

VARIABILITATEA ATACULUI BOLILOR FOLIARE LA FORME DE PERSPECTIVĂ DE GRÂU COMUN

Cristea Nicolae, <https://orcid.org/0009-0008-7259-3884>

Gavzer Svetlana, <https://orcid.org/0000-0001-9435-1159>

Lupașcu Galina, <https://orcid.org/0000-0003-3363-3595>

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM, Chișinău, Republica Moldova

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

VARIABILITY OF LEAF DISEASE ATTACK IN COMMON WHEAT PERSPECTIVE FORMS

Summary. The aim of the present research was to establish the attack characteristics of foliar diseases (septoriosi, brown rust, yellow rust, powdery mildew) in 25 prospective genotypes of common winter wheat in years with different climatic conditions (2023, 2024). It was found: i) the strong dependence of the disease of wheat plants on climatic factors (the intensity of yellow rust in 2023 and of powdery mildew in 2024); ii) significant variability in susceptibility of wheat populations / genotypes. Common winter wheat populations/lines with reduced complex disease susceptibility have been identified, that can be implemented in breeding programs.

Keywords: wheat, genotype, *Alternaria alternata*, variability, heritability, resistance.

Introducere

Grâul comun de toamnă (*Triticum aestivum* L.) este o cultură cerealică importantă în alimentația umană, formată conform unor date cu circa 8500-9000 ani în urmă. Foarte curând, după domesticirea ei în Semiluna Fertilă, s-a răspândit rapid în noi habitate și clime, pentru a deveni un aliment de bază al umanității. Boabele sale nutritive contribuie cu o parte importantă din aportul caloric zilnic în multe țări ale lumii, de exemplu, 40% - 50% în Egipt și Turcia, 20% în Marea Britanie. De-a lungul evoluției, grâul a suportat multe schimbări de mediu, dar cu toate acestea încă nu este complet adaptat la schimbările climatice recente, motiv pentru care este necesară o mai bună utilizare a vastului bazin genetic al biodiversității grâului de care depinde securitatea noastră alimentară [9, 10]. Grâul este și o sursă importantă de proteine, fibre alimentare, vitamină B și alți componenți fitochimici din dieta umană. În anii 2020, 2021, producția mondială anuală de grâu a atins un record de ~770 mt [6], China și India fiind doi producători de top.

Cele mai frecvente boli foliare ale grâului sunt de origine fungică care depind în mare măsură de rezistența plantei gazdă la schimbările de mediu. Printre acestea pot fi menționate septorioza [1, 2, 8], rugina brună [11], rugina galbenă [3], făinarea [13]. Fiecare din aceste boli necesită niveluri ridicate de umiditate (ploi frecvente, rouă abundentă și prelungită, umiditate relativ înaltă). Cerințele față de temperatură și timpul de apariție variază pentru fiecare boală [4].

Septorioza frunzelor, cauzată de *Septoria tritici* Blotch se manifestă prin pete, inițial mici și galbene care ulterior devin maro-deschise sau roșcate. Frunzele grav afectate devin galbene, se ofilesc și mor prematur. Cele mai mari pierderi de producție sunt atunci când se infectează frunzele standard. Dacă acestea se usucă înainte de etapa lapte-ceară, boabele vor fi șiștăvite, cu greutate redusă. Agresivitatea septoriozei este mai puternică când predomină o perioadă prelungită de vreme răcoroasă, umedă la începutul și mijlocul primăverii, ceea ce conduce la reduceri semnificative de producție [2].

Rugina brună a frunzelor, agent cauzal *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, poate fi cea mai răspândită boală și amenințare constantă pentru grâul comun. Simptomele ruginii brune sunt pustulele mici, rotunde spre ovale, de culoare oranj-roșietic, împrăștiate în principal pe suprafața

superioară a frunzei sau pe teaca acesteia. Fiecare pustulă conține mii de urediospori roșu-oranj care sunt ușor împrăștiați de vânt spre alte frunze sau plante. Infecțiile provoacă reducerea numărului de boabe, dar și a greutateii lor. La soiurile susceptibile, pierderile pot fi severe dacă patogenul începe să se dezvolte devreme și continuă până la maturizarea culturii [14].

Rugina galbenă (liniară) cauzată de *P. striiformis* f. sp. *tritici* (Pst) este o boală serioasă a grâului, cea mai gravă amenințare biotică pentru producția durabilă de grâu. Epidemiile de rugină galbenă, o boală fungică transmisă prin aer, sunt frecvente în întreaga lume și adesea duc la pierderi serioase de producție datorită distrugerii funcției fotosintetice a frunzei la începutul antezei sau în stadiul incipient de umplere a boabelor, ceea ce duce la importante pierderi de biomasă și la scăderea ratei de umplere a boabelor [7]. Apare ca o masă de urediniospori galbeni până la oranj care erup din pustule aranjate în dungi luniare și înguste pe frunze (de obicei între nervuri), teaca frunzelor, glume la plantele sensibile. Soiurile de grâu rezistente, se caracterizează prin diferite tipuri de infecție – de la lipsă de simptome vizuale până la mici pete hipersensibile, la uredinie înconjurată de cloroză sau necroză cu producție limitată de urediniospori [3].

Făinarea, agent cauzal *Erysiphe graminis*, are o serie de forme specializate (f.sp.) care atacă doar anumite cereale. Formele specializate care atacă grâul nu pot infecta orzul, iar agentul patogen al orzului nu poate infecta grâul. Agentul patogen al grâului este *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*.

Ciuperca *Erysiphe* privează planta de grâu de nutrienți, reduce fotosinteza, intensifică respirația și transpirația ceea ce duce la pierdere de apă a gazdei. Pătrunde în celulele epidermice și reține nutrienții prin intermediul unor structuri specializate numite haustorii. Infecțiile cu făinare pot reduce vigoarea plantelor, provoca pătulirea plantei, reduce producția, dimensiunea și greutatea bobului. Mucegaiul prăfos este cel mai frecvent în zonele în care mișcarea aerului este redusă și se instalează condiții umede și răcoroase. De obicei, este prima boală majoră raportată după reluarea creșterii de primăvară. Daunele sunt cele mai severe dacă infecțiile apar în perioadele de creștere rapidă: formarea și alungirea tulpinii, dezvoltarea spicului. Rezistența plantei-gazdă este foarte importantă în controlul făinării la cereale [5, 11, 12].

Scopul prezentelor cercetări a constat în stabilirea particularităților de atac al bolilor foliare la genotipurile de perspectivă de grâu comun de toamnă în anii cu condiții climatice diferite (2023, 2024).

Materiale și metode

În calitate de material pentru studiu, au servit 25 populații hibride și linii de perspectivă de grâu comun de toamnă. Pe sectoarele experimentale ale Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM în anul 2023, s-au manifestat septorioza, rugina brună și rugina galbenă, iar în anul 2024 – septorioza, rugina brună și făinarea. Aprecierea gradului de atac al bolilor foliare menționate s-a efectuat în scara de 5 trepte (0, 1, 2, 3, 4). Este de menționat că anul 2023 s-a caracterizat prin iarnă blândă, primăvară rece și umedă, ceea ce a favorizat dezvoltarea ruginii galbene, iar a. 2024 – primăvară cu perioade mari de rouă îndelungată și nopți reci care au condus la dezvoltarea puternică a făinării. Menționăm că inițial simptomele de făinare s-au manifestat la etapa juvenilă a plantei, septorioză – în perioada preanteză, rugină brună – anteză, rugină galbenă – anteză-postanteză. Aprecierea gradului de atac s-a efectuat în prima decadă a lunii iunie în anii 2023-2024. Datele au fost prelucrate statistic conform analizei clusteriene centroide (metodă *k-medii*) în pachetul de soft STATISTICA 7, ca criterii/cazuri servind gradul de atac al bolilor menționate.

Rezultate și discuții

Pe baza analizei clusteriene care a înregistrat că varianța interclusteriană a fost mult mai înaltă ca cea intraclusteriană în cazul ruginii brune și ruginii galbene, putem concluziona că populațiile / genotipurile de grâu s-au clasificat reușit în clustere în anul 2023 pe baza acestor boli,

și nu s-au deosebit semnificativ în ceea ce privește septorioza care a fost cea mai puternică, dar totodată și mai uniformă (tab. 1, Fig. 1).

Tabelul 1

Analiza varianței bolilor fungice foliare la grâul comun de toamnă pe sectoarele de selectare și multiplicare, 2023

Boală foliară	Varianță interclusteriană (1)	df	Varianță intraclusteriană (2)	Raport 1/2	df	F	p
Rugină brună	3,75	3	1,05	3,57	2	25,01	0,00
Rugină galbenă	3,06	3	1,48	2,07	21	14,49	0,00
Septorioză	0,82	3	2,24	0,36	21	2,54	0,08

*-<0,05.

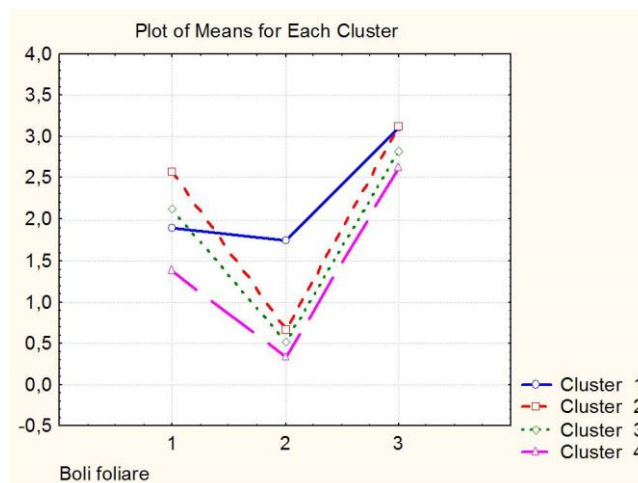


Figura 1. Capacitatea bolilor foliare de diferențiere a genotipurilor din sectorul de selecție și de multiplicare de grâu în clustere (grad), 2023

Boli foliare: 1 – rugină brună, 2 – rugină galbenă, 3 – septorioză

Conform mediilor gradului de atac în clustere, 4 populații/genotipuri care au format clusterul 4 – Bas./M x M/M3/5, F₄ M16 x Cuialnic, S.i.Basarabeanca, M16 x L Bas./M/6 au manifestat cea mai scăzută sensibilitate la bolile menționate (tab. 2).

Tabelul 2

Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de grâu comun în clase pe baza atacului de boli fungice foliare, 2023

Clus-ter	Boală foliară	x	σ	Num. genoti-purilor	Membrii clusterelor
1	Rugină brună, grad	1,90	0,14	2	9 – BC (L M/M3 x M16) x M16, 17 – M/M3 x Select/6
	Rugină galbenă, grad	1,75	0,35		
	Septorioză, grad	3,10	0,14		
2	Rugină brună, grad	2,57	0,32	7	5 – BC (Bas. x LM/M3) x Bas., 6 – BC (Bas.x M16) x M16, 7 – F ₅ M16 x L M/M3, 10 – BC (M16 x LM/M3) x LM/M3, 12 – BC (Cub.101/Bas. x M30) x L Cub.101, 21 – Bas. x M 30/13, 22 – Cub.101 x Bas/15.
	Rugină galbenă, grad	0,66	0,26		
	Septorioză, grad	3,13	0,26		
3	Rugină brună, grad	2,13	0,15	12	1 – F ₃ M16 x M11, 2 – F ₃ Bas./M x

	Rugină galbenă, grad	0,51	0,25		M/M3, 4 – L M/M3 x Bas., 8 – BC (LM/M3 x M16) x L M/M3, 11 – L Cub.101/Bas. x M30/6, 15 – Bas./L M/M3/6, 18 – L Bas./L 101 x M/M3 /7, 19 – Cub.101/Bas. x M66/7, 20 – L Selania/Accent/9, 23 – L 1/3 x M30/14, 24 – L Cub.101 x Bas., 25 – L Sel./BT.43-42/Sel.
	Septorioză, grad	2,83	0,32		
4	Rugină brună, grad	1,38	0,25	4	3 – F ₅ Bas./M x M/M3, 13 – F ₄ M16 x Cuialnic, 14 – S.i.Basarabeanca, 16 – F ₆ M16 x L Bas./M
	Rugină galbenă, grad	0,33	0,29		
	Septorioză, grad	2,63	0,48		

S-a constatat că în anul 2024, la repartiția populațiilor și genotipurilor de grâu în 4 clustere pe baza gradului de atac al bolilor foliare, varianța interclusteriană (1) a fost semnificativ mai înaltă ($p < 0,05$) decât cea intraclusteriană (2) pentru cele 3 boli aflate în studiu, ceea ce denotă o bună diferențiere clusteriană. Totodată, raportul $\frac{1}{2}$ relevă că cea mai înaltă capacitate de diferențiere în clustere a revenit ruginii brune, după care au urmat septorioza și făinarea (tab. 3, Fig. 2).

Tabelul 3

Analiza varianței bolilor fungice foliare la grâul comun în câmpurile de selectare și multiplicare, 2024

Boală foliară	Varianță interclusteriană (1)	df	Varianță intraclusteriană (2)	Raport 1/2	df	F	p
Septorioză	4,70	3	3,30	1,42	21	9,97	0,00
Rugină brună	8,61	3	1,55	5,56	21	38,88	0,00
Făinare	7,83	3	6,18	1,27	21	8,87	0,00

*- $<0,05$.

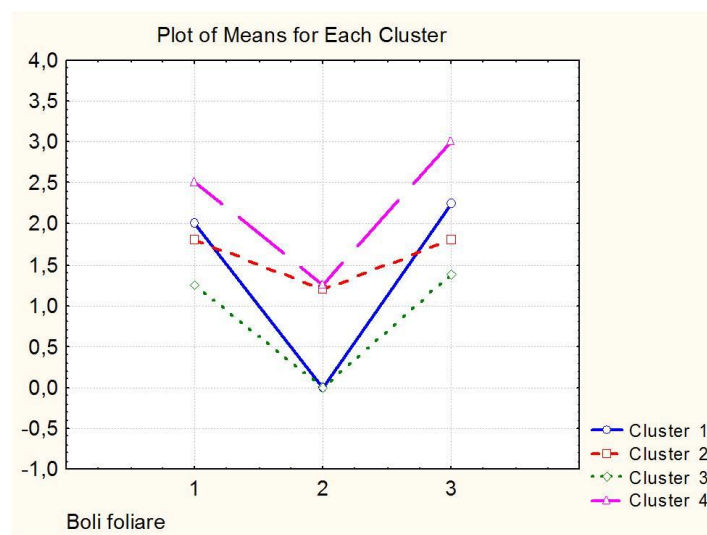


Figura 2. Capacitatea bolilor foliare de diferențiere a genotipurilor de grâu în clustere (grad), 2024. Boli foliare: 1 – septorioză, 2 – rugină brună, 3 – făinare

Conform datelor obținute (tab. 4), 8 populații și linii create prin selectări repetate din generații segregante, clasificate în clusterul 3 – F₄ M16 x M11, F₄ Bas./M x LM/M3, BC (Bas.x M16) x M16, BC (L M/M3 x M16) x LM/M3, BC (L Cub.101/Bas. x M30) x L Cub.101, L Cub.101/Bas. x

M66/8, L Cub.101/Bas./16, L Cub.101/Bas., au înregistrat cele mai joase medii de atac de septorioză, rugină brună, făinare – 1,25; 0,0; 1,38, respectiv.

Tabelul 4

Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de grâu comun în clase pe sectoarele de selectare, multiplicare pe baza atacului de boli fungice foliare, 2024

Clus-ter	Boală foliară	x	σ	Num. genoti-purilor	Membrii clusterelor
1	Septorioză, grad	2,00	0,00	8	4 – LM/M3 x Bas., 7 – LM16 x L M/M3/6, 11 – LCub.101/Bas/7. x M30, 13 – F ₅ M16 x Cuialnic, 16 – L M16 x L Bas./M30/7, 17 – L M/M3 x Select/7, 20 – L Select x Accent/10, 25 – Moldova 11.
	Rugină brună, grad	0,00	0,00		
	Făinare, grad	2,25	0,46		
2	Septorioză, grad	1,80	0,45	5	5 – BC (Bas. x LM/M3) x Bas., 9 – BC (Bas. x M16) x M16, 10 – BC (M16 x LM/M3) x LM/M3, 21 – L Bas. x M30/14, 23 – L1/3 x M30/15.
	Rugină brună, grad	1,20	0,45		
	Făinare, grad	1,80	0,45		
3	Septorioză, grad	1,25	0,46	8	1 – F ₄ M16 x M11, 2 – F ₄ Bas./M x LM/M3, 6 – BC (Bas.x M16) x M16, 8 – BC (L M/M3 x M16) x LM/M3, 12 – BC (L Cub.101/Bas. x M30) x L Cub.101, 19 – L Cub.101/Bas. x M66/8, 22 – L Cub.101/Bas./16, 24 – L Cub.101/Bas.
	Rugină brună, grad	0,00	0,00		
	Făinare, grad	1,38	0,74		
4	Septorioză, grad	2,50	0,58	4	3 – L Bas./Moldova x LM/M3, 14 – Basarabeanca, 15 – L Bas./L M/M3/7, 18 – L Bas./L101 x LM/M3/8
	Rugină brună, grad	1,25	0,56		
	Făinare, grad	3,00	0,00		

Concluzii

Analiza atacului formelor de perspectivă (populații, linii) de grâu comun de toamnă de boli foliare în condițiile R. Moldova a demonstrat: i) dependența puternică a îmbolnăvirii plantelor de grâu de factorii climatici (intensitatea ruginii galbene în a. 2023 și a făinării în a. 2024); ii) variabilitatea semnificativă a sensibilității populațiilor / genotipurilor de grâu; iii) capacitatea diferențiată a bolilor foliare de a influența organizarea clusteriană a formelor de grâu pe baza rezistenței complexe.

Au fost identificate populații / linii de grâu comun de toamnă cu sensibilitate complexă redusă la: i) *septorioză, rugină brună, rugină galbenă* – Bas./M x M/M3/5, F₄ M16 x Cuialnic, S.i.Basarabeanca, M16 x L Bas./M/6; ii) *septorioză, rugină brună, făinare* – F₄ M16 x M11, F₄ Bas./M x LM/M3, BC (Bas.x M16) x M16, BC (L M/M3 x M16) x LM/M3, BC (L Cub.101/Bas. x M30) x L Cub.101, L Cub.101/Bas. x M66/8, L Cub.101/Bas./16, L Cub.101/Bas., care pot fi implementate în programele de ameliorare în calitate de potențiale surse de rezistență.

Notă. Cercetările au fost realizate în cadrul subprogramului 011102 "Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice", finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al RM.

Referințe bibliografice

1. Aoun, M., Carver, B. Septoria Nodorum Blotch: A New Challenge to Wheat Production in Oklahoma. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/p/septoria-nodorum-blotch-a-new-challenge-to-wheat-production-in-oklahoma-pss-2125-a.pdf>
2. Binalf, L., Shifa, H. Septoria Tritici Blotch (*Septoria tritici*) of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.): Effect and Management Options – A Review. In: *Journal of Natural Sciences Research*, 2018, No 22, Vol.8. www.iiste.org ISSN 2224-3186 (Paper) ISSN 2225-0921 (Online)
3. Chen, W., Wellings, C., Chen, X. et al. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. In: *Mol Plant Pathol.*, 2014, 15(5), p. 433-46.
4. Controlul genetic al caracterelor de rezistență și productivitate la grâul comun / Coord. G. Lupașcu, Chișinău: Tipografia AȘM, 2015. – 176 p. ISBN 978-9975-62-385-8.
5. Cowger, C., Brown, J.K.M. *Blumeria graminis* (powdery mildew of grasses and cereals), In: *CABI Compendium*, 2019. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.22075>
6. FAO (2021) FAO cereal supply and demand brief. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/> (consultat: 04.02.2022)
7. He, C., Zhang, Y., Zhou, W. et al. Study on stripe rust (*Puccinia striiformis*) effect on grain filling and seed morphology building of special winter wheat germplasm Huixianhong. In: *PLoS One*, 2019 May 21; 14(5): e0215066. doi: 10.1371/journal.pone.0215066. PMID: 31112545; PMCID: PMC6528950.
8. Langlands-Perry, C., Cuenin, M., Bergez, C. Et al. Resistance of the Wheat Cultivar 'Renan' to Septoria Leaf Blotch Explained by a Combination of Strain Specific and Strain Non-Specific QTL Mapped on an Ultra-Dense Genetic Map. In: *Genes* (Basel), 2021, 13(1), p.100. doi: 10.3390/genes13010100.
9. Levy, A.A., Feldman M. Evolution and origin of bread wheat. In: *Plant Cell.*, 2022, 34(7), p. 2549–2567. <https://doi.org/10.1093/plcell/koac130>
10. Mosletha, E.F., Lillehammer, M., Pellnyb, T.K. et al. Genetic variation and heritability of grain protein deviation in European wheat genotypes. In: *Field Crops Research*, 255, 2020, 107896. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107896>
11. Peksa, K., Bankina, B. Characterization of *Puccinia recondita*, the causal agent of brown rust: A Review In: *Research for rural development*, 2019, Vol. 2, p.70-76. Doi: 10.22616/rrd.25.2019.051
12. Pietrusińska, A., Tratwal, A. Characteristics of powdery mildew and its importance for wheat grown in Poland. In: *Plant Protection Science*, 56, 2020 (3), p. 141–153. doi: 10.17221/99/2019-PPS
13. Sotiropoulos, A.G., Arango-Isaza, E., Ban, T. et al. Global genomic analyses of wheat powdery mildew reveal association of pathogen spread with historical human migration and trade. In: *Nat. Commun.*, 2022, 13(1), p. 4315. doi: 10.1038/s41467-022-31975-0
14. Telenko, D. The development of rust-resistant wheat varieties has substantially reduced the yearly losses to rust. In: *Foliar Diseases Of Wheat And Fusarium Head Blight* (Scab) Management, 2024 (5). <https://extension.entm.purdue.edu/newsletters/pestandcrop/article/foliar-diseases-of-wheat-and-fusarium-head-blight-scab-management-4/> (vizitat: 15.07.2024)