), indicele de vigoare (germinația, % x lungimea plantulei, cm).

Particularitățile de interacțiune *plantă-patogen* s-au stabilit prin analiză factorială – o procedură multidimensională care evidențiază rolul factorilor independenți în variabilitatea factorului dependent [13].

Pentru cuantificarea variabilității, gradului de heritabilitate și avansului genetic au fost calculați: σ^2_g –

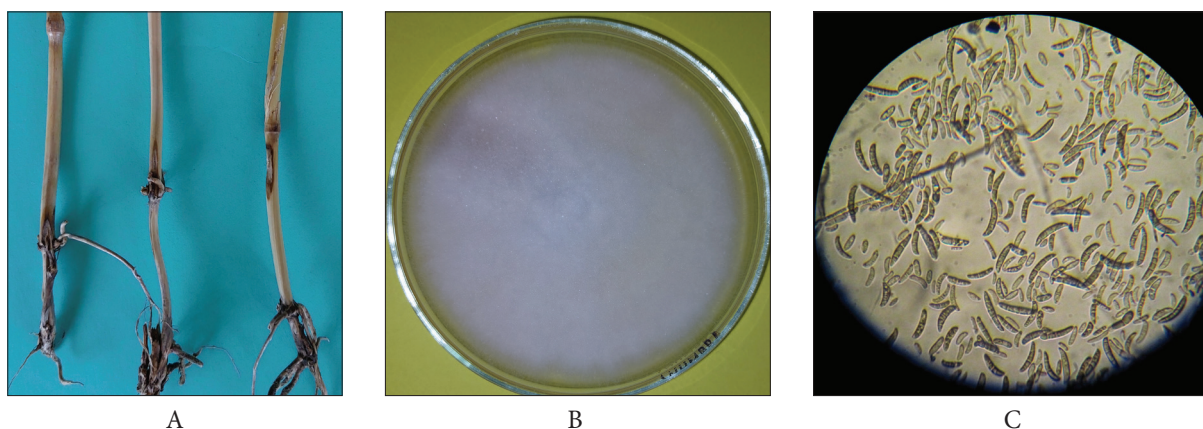


Figura 1. Aspecte ale simptomelor de putregai de rădăcină și ale agentului bolii: la grâu (A), colonie (B) și conidii de *F. solani* (C) (300x).

varianța genotipică (*genetic variance*); σ^2_{ph} – varianța fenotipică (*phenotypic variance*); coeficientul genotipic de variație (GCV, % – *genotypic coefficients of variation, %*), coeficientul fenotipic de variație (PCV, % – *phenotypic coefficients of variation, %*); heritabilitatea în sens larg (h^2 – *heritability in broad sense*) și avantajul genetic (GA, % – *genetic advance, %*) potrivit autorilor [10].

Datele au fost prelucrate statistic în pachetul de soft STATISTICA 7.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Conform rezultatelor, caracterele de creștere și dezvoltare au răspuns diferit la acțiunea tratării boabelor de grâu cu filtrate de cultură *F. solani* (Figura 2).

Germinație. Din 10 genotipuri de grâu aflate în studiu, la 5 s-au înregistrat diminuări ale capacității de germinare: S/BT/S (FC2 – 12,2%), M/Od.27/M79 (FC – 16,7%, FC2 – 14,4%), M16 (FC1 – 26,6%), M79/M/Od.27 (FC – 7,8%, FC2 – 12,2%), M614 (FC2 – 10%).

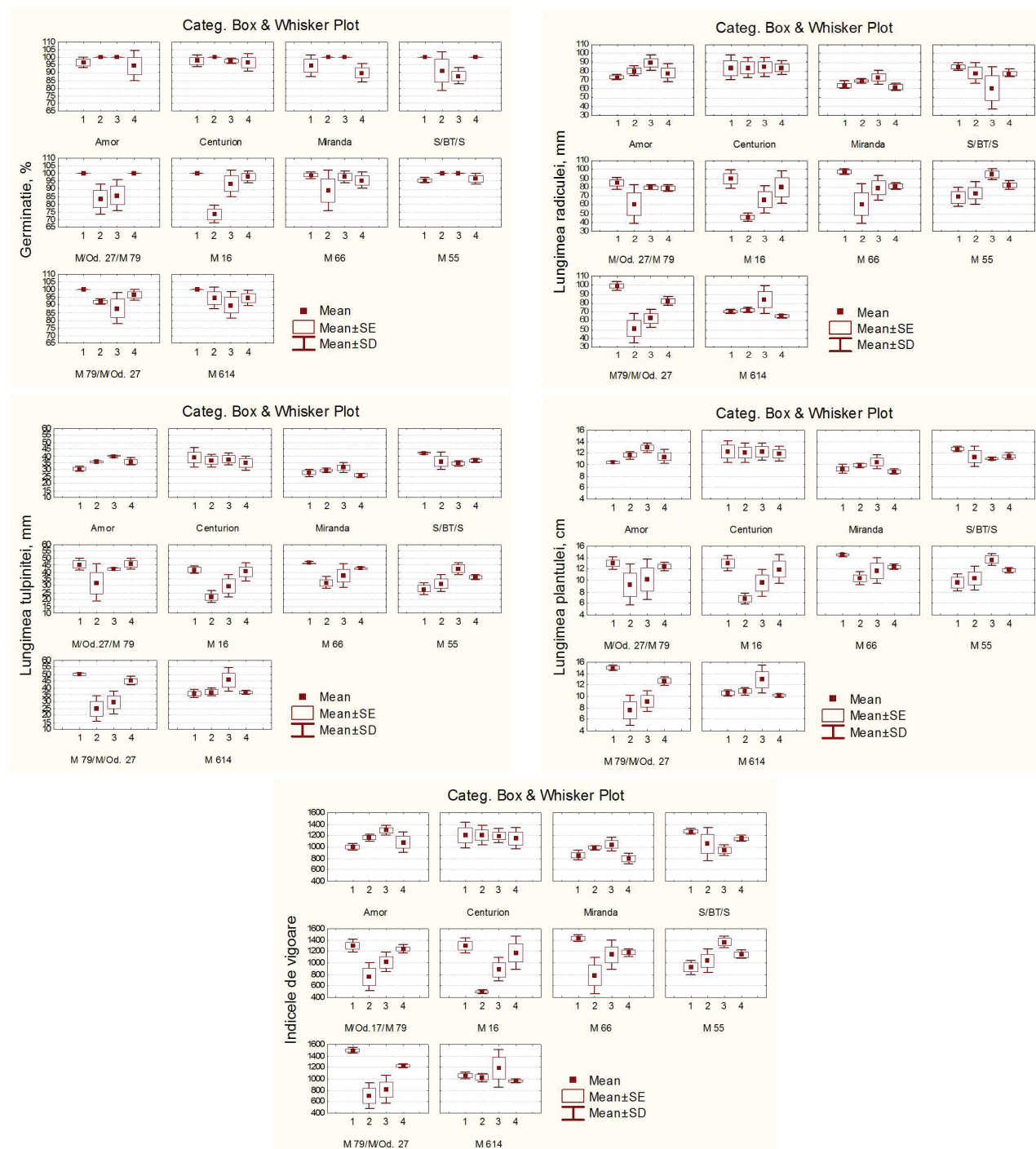


Figura 2. Influența filtratelor de cultură *F. solani* asupra caracterelor de creștere la plantulele de grâu comun.
Pe orizontală: 1 – martor; 2 – FC1; 3 – FC2; 4 – FC3.

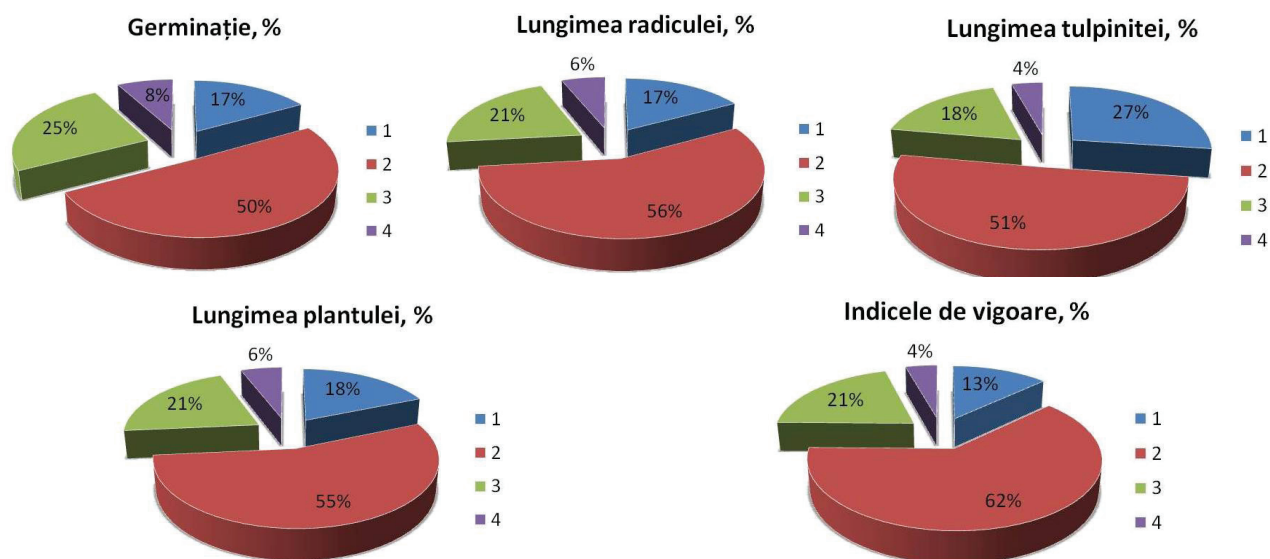


Figura 3. Ponderea factorială a componentelor fitopatosistemului grâu comun - *F. solani* în sursa de variație a caracterelor de creștere și dezvoltare a plantei.
1 – genotip; 2 – izolată; 3 – interacțiuni genotip-izolată; 4 – efecte aleatorii.

Radicula embrionară. Nu s-au înregistrat schimbări semnificative în raport cu varianta-martor la 4 genotipuri: Centurion, Miranda, S/BT/S, M/Od.27/M79. S-au constatat stimulări ale creșterii sub influența FC2 – cu 22,4% și 37,0% la soiul Amor și M55, respectiv. FC1 a inhibat creșterea radiclei embrionare cu 48,6% și 37,66% la M16 și M66, respectiv. Genotipul M79/M/Od.27 a manifestat sensibilitate la toate cele 3 FC *F. solani*, lungimea radiclei fiind cu 17,3-48,4% mai joasă decât în varianta martor.

Prin analiză factorială s-a demonstrat că în majoritatea cazurilor rolul factorului de izolată a fost decisiv în răspunsul plantelor de grâu la *F. solani*. Astfel, pentru germinație, lungimea radiclei, lungimea tulpiniței, lungimea plantei, indicele de vigoare, ponderea izolatei în sursa de variație a constituit 50; 56; 51; 55, 62%, respectiv (Figura 3).

O pondere semnificativă a manifestat și factorul de genotip al plantei: germinație – 17%, lungimea ra-

diclei – 17%, lungimea tulpiniței – 27%, lungimea plantulei – 18, indicele de vigoare – 18%.

Este destul de important și rolul interacțiunilor *genotip x izolată*, a căror pondere a variat în funcție de caracter în limitele a 18-25% ($p < 0,5$).

Calculul parametrilor variabilității și heritabilității a demonstrat că varianțele genotipică (σ^2_g) și fenotipică (σ^2_{ph}) au înregistrat o magnitudine largă a caracterelor cercetate: 1,7 ... 17377,67 și 3,99 ... 4306467, respectiv. Cele mai înalte valori s-au semnalat pentru indicele de vigoare, iar cele mai mici – pentru lungimea plantulei. Este de menționat că nivelul diferit al acestor parametri și raportul $\sigma^2_g / \sigma^2_{ph}$ au determinat obținerea unor valori ale coeficientului de heritabilitate (h^2) în limite la fel de largi: 0,27-0,64 (Tabel).

Coeficientul genotipic de variație (GCV, %) relevă existența unui control genetic scăzut pentru germinație (3,67%) și mediu – pentru celelalte caractere (18,0-19,7%). Cele mai mici valori ale coeficientului

Tabel

Heritabilitatea și variabilitatea caracterelor de creștere și dezvoltare a grâului comun de toamnă la interacțiunea cu *F. solani*

Parametru	Germinație	Lungimea radiclei	Lungimea tulpiniței	Lungimea plantulei	Indicele de vigoare
σ^2_G	12,0	68,07	44,0	1,7	17377,67
σ^2_{Ph}	44,0	182,67	68,3	3,99	43064,67
h^2	0,27	0,373	0,644	0,43	0,40
GCV, %	3,67	10,89	18,23	11,61	12,26
PCV, %	7,02	17,83	22,71	17,79	19,29
GAM, %	6,3	14,87	28,0	16,72	18,82

de heritabilitate (h^2) s-au înregistrat pentru germinație (0,27) și radiculă (0,37), ceea ce denotă dependența semnificativă a acestora de mediul biotic, adică de metabolismul fungului *F. solani*. Valori relativ înalte ale coeficientului h^2 (0,64) s-au stabilit pentru lungimea tulpiniței, ceea ce semnifică determinismul genetic mai pronunțat al acestui organ de creștere.

Este de menționat că avantajul genetic (GAM, %) a înregistrat valori mici (6,3%) pentru germinație, valori medii pentru radiculă, plantulă, indice de vigoare (14,87-18,82%), valori înalte pentru tulpiniță (28%).

Astfel, studiul acțiunii izolatelor fungului *F. solani* asupra creșterii plantulelor de grâu comun și aplicarea procedurilor de statistică multidimensională au permis identificarea rolului componentelor fitopatosistemului în formarea fenotipului de rezistență, particularităților de variabilitate și heritabilitate a caracterelor de creștere și dezvoltare.

CONCLUZII

1. Tratarea boabelor a 10 genotipuri de grâu comun de toamnă cu filtrate de cultură a 3 izolate *F. solani* a demonstrat manifestarea reacțiilor specifice ale plantulei (lipsă de reacție, inhibare, stimulare) în funcție de genotip, organ de creștere, izolata fungului.

2. Prin analiză factorială s-a constatat că în sursa de variație a organelor de creștere și dezvoltare a grâului comun la interacțiunea cu izolatele *F. solani* ponderea factorului de genotip a variat în limitele 17-27%, izolată – 50-62%, iar ponderea interacțiunii plantă-patogen: 18-25% ($p < 0,05$). Aceasta demonstrează rolul important al virulenței izolatelor fungului în formarea fenotipului de rezistență a caracterelor aflate în studiu (germinație, radiculă, tulpiniță, plantulă).

3. Cele mai mici valori ale coeficientului de heritabilitate (h^2) s-au înregistrat pentru germinație (0,27) și radiculă (0,37), ceea ce denotă dependența semnificativă a acestora de metabolismul fungului *F. solani*. Valorile relativ înalte ale coeficientului de heritabilitate (h^2) și progresului genetic (GAM, %) – 0,64 și 28%, respectiv, pentru lungimea tulpiniței demonstrează controlul genetic mai pronunțat și rolul decisiv al acțiunilor genice aditive în fenotipul de rezistență a caracterului.

4. Deosebiri ne semnificative între variantele „marmorat” și „filtrat de cultură *F. solani*” pentru caracterelor cu vulnerabilitate maximă (germinație, lungimea radiclei) a soiurilor de grâu denotă rezistența înaltă a genotipurilor Amor, Centurion, Miranda, Moldova 55, Moldova 614 la patogenul *F. solani* și oportunitățile de implicare a acestora în crearea noilor genotipuri.

BIBLIOGRAFIE

1. Williamson-Benavides, B.A., Dhingra, A. Understanding Root Rot Disease in Agricultural Crops. In: *Horticulturae*, 2021, 7(2), 33, doi.org/10.3390/horticulturae7020033
2. Winter, M., Samuels, P.L., Otto-Hanson L.K. et al. Biological Control of Fusarium Crown and Root Rot of Wheat by *Streptomyces* Isolates – It's Complicated. In: *Phytobiomes Journal*, 2019, 3, 52-60, doi.org/10.1094/PBIO-MES-11-18-0052-R
3. Moya-Elizondo, E. Fusarium crown rot disease: Biology, interactions, management and function as a possible sensor of global climate change. In: *Ciencia e Investigación Agraria*, 2013, 40(2), 235-252, doi: 10.4067/S0718-16202013000200001
4. Feng, R.H., Chang K.F., Hwanga S.F. et al. In: *Plant Pathology*, 2010, 59, 845-852, doi: 10.1111/j.1365-3059.2010.02313.x
5. Krupenko, N.A., Buga, S.F., Zhukovskiy, A.G. et al. Biodiversity of the Fusarium fungi causing root rot of winter cereals in Belarus. In: *Plant Protection News*, 2021, 104(2), 124-127, doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-2-14631.
6. Postic, J., Cosic, J., Vrandecic K. et al. Diversity of Fusarium Species Isolated from Weeds and Plant Debris in Croatia. In: *Journal of Phytopathology*, 2012, 160(2), 6-81, doi: 10.1111/j.1439-0434.2011.01863.x
7. Aoki, T., O'Donnell, K., Geiser, D.M. Systematics of key phytopathogenic Fusarium species: Current status and future challenges. In: *Journal of General Plant Pathology*, 2014, 80(3), 189-201, doi: 10.1007/s10327-014-0509-3
8. Moparthi, S., Burrows, M., Mgbechi-Ezeri, J. et al. Fusarium spp. Associated With Root Rot of Pulse Crops and Their Cross-Pathogenicity to Cereal Crops in Montana. In: *Plant Dis.*, 2021, 105(3), 548-557, doi: 10.1094/PDIS-04-20-0800-RE.
9. Coleman, J.J. The Fusarium solani species complex: Ubiquitous pathogens of agricultural importance. In: *Mol. Plant Pathol.* 2016, 17, 146-158.
10. Balkan, A. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in M2-4 generations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. In: *Turkish Journal of Field Crops*. 2018, 23, 173-179, doi: 10.17557/tjfc.485605
11. Barnett, H.L., Hunter, B.B. Illustrated genera of imperfect fungi. Am. Phytopathological Society. Fourth edition. 1998. APS Press. 218 p.
12. Metody eksperimental'noy mikologii. Kiev: Naukova dumka, 1982. 550 s.
13. Krnáčová, Z., Krnáč, Š., Barancoková, M. Analysis of Interrelations Structure in Agro-Systems Using the Factor Analysis Technique (FA). In: *Land* 2023, 12 (2), 272, https://doi.org/10.3390/land12020272 Academic Editor: David J. Abson.

NOTĂ. Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului 23.70105.5107.04 *Identificarea și valorificarea genitorilor valoroși de culturi agricole în crearea unei baze genetice autohtone de interes socio-economic (2024–2025)*, finanțat de ANCD.