

**STRUCTURA AGENȚILOR PATOGENI CE PRODUC BOLILE
FOLIARE ȘI ALE SPICULUI LA GRÂU,
IMPACTUL ACESTORA ASUPRA PRODUCȚIEI ȘI
POSIBILITĂȚI DE COMBATERE**

**STRUCTURE OF PATHOGENS
WHICH PRODUCE EAR FOLIAR DISEASES IN WHEAT,
THEIR IMPACT ON YIELD AND CONTROL POSSIBILITIES**

LIDIA CANĂ¹, EMIL IGOR GEORGESCU¹

Abstract

The economically important wheat diseases in our country are: septoria leaf and ears of wheat induced by *Septoria nodorum* (teleomorph: *Leptosphaeria nodorum*), septoria leaf caused by *Septoria tritici* (teleomorph: *Mycophaerella graminicola*), brown rust caused by *Puccinia triticina*, yellow rust caused by *Puccinia striiformis*, powdery mildew of wheat induced by *Blumeria graminis* f.sp. tritici, fusarium ear blight caused mainly by *Fusarium graminearum*. Annual harvest losses due to diseases can reach up to 30%, its variations being determined by climatic conditions, used variety and crop management.

Diseases control is a high priority in order to minimize yield and grain quality losses.

Evolution of pathogens *Blumeria graminis*, *Septoria* sp., *Puccinia triticina*, *Puccinia striiformis*, *Fusarium* sp. was followed during the period 2016-2018, in trials located in the experimental field, at NARDI Fundulea. A high variability of the climatic conditions in the three years of trial, both in terms of temperatures and the amount of rainfall especially during March-June, when wheat plants are in the phase of susceptibility to pathogen attack, was registered. It had a great influence on the occurrence and severity of foliar diseases.

The effectiveness of some fungicides approved for the control of these pathogens was also investigated in the trial.

The treatments led to an yield increase up to 28% in a single applied treatment, and 36% when two treatments were applied, as compared to chemically untreated variants.

Cuvinte cheie: grâu, boli foliare, combatere.

Keywords: wheat, foliar diseases, control.

¹ I.N.C.D.A. Fundulea. E-mail: lidia@ricic.ro

INTRODUCERE

Grâul reprezintă una dintre cele mai cultivate cereale, cu o suprafață de 215 milioane de hectare în întreaga lume (FAO, 2016). Din păcate, bolile grâului rămân o constrângere majoră pentru producție. Anual, pierderile de recoltă pot ajunge până la 30%, variațiile fiind determinate de condițiile climatice, soiul utilizat și tehnologia aplicată (P o p o v și colab., 2002 a, b).

Protecția fitosanitară se bazează adesea pe tratamentul chimic preventiv aplicat în faza critică pentru apariția bolilor, cerealele păioase fiind în mod obișnuit tratate cu două sau trei fungicide foliare.

Bolile grâului importante din punct de vedere economic în țara noastră includ septorioza frunzelor și a spicelor de grâu *Septoria nodorum* (teleomorph: *Leptosphaeria nodorum*), septorioza frunzelor cauzată de *Septoria tritici* (teleomorph: *Mycophaerella graminicola*), rugina brună cauzată de *Puccinia triticina*, rugina galbenă provocată de *Puccinia striiformis*, făinarea grâului produsă de ciuperca *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*, fuzarioza spicelor cauzată în principal de *Fusarium graminearum* (P o p o v , 2002).

Combaterea bolilor cauzate de acești agenți patogeni reprezintă o prioritate ridicată în scopul reducerii la minim a pierderilor de producție și a celor de calitate la cereale (P o p o v și colab., 2002 c, d).

Primul pas în elaborarea strategiei de gestionare a bolilor în orice tehnologie de cultură este identificarea celor mai importanți factori de risc pentru cultura respectivă (B ă r b u l e s c u și colab., 2000). Pentru aceasta sunt necesare studii de epidemiologie asupra agentului patogen, a ciclului de viață al acestuia precum și o înțelegere a modului în care condițiile meteorologice și factorii culturali afectează cantitatea de inocul inițială și rata de dezvoltare a bolii (<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75983>).

Condițiile meteorologice sunt factori importanți în dezvoltarea bolilor fungice în culturile de grâu și constituie principalele input-uri ale sistemelor suport pentru decizie utilizate pentru prognozarea bolii și avertizarea aplicării fungicidelor (P o p o v și B ă r b u l e s c u , 2007; P o p o v și colab., 2007).

Patogenul *Septoria nodorum* cauzează septorioza frunzelor și a spicelor de grâu. Acest patogen infectează plantele de grâu împreună cu *Septoria tritici*, însă numai aceasta din urmă a fost considerată în unele țări, printre care și România, un patogen de importanță majoră prin dimensiunea pagubelor provocate culturii. În ultimii ani se constată însă o schimbare în structura speciilor în sensul creșterii proporției speciei *Septoria nodorum*.

Aceasta se poate explica prin faptul că specia *Septoria nodorum* se dezvoltă optim într-un spectru mai larg de temperaturi răspunzând mai bine schimbărilor climatice și în special tendinței de aridizare a climei. Conform raportărilor din literatură, ciuperca *Septoria nodorum* se dezvoltă optim la temperaturi cuprinse între 20 și 27°C și precipitații >1mm pe perioada a cel puțin 7 zile (S c h a r e n , 2000). Ambele boli provoacă pierderi grave de randament raportate de la 31 la 53% (E y a l , 1981; B a b a d o o s t și H e r b e r t , 1984; P o l l e y și T h o m a s , 1991). În întreaga lume, sunt afectate mai mult de 50 de milioane de hectare de grâu, în principal în zonele cu multe precipitații. În ultimii 25 de ani, aceste boli au crescut în intensitate și au devenit un factor major de limitare a producției de grâu în anumite zone. Epidemiile de *Septoria tritici* și *Septoria nodorum*

sunt asociate cu condiții meteorologice favorabile (ploi frecvente și temperaturi moderate), practici culturale specifice, disponibilitatea inoculului și prezența unor soiuri susceptibile de grâu (E y a l și colab., 1987).

Majoritatea sistemelor de predicție a septoriozei la grâu presupune că principalul risc de infectare a frunzelor superioare (cel mai critic pentru umplerea boabelor) provine din inoculul care s-a dezvoltat pe frunze în timpul iernii și în primăvară înainte de alungirea tulpinii. Diverse studii au demonstrat importanța ploii și a dispersiei acesteia pentru dezvoltarea severă a septoriozei (H a n s e n și colab., 1994; L o v e l l și colab., 1997; E l J a r r o u d i și colab., 2009).

Progresul bolii pe frunzele superioare depinde de sensibilitatea cultivarului și de perioada de infectare (R o y l e , 1991).

Rugina frunzelor de grâu, sau rugina brună cauzată de *Puccinia triticina*, are un impact semnificativ asupra producției de grâu la nivel mondial. Umiditatea relativă ridicată și temperaturile cuprinse între 15°C până la 25°C duc la dezvoltarea bolii. Temperatura optimă pentru germinarea uredosporilor este de 20°C. Dacă aceste condiții există, infecția poate apărea în șase până la opt ore. Zilele uscate, vântoase, care dispersează sporii, urmate de nopți răcoroase cu rouă, favorizează dezvoltarea bolii (S a a r și P r e s c o t t , 1985).

Rugina galbenă a grâului cauzată de *Puccinia striiformis* este, de asemenea, numită „rugina striată” datorită aranjamentului pustulelor în striuri, ceea ce o deosebește de rugina brună a frunzelor. Este prima formă de rugină ce apare în primăvară, deși nu apare în mod regulat în fiecare an. În anumiți ani, în cazul în care nu este combătută, aceasta poate duce la epidemii grave în câteva săptămâni și poate cauza pierderi de producție importante.

Răspândirea bolii are loc prin intermediul uredosporilor ce pot infecta plantele pe parcursul toamnei. În lunile de iarnă, ciuperca se menține în interiorul gazdei și își reia apoi activitatea de îndată ce condițiile de mediu devin favorabile.

În primăvară și vară patogenul dezvoltă diverse cicluri infecțioase, iar infecțiile se pot întinde pe distanțe mari de la focarul inițial, prin uredospori ce pot fi transportați de curenții de aer.

Condițiile de climat umed și rece favorizează boala, care în schimb încetinește sau se oprește atunci când temperaturile ating valori ridicate. La peste 15°C, viabilitatea uredospori este redusă substanțial.

Condițiile optime pentru germinarea sporilor, penetrarea acestora, precum și producerea de noi spori, care vor fi împrăștiați de vânt, sunt caracterizate de temperaturi de 10-15°C, 3 ore de apă pe frunze și o umiditate relativă a aerului de 100%. Ciuperca este în general inhibată de temperaturi de peste 23°C, deși există și tulpini tolerante la temperaturi ridicate. Un ciclu complet poate fi realizat în doar 7 zile, apoi se repetă de mai multe ori în același sezon (H o v m ø l l e r , 2007). Agentul patogen poate provoca efecte negative asupra producției, importante cantitativ și calitativ, iar în prezența atacurilor timpurii poate compromite recolta.

Epidemii grave, așa cum s-a menționat anterior, sunt de obicei asociate cu ierni blânde și prezența soiurilor sensibile.

Presiunea bolii este în continuă creștere în special în Europa și Statele Unite ale Americii.

Făinarea grâului produsă de ciuperca *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* este una dintre cele mai frecvente și distructive boli ale cerealelor cu o largă distribuție în zonele de cultură a grâului din întreaga lume. Pierderile de recoltă depind de momentul declanșării epidemiei și de severitatea acesteia. Făinarea grâului este, în general, favorizată de: o gazdă susceptibilă, temperaturi moderate (15-22°C) și umiditate ridicată (peste 70%), slabă circulație a aerului, zone umede și umbrite, foliajul dens corelat strâns cu o densitate ridicată de însămânțare și cu o fertilizare abundentă cu azot, o umiditate ridicată a solului care menține umiditatea foliajului. Făinarea grâului are un ciclu de infecție scurt și produce milioane de spori (conidii), astfel încât se poate dezvolta rapid în cultură. În condiții favorabile (temperatură optimă și umiditate relativă ridicată) ciclul germinării sporilor, infecției și producerii sporilor ulterior poate fi finalizat în doar șapte zile (P i a r u l l i și colab., 2012).

Fusarioza spicului este considerată a fi una dintre cele mai devastatoare boli ale grâului la nivel mondial. Toate țările majore producătoare de grâu (<http://faostat.fao.org/>) au raportat focare serioase și repetate în ultimul deceniu, făcând ca impactul infecțiilor cu *Fusarium* să fie o problemă globală. Această reapariție la nivel mondial se consideră a fi determinată de schimbările climatice și de practicile agronomice. CIMMYT descrie această boală ca factor major de limitare a producției de grâu în întreaga lume. În ultimii 10 ani, incidența medie a fuzariozei spicului în câmpurile de grâu din Marea Britanie a fost de 39% (<http://www.cropmonitor.co.uk/>). *Fusarium graminearum* (teleomorph *Gibberella zeae*) este unul dintre principalii agenți ce cauzează boala în toată Europa, Asia și America (P a r r y și colab., 1995; D u b l i n și colab., 1997). Pe lângă reducerea randamentului, calitatea boabelor este afectată prin pierderea selectivă a proteinelor din albumină și gluten (M c M u l l e n și colab., 1997). Boabele recoltate dintr-o cultură infectată sunt, de asemenea, contaminate cu diverse micotoxine fungice care le fac adesea necorespunzătoare și nesigure pentru consumul uman, hrană pentru animale sau malț (B o y a c i o ğ l u și H e t t a r a c h c h y , 1995; K i m u r a și colab., 2007).

Epidemiile la grâu apar atunci când condițiile climatice calde și umede coincid cu înflorirea. Simptomul fuzariozei spicului este albirea parțială sau completă a spicelor care apare la scurt timp după înflorire. Dacă vremea este caldă și umedă, la baza spiculețelor infectate sunt vizibile masele de spori de la portocaliu până la roz. Ciuperca în cele din urmă infectează boabele, care rămân mici și decolorate.

MATERIAL ȘI METODE

Evoluția patogenilor *Blumeria graminis*, *Septoria* sp., *Puccinia triticina*, *Puccinia striiformis*, *Fusarium* sp. a fost urmărită în perioada 2016-2018, în experiențe amplasate în câmpul experimental, la I.N.C.D.A. Fundulea.

În cadrul experiențelor s-a urmărit și efectul unor fungicide avizate pentru combaterea acestor patogeni.

Experiențele au fost aranjate după metoda blocurilor randomizate, în 4 repetiții. Au fost experimentate ca scheme de tratament: netratat (NT), un tratament efectuat în faza fenologică sfârșitul înfrățitului (T1), un tratament efectuat în faza fenologică apariția

frunzei standard (T2) și două tratamente (T1+T2). Pentru combaterea patogenului *Fusarium* sp. tratamentele au fost aplicate la înflorit.

Observațiile privind eficacitatea produselor fungicide au fost efectuate la 14 zile de la fiecare aplicare.

S-au efectuat observații și notări în câmp urmărind speciile de agenți patogeni prezente în parcelele experimentale, procentul de plante atacate și intensitatea de atac a acestora, iar pe baza acestor parametri a fost calculat gradul de atac al bolii ($GA \% = FxI/100$). Totodată, au fost efectuate observații privind efectul tratamentelor cu fungicide asupra producției.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Variabilitatea condițiilor climatice din cei trei ani de experimentare, atât din punct de vedere al temperaturilor, cât și în ceea ce privește cantitatea de precipitații înregistrate în special în perioada martie - iunie când plantele de grâu se află în fazele de sensibilitate pentru atacul patogenilor, au influențat în mod apreciabil apariția și manifestarea bolilor foliare (figurile 1 și 2).

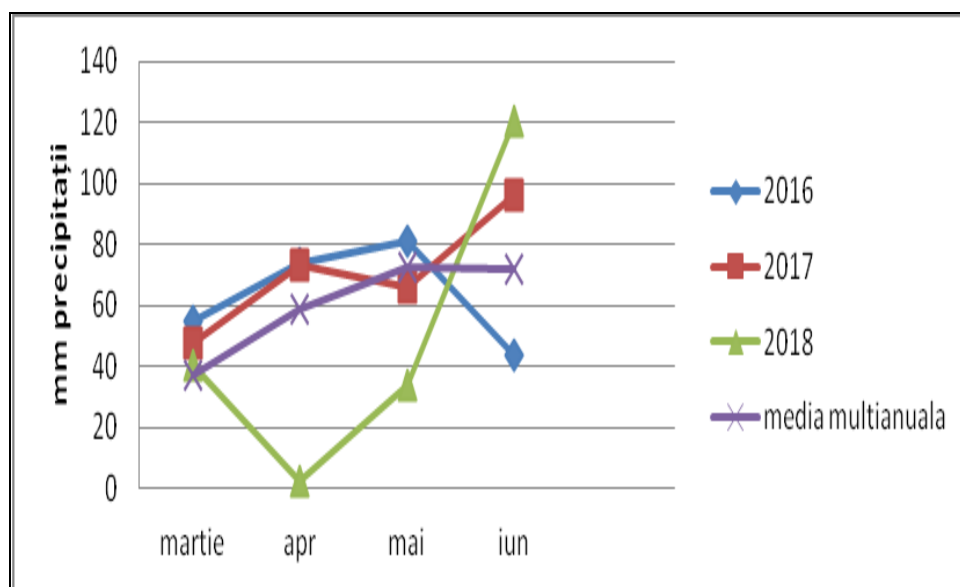


Figura 1 – Precipitațiile înregistrate în perioada martie-iunie la I.N.C.D.A. Fundulea (2016-2018)
(Rainfall for the period March-June, 2016, 2017 and 2018 at NARDI Fundulea)

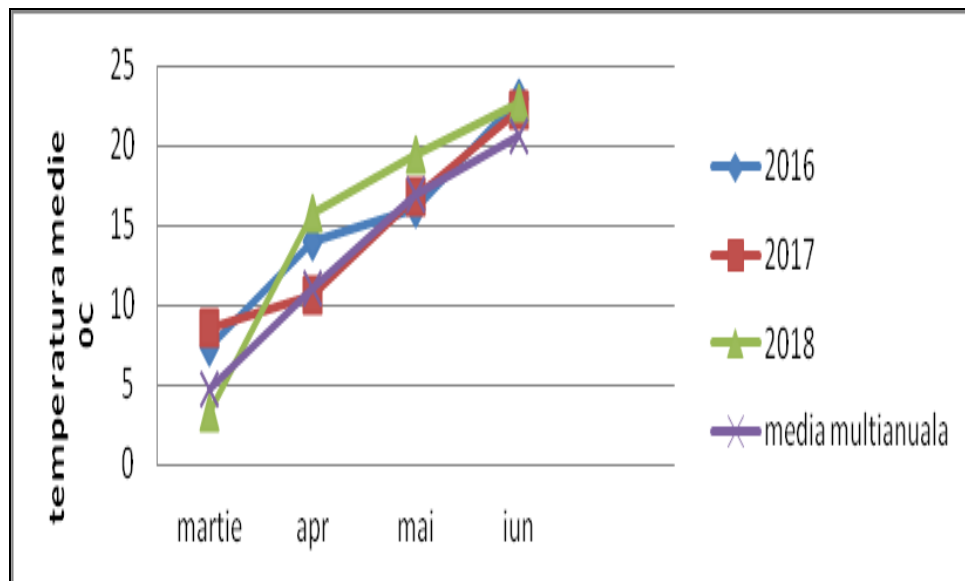


Figura 2 – Temperaturile medii înregistrate în perioada martie-iunie la I.N.C.D.A. Fundulea (2016-2018)
(Mean monthly air temperatures for the period March-June, 2016-2018 at NARDI Fundulea)

Structura complexului de patogeni a fost aceeași în cei trei ani de experimentare cu excepția patogenului *Puccinia striiformis* care în anul 2017 nu a avut condiții pentru apariție, însă în ceilalți ani s-a manifestat cu intensitate ridicată respectiv 45,2% în anul 2016 și 37,8% în anul 2018. În ceea ce privește atacul produs de rugina brună (*Puccinia triticina*), valorile gradului de atac au fost mai scăzute în anii 2016, 2018, și mai ridicat în anul 2017 (42,5%).

Atacul produs de patogenul *Septoria* sp. a atins valori de peste 40% în fiecare an, acesta având o evoluție lentă din faza de început al alungirii paiului până în stadiul de apariție al frunzei stindard și începutul fazei de burduf. O creștere marcantă a atacului a survenit din faza de apariție a burdufului până în faza de sfârșit a înspicării după care evoluția patogenului a stagnat.

În cazul atacului de făinare (*Blumeria graminis*), în primii doi ani s-au înregistrat valori ale gradului de atac de 6,7 și 8,3%, iar în anul 2018 datorită lipsei precipitațiilor din luna aprilie și a temperaturilor ridicate atacul a fost de 1,2%.

În ceea ce privește patogenul *Fusarium*, gradul de atac a avut valori apropiate în cei trei ani de experimentare, de aproximativ 4% (figura 3).

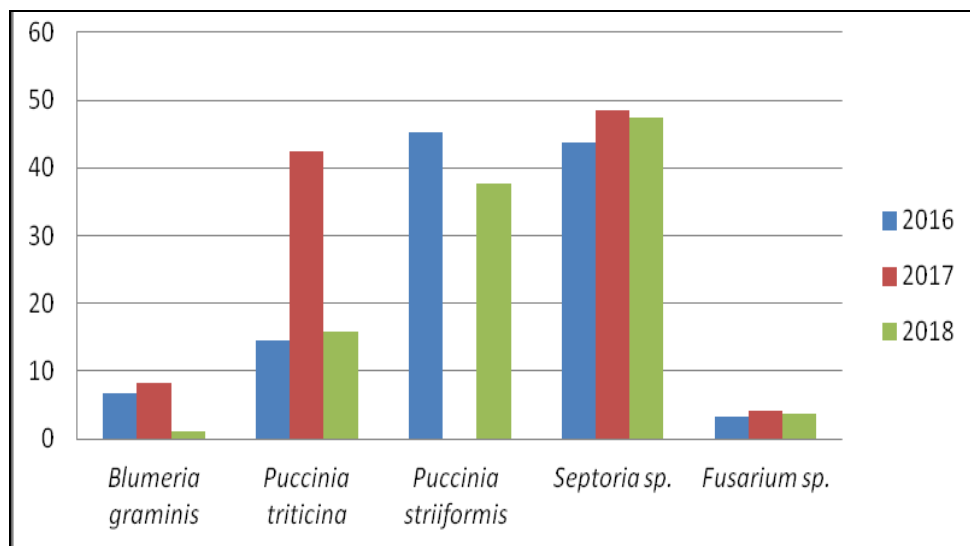


Figura 3 – Gradul de atac (%) al bolilor foliare și ale spicului în perioada de experimentare (2016-2018)
 (Attack severity, % of the leaf and ear diseases during 2016-2018)

Tratamentele aplicate cu fungicide au redus semnificativ gradul de îmbolnăvire, rezultatele punând în evidență o reducere semnificativă a atacului patogenilor la variantele tratate, în special la variantele cu două tratamente (figura 4).

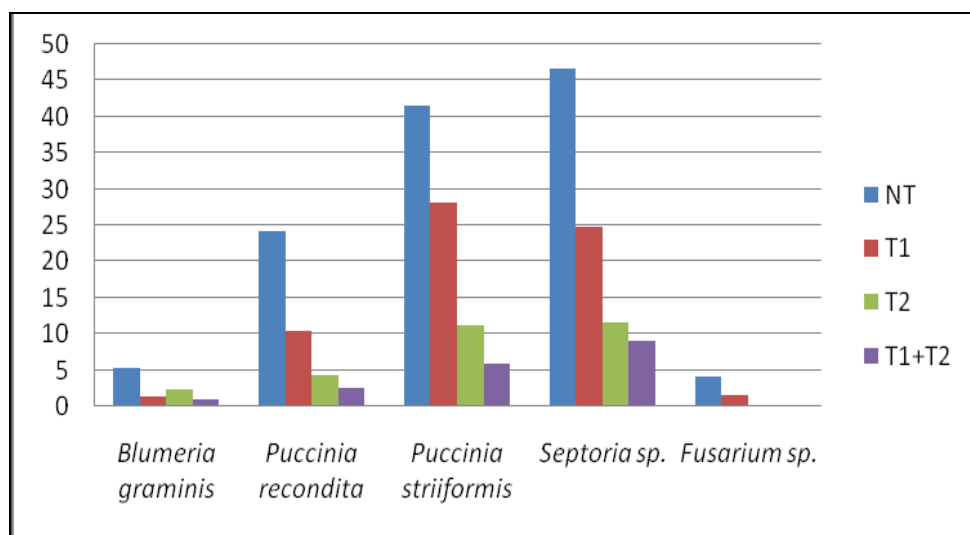


Figura 4 – Influența tratamentului chimic asupra gradului de atac al bolilor foliare și ale spicului Fundulea, 2016-2018
 (The influence of the chemical treatment on the mean attack severity of the leaf and ear diseases during 2016-2018 at Fundulea)

În ceea ce privește producția de semințe, în variantele tratate s-a constatat o creștere a producției cu 20% față de varianta netratată, atunci când s-a aplicat un singur tratament în faza fenologică de sfârșitul înfrățitului, cu 28% la tratamentul efectuat în faza fenologică de apariția frunzei standard și cu 36% când s-au aplicat ambele tratamente (tabelul 1).

Tabelul 1

Influența tratamentelor aplicate în timpul vegetației asupra gradului de atac al bolilor și asupra producției (2016-2018)

(The influence of the chemical foliar treatments on the mean of attack severity of the diseases and yield during 2016-2018)

Tratament	<i>Blumeria graminis</i>		<i>Puccinia recondita</i>		<i>Puccinia striiformis</i>		<i>Septoria</i> sp.		<i>Fusarium</i> sp.		Producția (kg/ha)	
NT	5,4	a	24,3	a	41,5	a	46,6	a	4,1	a	4233,3	d
T1	1,4	b	10,4	b	28,2	b	24,9	b	1,7	a	5076,7	c
T2	2,3	b	4,2	b	11,2	c	11,7	c	0,0	a	5416,7	b
T1+T2	1,1	b	2,6	b	6,0	d	9,2	c	0,0	a	5765,0	a

*mediile urmate de aceeași literă nu diferă din punct de vedere semnificativ (P = 05, testul Student-Newman-Keuls)

CONCLUZII

- În fiecare an, culturile de grâu pot fi atacate de o serie de patogeni ce produc boli foliare și ale spicului, însă structura complexului de patogeni, evoluția și gradul de atac al acestora sunt influențate și diferențiate de la un an la altul în principal de condițiile climatice.
- În tehnologia de cultivare a cerealelor, alături de măsurile de ordin cultural, secvențele de combatere chimică au un rol important în reducerea impactului atacului de boli.
- Tratamentele chimice au determinat o creștere de producție de 20-28% în cazul aplicării unui singur tratament și de 36%, când s-au aplicat două tratamente, comparativ cu variantele netratate chimic.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BABADOOST, M., HERBERT, T.T., 1984 – *Factors affecting infection of wheat seedlings by Septoria nodorum*. Phytopathology, 74: 592-595.
- BĂRBULESCU, A., POPOV, C., MATEIAȘ, M.C., 2000 – *Protecția culturilor de câmp împotriva bolilor și dăunătorilor*. Edit. MAA - ANCA, ediția a II-a, revăzută: 286 pag., București.
- BOYACIOĞLU, D., HETTIARACHCHY, N.S., 1995 – *Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with Fusarium graminearum*. Journal of Cereal Science, 21, 1: 57-62.
- EYAL, Z.E., 1981 – *Integrated control of Septoria diseases of wheat*. Plant Dis., 65: 763-768.
- EYAL, Z., SHAREN, A.L., PRESCOTT, J.M., van GINKEL, M., 1987 – *The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Mexico, DF, CIMMYT.
- EL JARROUDI, M., DELFOSSE, P., MARAITE, H., HOFFMANN, L., TYCHON, B., 2009 – *Assessing the accuracy of simulation model for Septoria leaf blotch disease progress on winter wheat*. Plant Disease, 93: 983-992, Advances in Plant Pathology.
- FAO. FAOSTAT. In: Crops, National Production. Rome, Italy: FAO; 2016.
- GEAGEA, L., HUBER, L., SACHE, I., FLURA, D., MAC CARTNEY, H.A., FITT, B.D.L., 2000 – *Influence of simulated rain on dispersal of rust spores from infected wheat seedlings*. Agricultural and Forest Meteorology. 2000; 101: 53-66.

- HANSEN, J.G., SECHER, B.J.N., JORGENSEN, L.N., WELLING, B., 1994 – *Thresholds for control of Septoria spp.* In winter wheat based on precipitation and growth stage. *Plant Pathology*, 43: 183-189.
- DUBLIN, H.J., GLICHRIST, L., REEVES, J., MCNAB, A., 1997 – *Fusarium Head Scab: Global Status and Prospects*, CIMMYT, Mexico.
- MCMULLEN, M., JONES, R., GALLENBERG, D., 1997 – *Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact*. *Plant Disease*, 81, 12: 1340-1348.
- HOVMØLLER, M.S., 2007 – *Sources of seedling and adult plant resistance to Puccinia striiformis f.sp. tritici in European wheats*. *Plant Breedin*, 126: 225-233.
- LOVELL, D.J., PARKER, S.R., HUNTER, T., ROYLE, D.J., COKER, R.R., 1997 – *Influence of crop growth and structure onto the risk of epidemics by Mycosphaerella graminicola (Septoria tritici) in winter wheat*. *Plant Pathology*, 46: 126-138. Modeling the Main Fungal Diseases of Winter Wheat: Constraints and Possible Solutions. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75983>
- MORGOUNOV, A., TUFAN, H.A., SHARMA, R., AKIN, B., BAGCI, A., BRAUN, H.J., KAYA, Y., KESER, M., PAYNE, T.S., SONDER, K., MCINTOSH, R., 2012 – *Global incidence of wheat rusts and powdery mildew during 1969-2010 and durability of resistance of winter wheat variety Bezostaya 1*. *European Journal of Plant Pathology*, 132: 323-340.
- KIMURA, M., TOKAI, T., TAKAHASHI-ANDO, N., OHSATO, S., FUJIMURA, M., 2007 – *Molecular and genetic studies of Fusarium trichothecene biosynthesis: pathways, genes, and evolution*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 71, 9: 2105-2123.
- PIARULLI, L., GADALETAA, A., MANGINIA, G., SIGNORILEA, M.A., PASQUINIB, M., BLANCOA, A., SIMEONE, R., 2012 – *Molecular identification of a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2BS from Triticum turgidum ssp. dicoccum*. *Plant Sci.*, 196: 101-106.
- POLLEY, R.W., THOMAS, M.R., 1991 – *Surveys of disease of wheat in England and Wales, 1976-1988*. *Ann. Appl. Biol.*, 119: 1-20.
- POPOV, C., BĂRBULESCU, A., 2007 – *50 de ani de activitate științifică în domeniul protecției culturilor de câmp, împotriva bolilor și dăunătorilor*. *Analele INCDA Fundulea, Volum jubiliar, LXXV*: 371-404.
- POPOV, C., BĂRBULESCU, A., SPIRIDON, C., ROTĂRESCU, M., 2002 d – *Recomandări privind combaterea bolilor foliare și ale spicului la cerealele păioase, în anul 2002*. *Probleme de protecția plantelor*, XXX(1): 93-96.
- POPOV, C., BĂRBULESCU, A., SPIRIDON, C., ROTĂRESCU, M., 2002 a – *Recomandări ale I.C.C.P.T. Fundulea privind combaterea bolilor foliare și ale spicului la cerealele păioase*. *Agricultura României*, XIII, 18, (591): 6-7, București.
- POPOV, C., BĂRBULESCU, A., SPIRIDON, C., ROTĂRESCU, M., 2002 b – *Protecția cerealelor păioase*. *Agricultura României*, XIII, 18, (591): 6-7, București.
- POPOV, C., CANĂ, L., RARANCIUC, S., 2007 – *Prevenirea și combaterea bolilor și dăunătorilor din culturile de orz și orzoaică, în toamna 2007*. *Probl. Prot. Pl.*, XXXV (2): 41-46.
- ROYLE, D.J., 1991 – *Potential pest and disease problems associated with arable energy crops*. In: Richards G.E., editor. *Wood Fuel for Thought*. Oxford: Harvel Laboratories: 283-290.
- PARRY, D.W., JENKINSON, P., MCLEOD, L., 1995 – *Fusarium ear blight (scab) in small-grain cereals-A review*. *Plant Pathology*, 44(2): 207-238.
- SAARI, E.E., PRESCOTT, J.M., 1985 – *World distribution in relation to economic losses*. In: Roelfs, Bushnell, editors. *The Cereal Rusts Volume II: Diseases, Distribution, Epidemiology and Control*. London and Orlando Academic Press: 259-298.
- SCHAREN, A.J., 2000 – *Biology of the Septoria/Stagonospora pathogens*. An Overview www.cimmyt.org/Research/Wheat/pdf/Septoria/contents.htm
- WU, F., MUNKVOLD, G.P., 2008 – *Mycotoxins in ethanol co-products: modeling economic impacts on the livestock industry and management strategies*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11: 3900-3911.