RĂSPUNSUL GRÂULUI COMUN LA ACȚIUNEA ASOCIATĂ A FACTORILOR DE STRES BIOTIC ȘI ABIOTIC

COMMON WHEAT RESPONSE TO ASSOCIATED ACTION OF BIOTIC AND ABIOTIC STRESS FACTORS

CZU: 633.11:632.3:632.111 **https://doi.org/10.59295/spd2024n.19**

Elena SAȘCO,
ORCID: 0009-0003-1014-4016
e-mail: elenasasco5@gmail.com
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova

Summary. *The Integral Plant Vigor Index recorded high specificity of Alternaria alternata, Drechslera sorokiniana and Fusarium solani isolates in phenotype formation, with both tolerance and susceptibility of the trait being attested. The highest Percentage Index reduction was recorded for the interactions of fungal isolates with M614. The M614 genotype showed a greater trait reduction in wheat response to the separately acting PEG 6000 treatment. The concomitant action of biotic and abiotic stress factors caused negative effects, namely additivity (increased susceptibility), but also positive effects (tolerance) for Plant Vigor Index. The combined action of the three A. alternata isolates with PEG 6000 produced the greatest reduction in the index, a phenomenon associated with the high aggressiveness of Alternaria spp. toxins under drought conditions. The action of D. sorokiniana and F. solani in coexistence with drought modulated the reduction or increase of the effect of the associated action of stress factors. F. solani isolates in coexistence with drought induced the positive tolerance effect of the index. The similar distribution (Ward`s method) of wheat genotypes in the PEG treatment separately, but also in the combined FC + PEG treatment confirms the importance of drought in modulating wheat x necrotrophic fungi interactions.*

Keywords: *Culture filtrate, necrotrophic fungi, PEG 6000, Plant Vigor Index, tolerance.*
Cuvinte-cheie: *Filtrat de cultură, fungi necrotrofi, PEG 6000, Indice de Vigoare a Plantelor, toleranță.*

INTRODUCERE

Triticum aestivum L. este cea mai importantă cultură de cereale din lume. Fiind cultivat pe o suprafață de 216 milioane de hectare, grâul prezintă o producție totală de 765 milioane de tone cu un randament mediu de 3,5 t/ha. Impactul schimbărilor climatice globale, însoțite de creșterea deficitului de resurse de apă presupun o pierdere considerabilă a randamentului, dar și o redistribuire pe scară largă a patogenilor asociați cu complexul de agenți în agroecosistemele cerealelor din întreaga lume. Crearea hărților de predicție pentru distribuția globală a *Fusarium* spp în diferite scenarii climatice preconizează o schimbare semnificativă a răspândirii acestora în Asia, Europa, Australia și SUA [1, 2, 3].

Agenții patogeni ai speciilor *Alternaria*, *Drechslera* şi *Fusarium* proveniți din sol sau aer, dar și din semințele contaminate înregistrează nocivitate sporită în agrocenoza culturi-

lor cerealiere. Frecvența crescută a secetei și modificarea regimului de precipitații asociate cu schimbările climatice globale conduc la prevalența unor agenți patogeni în zonele de cultivare a grâului [1, 4]. Activitatea patogenă și toxică de diferită intensitate a izolatelor de fungi contribuie la supraviețuirea și adaptabilitatea patogenilor în diferite condiții climatice [5]. Astfel, ciupercile filamentoase *Fusarium* spp. și *Alternaria* spp., agenți patogeni ai spicului de grâu au înregistrat diferențe în strategiile de răspândire și capacitatea de a coloniza diferite gazde în Europa Centrală. *Fusarium* spp. a atestat un comportament agresiv de colonizare a plantelor sănătoase în condiții de microclimat umed și rece, pe când *Alternaria* spp. a manifestat abundență în condiții de secetă și temperaturi ridicate la recoltarea întârziată a cerealelor [6]. Speciile de patogeni, recuperate în Câmpia Chinei de Nord au variat în funcție de variabilele climatice. Astfel, pentru frecvența de distribuție a speciilor *F. pseudograminearum* a fost elucidată o corelație negativă cu precipitațiile medii anuale, dar o corelație pozitivă în cazul speciei *F. asiaticum* [7]. *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. [Syn. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)] provoacă putregaiul rădăcinii, rozetei și tulpinii, brunificarea frunzelor, dar și embrionul negru (*black point*) la cereale, în mod deosebit la orz și grâul comun. Ciuperca are o distribuție la nivel mondial, dar este cea mai agresivă în condiții de umiditate relativă și temperatură ridicată, asociate cu fertilitatea scăzută a solului [8].

Extremele stresante abiotice precum seceta, temperatura, salinitatea și dezechilibrul nutritiv prezintă provocări majore pentru industria cerealelor, presiunile abiotice reprezentând aproape jumătate din toate pierderile de producție [9]. Strategiile noi de adaptare a grâului la extremele climatice vizează trăsături genetice integrale ca toleranța la temperaturi înalte, vigoarea timpurie a plantelor, anteza târzie, dar și suplimentarea îngrășămintelor cu azot pentru a maximiza câștigul genetic de randament [2]. Indicele de vigoare a plantelor poate fi utilizat cu succes în cuantificarea toleranței culturii la stres în stadiul incipient de creștere [3, 4, 8].

Schimbările climatice globale generează incidența frecventă a stresului asociat, în special, combinațiile de secetă și infecțiile cu agenți patogeni. Seceta asociată cu infecțiile patogenilor necrotrofi cauzează daune majore plantelor, ambii factori de stres perturbă aditiv rădăcina [10]. Schimbările climatice vor extinde gama de gazdă, pe când agenții patogeni prezintă șanse crescute de dezvoltare a tulpinilor virulente [11]. Răspunsul plantelor la diferitele combinații de stres este reglementat de activarea și coordonarea mecanismelor de protecție antioxidantă. Autorii sugerează necesitatea de a produce culturi cu toleranță sporită la combinațiile de stres [12].

Studiul prezent a fost realizat cu scopul de a stabili răspunsul potențialului genetic al grâului autohton la acțiunea asociată a factorilor de stres biotic și abiotic și evaluarea genotipurilor tolerante.

MATERIALE ȘI METODE

Au fost investigate genotipurile de grâu autohton: Moldova 614 (M614), Moldova 66 (M66), L Moldova 5/Mirgorodschi/Odeschi 162 (M5MO) și L Moldova 79/Moldova 5 (M79M5). În calitate de agenți ai stresului biotic a fost investigat filtratul de cultură

(*FC*) a câte 3 izolate ale fungilor *Alternaria alternata*, *Drechslera sorokiniana* şi *Fusarium solani.* Semințele aseptizate și tratate 18 ore cu FC au fost supuse la 2 tratamente: apă și soluție PEG 6000, 20%. Au fost investigați parametrii de germinare (*G*), lungimea rădăcinii și lungimea tulpinii (*LR* și *LT*). Indicele integral de vigoare a plantelor (*IVP*) a fost calculat din produsul: *Capacitatea de germinare* (%) x *lungimea plantei* (cm) / 100 [Raveena, Neelam, 2019, Kumar A. et al., 2022]. Indicele de toleranță a fost calculat în mod arbitrar ca procent de reducere a *IVP* în condiții de stres. Rezultatele au fost prelucrate conform testului ANOVA, pachetul de soft STATISTICA 7.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În variantele de acțiune separată a FC au fost evaluate efecte de majorare, dar și diminuare a indicilor *G*, *LR* și *LT*. Fenotipul *G* a manifestat doar toleranță în varianta *Tratament FC* pentru M66. În răspunsul la unele din FC *D. sorokiniana* și *F. solani* genotipurile M614, M79/MO și M5MO au atestat în raport cu varianta martor reducere a *G* (-20%...-11,8%), prezentând toleranță moderată. În răspunsul la FC a tuturor izolatelor de fungi la genotipul M614 a fost atestată diminuarea, pe când la M5MO doar stimularea *LR* și *LT*. În reacția la *Tratamentul PEG 6000* fenotipul *G* a manifestat reducere doar la M614 –-25,5%, fiind atestată succesibilitatea caracterului. Disecatul PEG a modulat răspunsul *LR* la cele 4 genotipuri în diapazonul de toleranță. Totodată, *LT* a manifestat toleranță doar la M614, dar susceptibilitate moderată la M66, M5MO și M79/MO. Administrarea tratamentului *FC+PEG* a provocat, cu mici excepții, doar efecte de diminuare a *G* la M614, dar și reducerea *L*R și *LT* la M66. La genotipurile M5MO și M79M5 capacitatea de germinare a atestat doar toleranță sau toleranță moderată. Totodată, indicii *L*R și *LT* au manifestat diminuare, stimulare sau creștere la același nivel cu *Tratamentul FC* (Fig. 1).

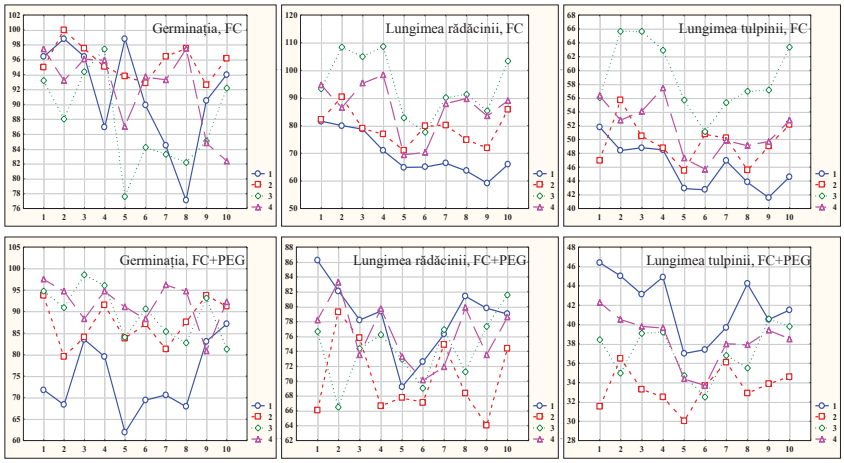


Fig. 1. Răspunsul unor caractere cantitative la acțiunea separată și asociată a factorilor de stres
Pe orizontală: 1–Martor; 2, 3, 4–FC *A. alternata,* 5, 6, 7–FC *D. sorokiniana*; 8, 9, 10–FC *F. solani*; Pe verticală, dreapta: 1-M614; 2-M66; 3-M5MO; 4-M79M5.

Indicele integral de vigoare a plantelor a înregistrat în varianta *Martor* o variabilitate în limitele 12,2…14,7. Tratamentul separat al FC a evidențiat o specificitate înaltă a izolatelor de fungi în formarea fenotipului *IVP* pentru *A. alternata*, *D. sorokiniana* și *F. solani,* fiind atestate toleranța, toleranța moderată dar și susceptibilitatea de diferită gradație. Pentru interacțiunile M614 cu FC *A. alternata*, *D. sorokiniana* și *F. solani* a fost înregistrat cel mai înalt procent de reducere a *IVP*. Indicele *IT* a fost încadrat în intervalul -4,8...-36,6%, susceptibilitatea moderată a *IVP* fiind manifestată în răspunsul M614 la acțiunea separată a FC *A. alternata*, izolata 3, dar și *F. solani*, izolata 1 (tab. 1).

Tabelul 1. Răspunsul *IVP* și *IT* la acțiunea separată a FC *A. alternata, D. sorokiniana* și *F. solani*

V-ta de tratament	M614		M66		M5/MO		M79/M5	
	IVP	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***
Martor	13,4±0,6	-	12,2±0,5	-	14,0±0,7	-	13,7±0,3	-
Alternaria alternata								
FC, iz.1	12,7±0,4	-4,8	14,6±0,3*	19,8	15,3±0,5*	9,5	13,0±0,6*	-11,5
FC, iz.2	12,3±0,3	-8,0	12,1±0,2	-0,9	16,2±0,7*	15,9	14,4±0,5	-2,1
FC, iz.3	10,3±0,4*	-32,6	12,0±0,5	-2,0	16,7±0,3*	19,6	14,9±0,3	1,4
Media	*11,8*	*-15,1*	*12,9*	*5,6*	*16,0*	*15,0*	*14,10*	*-4,1*
Dreschlera sorokiniana								
FC, iz.1	10,6±0,2*	-20,3	8,7±0,4*	-1,9	10,8±0,2*	-22,7	10,6±0,4*	-28,3
FC, iz.2	9,7±0,4*	-27,7	12,2±0,5	-28,9	10,8±0,7*	-22,2	10,9±0,3*	-26,1
FC, iz.3	9,6±0,3*	-28,1	12,6±0,4	3,4	12,2±0,5*	-12,8	12,8±0,2*	-13,2
Media	*10,0*	*-25,4*	*11,2*	*-9,1*	*11,3*	*-19,2*	*11,4*	*-22,5*
Fusarium solani								
FC, iz.1	8,5±0,2*	-36,6	11,7±0,5	-3,8	12,4±0,4*	-10,7	13,5±0,7*	-8,3
FC, iz.2	9,1±0,3*	-31,7	11,2±0,4*	-7,8	12,1±0,3*	-12,9	11,5±0,4*	-21,7
FC, iz.3	10,4±0,5*	-22,4	13,2±0,4*	8,6	15,4±0,4*	10,1	11,7±0,5*	-20,6
Media	*9,3*	*-30,2*	*12,0*	*-1,0*	*13,3*	*-8,8*	*12,2*	*-16,9*

* – deosebire autentică la nivelul $p<0,05$;

În răspunsul genotipurilor de grâu la acțiune separată *Tratament PEG 6000*, *IVP* a atestat doar diminuare. Astfel, *IT* încadrat în limitele -28,2…-20,2% a înregistrat susceptibilitatea fenotipului pentru genotipurile vizate. M614 a manifestat o reducere avansată a *IVP*.

Acțiunea concomitentă a stresului biotic și abiotic a provocat efecte negative, adică aditivitate (susceptibilitate majorată), dar și efecte pozitive (toleranță) asupra fenotipului *IVP*, în funcție de genotipul de grâu, dar și de factorii asociați. Acțiunea simultană a factorilor asociați cu FC *A. alternata* a provocat, cu unele abateri, majorarea procentului de

reducere *IVP* la cele 4 genotipuri. Astfel, răspunsul M5/MO la acțiunea asociată a celor 3 izolate *A. alternata* cu disecatul *PEG* a manifestat cea mai înaltă reducere *IVP*. Variabilitatea *IT* în limitele -30,7…-36,4% a atestat susceptibilitatea moderată a genotipului. Fenomenul poate fi asociat cu agresivitatea ridicată a toxinelor FC *Alternaria* spp. în condiții de secetă [6]. Acțiunea FC *D. sorokiniana* și FC *F. solani* în coexistență cu seceta a modulat răspunsul grâului în mod diferit, fiind atestată reducerea sau creșterea efectului acțiunii asociate a factorilor de stres. Conform viziunii unor cercetători, susceptibilitate crescută poate fi atribuită reducerii mecanismelor de protecție a plantei la acțiunea disecatului PEG, pe când, toleranța sporită este cauzată de metaboliții secundari produși de patogen, care facilitează interacțiunea [10, 11]. Astfel, la acțiunea metaboliților *F. solani* genotipul M614 a manifestat susceptibilitate pentru indicele *IVP*. Pe când, la acțiunea asociată a factorilor de stres a fost manifestată toleranța indicelui (tab.2).

Tabelul 2. Răspunsul *IVP* și *IT* la acțiunea simultană a FC *A. alternata, D. sorokiniana* și *F. solani* pe fondal PEG 6000 în concentrația de 20%

V-ta de tratament main. pdf	M614		M66		M5/MO		M79/M5	
	IVP	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***	***IVP***	***IT,%***
Martor	9,6±0,2	-28,2	9,1±0,3	-25,1	10,1±0,1	-21,7	10,7±0,2	-14,6
Alternaria alternata								
FC, iz.1	8,7±0,3*	-31,9	9,3±0,5	-36,3	9,7±0,5*	-36,4	11,7±0,2	-10,5
FC, iz.2	10,1±0,4	-17,9	9,3±0,4	-23,4	11,2±0,2	-30,7	10,1±0,4*	-30,2
FC, iz.3	9,9±0,4	10,2	9,1±0,3	-24,0	11,1±0,2	-33,6	11,3±0,3	-24,2
Media	*9,6*	*-13,2*	*9,2*	*-27,9*	*10,7*	*-33,6*	*11,0*	*-21,6*
Dreschlera sorokiniana								
FC, iz.1	6,6±0,3*	-38,2	8,2±0,3*	-5,3	9,1±0,1*	-15,8	9,8±0,2*	-7,2
FC, iz.2	7,6±0,3*	-20,9	8,7±0,2	-28,8	9,2±0,2*	-15,1	9,5±0,5*	-12,9
FC, iz.3	8,6±0,2*	-10,4	9,1±0,1	-27,6	9,7±0,2*	-20,3	10,6±0,4*	-17,1
Media	*7,6*	*-23,2*	*8,7*	*-20,6*	*9,3*	*-17,1*	*10,1*	*-12,4*
Fusarium solani								
FC, iz.1	8,5±0,2*	0,1	8,8±0,4	-24,6	8,8±0,3*	-29,2	10,8±0,2*	-19,7
FC, iz.2	10,0±0,4	9,8	9,2±0,4	-18,5	11,0±0,2	-9,5	9,4±0,2*	-18,2
FC, iz.3	10,5±0,4*	1,0	9,6±0,6	-17,5	9,9±0,2*	-35,7	10,8±0,2*	-7,5
Media	*9,8*	*3,6*	*9,2*	*-20,2*	*9,9*	*-24,8*	*10,3*	*-15,1*

* – deosebire autentică la nivelul $p<0,05$;

Prin analiză clusteriană (*Ward`s method*) a fost stabilit gradul de similitudine a genotipurilor de grâu în baza răspunsului *IT* la acțiunea separată și asociată a factorilor de

stres. La acțiunea separată a izolatelor de fungi, metaboliții *A. alternata*, *D. sorokiniana* și *F. solani* au separat genotipurile M614 și M79M5 în clusterul cu cel mai ridicat procent de reducere a *IVP*, pe când M66 și M5MO au fost încadrate în clusterul cu răspuns de toleranță la FC. Genotipurile M614 și M66 au manifestat succesibilitate similară la acțiunea separată a disecatului [Fig. 3]. Distribuirea similară a genotipurilor de grâu la tratamentul separat PEG, dar și asociat FC + PEG confirmă importanța secetei în modularea interacțiunilor *grâu* x *agent necrotrof* [Pandey P., 2017].

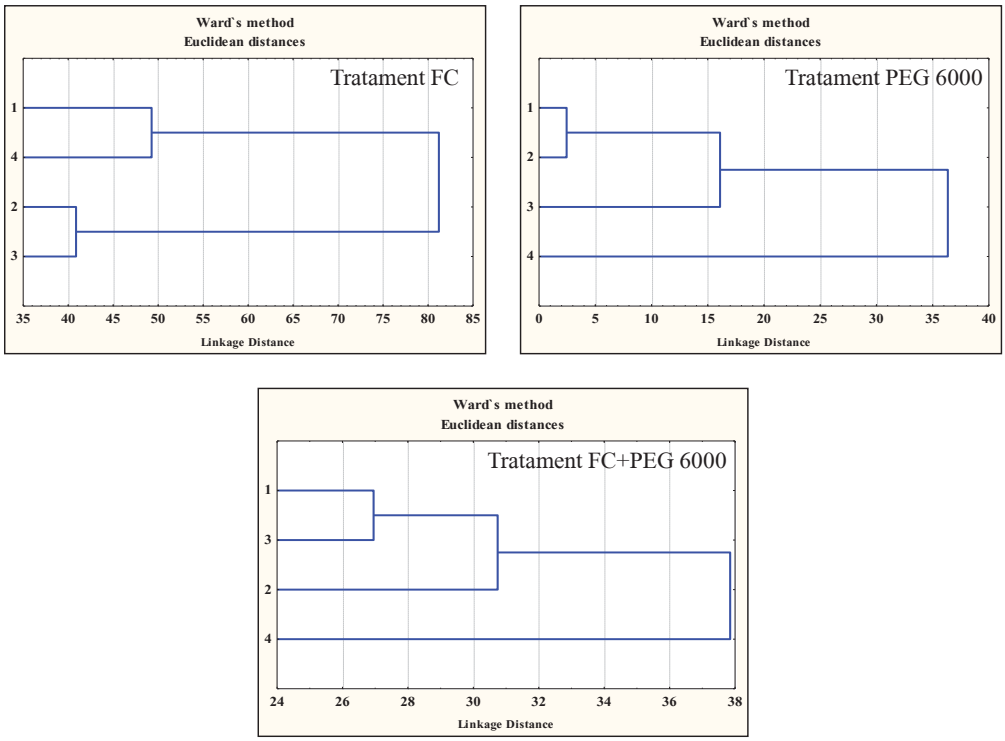


Fig. 3. Distribuția genotipurilor de grâu în clustere (*Ward`s method*) în funcție de reducerea *IVP* la acțiunea separată și asociată a factorilor de stres biotic și abiotic
Pe verticală, stânga: 1 – M614; 2 – M66; 3 – M5/MO; 4 – M79/M5

CONCLUZII

Capacitatea de germinare, lungimea rădăcinii și tulpinii au manifestat toleranță, dar și susceptibilitate la acțiunea separată și asociată a factorilor de stres biotic și abiotic.

Indicele integral de vigoare a plantelor a înregistrat o specificitate înaltă a izolatelor de fungi *A. alternata*, *D. sorokiniana* și *F. solani* în formarea fenotipului, fiind atestate toleranța, toleranța moderată dar și susceptibilitatea de diferită gradație. Cel mai înalt procent de reducere a indicelui a fost înregistrat pentru interacțiunile izolatelor de fungi cu genotipul M614.

Indicele de vigoare a plantelor a atestat doar diminuare în răspunsul grâului autohton la acțiune separată *Tratament PEG 6000.* M614 a manifestat o reducere sporită a caracterului.

Acțiunea asociată a celor 3 izolate *Alternaria alternata* cu disecatul *PEG* a produs cea mai înaltă reducere a *Indicelui*, fenomen asociat cu agresivitatea ridicată a toxinelor *Alternaria* spp. în condiții de secetă. Acțiunea FC *D. sorokiniana* și FC *F. solani* în coexistență cu seceta a modulat reducerea sau creșterea efectului acțiunii asociate a factorilor de stres.

La acțiunea separată a izolatelor de fungi *A. alternata*, *D. sorokiniana* și *F. solani* genotipurile M614 și M79M5 au fost încadrate în clusterul cu cel mai ridicat procent de reducere a *IVP*, pe când M66 și M5MO au fost încadrate în clusterul cu răspuns de toleranță. Distribuirea similară a genotipurilor de grâu la tratamentul separat PEG, dar și asociat FC + PEG confirmă importanța secetei în modularea interacțiunilor *grâu* x *agent necrotrof*.

REFERINȚE

1. AHMADI, et al. An examination of how climate change could affect the future spread of *Fusarium* spp. around the world, using correlative models to model the changes. In: *Environmental Technology & Innovation.* 2023. Vol.31. În:https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103177
2. PEQUENO, D.N. et al. Climate impact and adaptation to heat and drought stress of regional and global wheat production. In: *Environ. Res. Lett.* 2021. Vol.16. 054070 https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd970
3. KUMAR, P., RAI, R.C. Spot blotch: A threat to wheat in changing climate-an overview. In: *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. Vol.8(2), p.326-331.
4. LUPASCU, G., GAVZER, S. Agenții patogeni ai unor maladii fungice la culturi cerealiere păioase. In: *Revista de Ştiinţă, Inovare, Cultură şi Artă „Akademos”*. 2022. Nr.1(64), p.24-29. DOI: În: https://doi.org/10.52673/18570461.22.1-64.03 https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/158536
5. ZHEMCHUZHINA, N.S. et al. Pathogenic and phytotoxic properties of cereals root rot and black point agents in some areas of Russian Federation. In: *Agrarian science*. 2019. Vol.1, p.142–147.
6. SCHIRO, G. et al. *Alternaria* and *Fusarium* Fungi: Differences in Distribution and Spore Deposition in a Topographically Heterogeneous Wheat Field. In: *J. Fungi (Basel)*. 2018. Vol.4(2): 63. doi: 10.3390/jof4020063
7. XU, F. et al. Spatial Distribution of Root and Crown Rot Fungi Associated With Winter Wheat in the North China Plain and Its Relationship With Climate Variables. In: *Front. Microbiol.* 2018. Vol.9:1054 DOI:10.3389/fmicb.2018.01054
8. MOHI-UD-DIN, M. et al. Multivariate Analysis of Morpho-Physiological Traits

Reveals Differential Drought Tolerance Potential of Bread Wheat Genotypes at the Seedling Stage. In: *Plants*. 2021. Vol.10, 879. În:https://doi.org/10.3390/plants10050879

9. SINGH, J. et al. Correlation and Heritability Analysis for Seed Quality under Controlled Conditions in Wheat (Triticum aestivum L.). In: *Int. J. Environ. Clim. Change.* 2023. Vol.13(12), pp. 1101-1107.
10. PANDEY, P. et al. Impact of Combined Abiotic and Biotic Stresses on Plant Growth and Avenues for Crop Improvement by Exploiting Physio-morphological Traits. In: *Front Plant Sci*. 2017. Vol.8, p.537. doi.org/10.3389/fpls.2017.00537
11. RAMEGOWDA, V., SENTHIL-KUMAR M. The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination. In: *Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol.176, p.47–54. În:http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2014.11.008
12. SUZUKI, N. et al. Abiotic and biotic stress combinations. In: *New Phytol*. 2014. Vol.203(1), p.32-43. 10.1111/nph.12797

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.