

## **Rugina galbenă (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) - o amenințare crescândă pentru culturile de grâu și triticale din România**

### **Stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) - an increasing threat for wheat and triticales crops in Romania**

Indira Galit<sup>1</sup>, Cristina-Mihaela Marinciu<sup>1</sup>, Vasile Manda<sup>1</sup>, Gabriela Șerban<sup>1</sup>, Iustina Lobonțiu<sup>2</sup>,  
Zsuzsa Domokos<sup>2</sup>, Gheorghe Bunta<sup>3</sup>, Cecilia Bănățeanu<sup>4</sup>, Benjamin Andras<sup>4</sup>,  
Cristina Meluca<sup>5</sup>, Maria Voica<sup>5</sup>, Gabriela Gorinoiu<sup>6</sup>, Nicolae N. Săulescu<sup>1</sup>

#### **Abstract**

Increased frequency and intensity of stripe rust attacks has been observed in Europe and worldwide, but also in Romania. An analysis of the rich literature published recently all over the world indicated as main factors causing this increase are: the appearance of more virulent and more agresive new races, better adapted to higher temperatures, which circulated globally over long distances, as well as the increased chances for survival over winter, related to climate changes. In 2023 correlations between stripe rust scores and grain yield in yield trials with wheat and triticales cultivars performed at 6 sites, varied between -0.39 and 0.80 in wheat and between 0.03 and -0.92 in triticales. Average spring temperatures at these sites were not significantly lower than the multi-annual averages but were frequently higher than the ones considered optimal for the pathogen development. This might suggest an adaptation of the present stripe rust races to higher temperatures. Correlations between stripe rust scores of the same cultivars at different sites varied very much, and the lack of correlation in some cases might suggest presence of various virulences in Romania, more on wheat than on triticales. All these observations underline the necessity of protecting wheat and triticales crops against the future stripe rust threat, mainly by growing more cultivars with different resistance genes.

**Cuvinte cheie:** epidemie, producție, rase, rugina galbenă.

**Keywords:** epidemics, grain yield, stripe rust, races.

#### **INTRODUCERE**

Agentul patogen *Puccinia striiformis* Westend. (Pst) poate ataca grâul, secara, orzul și 59 de specii de ierburi. Rugina galbenă a fost descoperită și recunoscută drept o boală distinctă de rugină de Eriksson și Henning, în anul 1894. Uredosporii de culoare galbenă-

<sup>1</sup>INCDA Fundulea. E-mail: indira\_galit@yahoo.com

<sup>2</sup>SCDB Tg. Mureș, <sup>3</sup>SCDA Oradea, <sup>4</sup>SCDA Livada, <sup>5</sup>SCDA Teleorman, <sup>6</sup>SCDA Lovrin

portocalie pot să apară atât pe suprafața frunzelor cât și pe tulpini, avansând până la glume, ariste iar la plantele sensibile chiar pe boabe. Acoperirea limbului și a tecilor funzelor cu pustulele bolii limitează sever fotosinteza, privează planta de nutrienți și apă, afectează creșterea plantelor, reduce numărul de spice, numărul boabelor în spic și greutatea acestora.

Intensitatea infecției depinde în primul rând de rezistența genetică a soiului cultivat, dar și de condițiile meteorologice precum temperatura, umiditatea aerului, direcția și intensitatea vântului.

Rugina galbenă, cauzată de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, este considerată în prezent una din cele mai importante boli ale grâului care amenință securitatea alimentară a lumii (Chen, 2020). Boala este cunoscută de mult și a produs epifitii cu efecte economice majore.

Atacuri importante de rugina galbenă au fost raportate în peste 60 de țări de pe toate continentele unde se cultivă grâu, costul măsurilor de combatere a bolii pe plan global a fost estimat la cel puțin 1 miliard US\$ (Chen, 2020). În aceeași lucrare se consemnează 51 cazuri de epidemii de rugină galbenă de mari proporții în Asia, Europa, America de Nord, Australia și Africa. Recent au fost înregistrate epidemii severe de rugină galbenă în Statele Unite în 2003, în China în 2002, în Asia Centrală în 2009 și 2010, iar în Australia în 2003 (Chen, 2005; Wellings, 2011).

În România rugina galbenă a fost prezentă demult dar a fost considerată „mai puțin răspândită”, fiind „adaptată la clima mai rece și mai umedă din Nordul Europei, unde face pagube mari” (Ionescu-Șișești, 1938). Însă în anul 1961 a avut loc, în special în Dobrogea, un atac devastator, care a redus uneori producția de boabe la nivelul cantităților de semințe folosite la semănat. Acest atac fără precedent a fost rezultatul unei primăveri neobișnuit de reci și al cultivării unor soiuri foarte sensibile (Wichita, Concho) provenite din zone ale SUA unde boala era practic absentă și deci nu se cunoștea sensibilitatea soiurilor create (Săulescu, 1961). Este de subliniat că în același an este menționată o epidemie de proporții în Cehia (Bartoš, 2010). Alături de această epidemie, Negulescu (1984) consemnează o epifitie în anul 1967 în Transilvania, care a afectat în special soiurile Harrach și Ponca, precum și una, de mai mici proporții, în 1978, favorizată de cultivarea unor soiuri sensibile din Iugoslavia (Novosadska Rana 2, Sava și Zlatna Dolina). S-a estimat că aceste trei epifitii au produs pagube cifrate între 20 și 80% din producția de grâu (Negulescu, 1984).

Bunta (2005) mai menționează atacuri semnificative de rugina galbenă în anii 1988, 1991 și 2001. Ulterior, Mustăța și colab. (2015) au raportat că în anul 2014 au fost înregistrate în culturile comparative cu soiuri de grâu corelații semnificative între notele de atac ale ruginii galbene și producția de boabe în 7 din 15 localități de testare, cu o corelație medie de  $r = -0,66$ .

În anul 2016 s-au înregistrat în Nord-Vestul țării atacuri de 70-90% la unele soiuri și diferențe de producție de 660-1450 kg/ha între parcelele tratate și cele netratate cu fungicide (Pop și colab., 2017), iar în anul 2018 Goga (2019) a raportat un nivel de manifestare a ruginii galbene de 91,7% în parcelele de triticales netratate cu fungicide. Tot în anul 2018, Cotuna și colab. (2019) au observat atacuri de rugina galbenă cuprinse între 10 și 90% la diferite genotipuri de triticales. Recent în anul 2023, Cotuna (2023) atrăgea atenția că rugina galbenă face ravagii la soiurile sensibile în vestul țării, iar Voica și colab. (2023) menționau pericolul reprezentat de rugina galbenă în mai multe zone din țară, inclusiv în sud.

Din cele câteva exemple citate se poate observa o creștere a frecvenței atacurilor de rugina galbenă pe teritoriul României, ceea ce constituie un serios semnal de alarmă.

De fapt, în ultimii ani s-a constatat în întreaga lume o intensificare și o creștere a frecvenței atacurilor de rugina galbenă, iar acestea pot fi explicate prin **acțiunea conjugată a următorilor factori principali:**

▪ **Apariția de noi rase mai virulente**

Patogenul *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* a fost din totdeauna caracterizat printr-un număr mare de rase fiziologice, cu gene de virulență corespunzătoare unui mare număr de gene de rezistență prezente în soiurile de grâu cultivate în diferite zone ale lumii (Bartoș, 2010; Gulyaeva și colab., 2022; McIntosh și colab., 2018 etc.).

McIntosh și colab. (2018) au ilustrat convingător cum introducerea în agricultura din China a genelor de rezistență la rugina galbenă a fost urmată de detectarea virulențelor corespunzătoare și apoi de epidemii semnificative (tabelul 1).

*Tabelul 1*

**Relația dintre introducerea în cultură a genelor de rezistență la rugina galbenă și detectarea virulențelor corespunzătoare, care au produs epidemii în China (după McIntosh și colab., 2018)**  
[The relationship between the presence of yellow rust resistance genes in the yield and the detection of the corresponding virulences, which produced epidemics in China (after McIntosh et al., 2018)]

Gena sau sursa de rezistență	Introducerea în agricultură	Detectarea virulenței	Epidemii importante
<i>Yr1</i>	Anii 1950	1965	Sfârșitul anilor 1960
<i>Yr9</i>	Anii 1960	1985	Începutul anilor 1990
Hybrid 46	Începutul anilor 1970	1991	Sfârșitul anilor 1990 și anul 2002
<i>Yr26</i> , <i>YrGn22</i> , <i>YrCh42</i>	2003	2008	2012

În anul 2011 au fost detectate în mai multe țări europene, atât pe grâu cât și pe triticele, două noi rase, denumite inițial Warrior și Kranich, după numele soiurilor de grâu a căror rezistență a fost depășită de virulența lor ([www.wheatrust.org](http://www.wheatrust.org)). Aceste rase, încadrate ulterior în grupurile genetice PstS7 și PstS8, se deosebesc de cele anterioare prin faptul că produc atacuri mai puternice la soiurile cu rezistență de plantă adultă și produc mai mulți teliospori pe frunzele infectate (Hovmøller și colab., 2016). Rasa Warrior a provocat modificări semnificative în sensibilitatea la rugina galbenă a unui număr mare de soiuri, atât de grâu cât și de triticele, adică unele soiuri anterior rezistente sau parțial rezistente au devenit susceptibile, iar unele soiuri anterior susceptibile și foarte susceptibile au devenit mai puțin sensibile (Sørensen și colab., 2014; Hovmøller și colab., 2016). Câțiva ani mai târziu, Mert și colab. (2016) au detectat rasa Warrior și în Turcia. Din aceste rase au evoluat noi variante încadrate într-un grup denumit „PstS10”, cu virulența adaptată unor soiuri predominante local în anumite zone. Aceste noi variante s-au răspândit rapid, devenind predominante în Europa, varianta denumită „Amboise” fiind detectată din anul 2022 în marea majoritate a probelor analizate (Hovmøller și colab., 2023).

Rasele și grupurile genetice de rugină galbenă cunoscute până în prezent, conform Global Rust Reference Center, sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

**Grupele genetice de rugina galbenă, denumirea uzuală a raselor, fenotipul virulenței și răspândirea lor geografică (Hovmöller și colab., 2023)**

[The genetic groups of yellow rust, the common name of the races, the virulence phenotype and their geographical distribution (Hovmöller et al., 2023)]

Grupa genetică	Rasa	Fenotipul virulenței	Regiunea de prevalență
PstS0	Brigadier <sup>4</sup>	1,2,3,,,,,9,,17,,25,,,,AvS,-	Europe
	Brigadier,v4	1,2,3,4,,,,9,,17,,25,,,,AvS,-	Europe
	Madrigal_Lynn	1,2,3,,6,,,9,,,17,,25,,,,AvS,-	Europe
	Madrigal_Lynn,v4	1,2,3,4,,6,,,9,,,17,,25,,,,AvS,-	Europe
	Robigus	1,2,3,4,,,,9,,17,,25,,32,,AvS,-	Europe
	Solstice_Oakley	1,2,3,4,,6,,,9,,,17,,25,,32,,AvS,-	Europe
	Tulsa	,,,3,4,,6,,,,,25,,32,,AvS,-	Europe
PstS1/2	PstS1/2 <sup>8</sup>	-2,,,,6,7,8,9,,,,25,,,,AvS,-	North America, Australia
	PstS1/2,v1	1,2,,,,6,7,8,9,,,,25,,,,AvS,-	East Africa
	PstS1/2,v3	-2,3,,,,6,7,8,9,,,,25,,,,AvS,-	East Africa
	PstS1/2,v27	-2,,,,6,7,8,9,,,,25,27,,,,AvS,-	East Africa, West Asia, North Africa
	PstS1/2,v1,v27	1,2,,,,6,7,8,9,,,,25,27,,,,AvS,-	East Africa, West Asia
	PstS1/2,v3,v27	-2,3,,,,6,7,8,9,,,,25,27,,,,AvS,-	East Africa
	PstS1/2,v10	-2,,,,6,7,8,9,10,,,24,25,,,,AvS,-	East Africa, West Asia
	PstS1/2,v10,v27	-2,,,,6,7,8,9,10,,,24,25,27,,,,AvS,-	West Asia
	PstS1/2,v3,v10,v27	-2,3,,,,6,7,8,9,10,,,24,25,27,,,,AvS,-	East Africa
PstS3	PstS3	-(2),,,,6,7,8,,,,25,,,,AvS,-	Europe, Asia
	PstS3,v1	1,(2),,,,6,7,8,,,,25,,,,AvS,-	Asia
PstS4	Triticale2006	-2,,,,6,7,8,,10,,,24,,,,	Europe
PstS5	PstS5	1,2,3,4,,6,,,9,,,,25,,32,,AvS,Amb	Central Asia
	PstS5,v17	1,2,3,4,,6,,,9,,,17,,25,,32,,AvS,Amb	Central Asia, South Asia
PstS6	PstS6	1,2,,,,6,7,,9,,,17,,27,,,,AvS,-	East Africa, Central Asia, South Asia
PstS7	Warrior	1,2,3,4,,6,7,,9,,,17,,25,,32,Sp,AvS,Amb	Europe, North Africa
PstS8	Kranich	1,2,3,,,,6,7,8,9,,,17,,25,,32,,AvS,Amb	Europe
PstS9	PstS9	1,2,3,4,,6,,,9,,,,25,27,32,,AvS,Amb	Central Asia, South Asia
	PstS9,v17	1,2,3,4,,6,,,9,,,17,,25,27,32,,AvS,Amb	Central Asia
PstS10	Warrior(-)	1,2,3,4,,6,7,,9,,,17,,25,,32,Sp,AvS,-	Europe, North Africa
	Kalmar	1,2,3,4,,6,7,,9,,,17,,25,,32,Sp,AvS,-	Europe
	Benchmark	1,2,3,4,,6,7,,9,,,17,,25,,32,Sp,AvS,-	Europe
	Amboise	1,2,3,4,,6,7,,9,,,17,,25,,32,Sp,AvS,-	Europe
PstS11	PstS11	-2,,(4),,6,7,8,,,,17,,,27,32,,AvS,-	Central and West Asia, East Africa
PstS12	Hereford	-2,3,,,,6,7,8,,,,17,,25,,32,,AvS,-	Europe
PstS13	Triticale2015	-2,,,,6,7,8,9,,,,AvS,-	Europe, South America, West Asia
	Triticale2015,v10	-2,,,,6,7,8,9,10,,,24,,,,AvS,-	Europe
PstS14	PstS14	-2,3,,,,6,7,8,9,,,17,,25,,32,(Sp),AvS,-	Europe, North Africa, West Asia
PstS15	PstS15	1,2,3,,6,7,,9,,,17,,25,,32,,AvS,Amb	Europe
PstS16	PstS16	1,2,3,(4),,6,7,8,9,,,17,,25,27,32,,AvS,-	South Asia, East Africa
PstS17	PstS17	-2,,,,6,7,8,,,,17,,,32,(Sp),AvS,Amb	Middle East, Europe, East Africa
	PstS17,v10	-2,,,,6,7,8,,10,,17,24,,,32,(Sp),AvS,Amb	Middle East

Evoluția raselor de regină galbenă în Europa în ultimii 5 ani a fost foarte rapidă (figura 1). Grupul genetic PstS7 cu rasa originală Warrior a fost mai puțin răspândit în ultimii ani, dar s-a răspândit în noi zone, în timp ce grupul PstS8 (cu rasa Kranich) a fost observat doar în puține cazuri.

În decursul anului 2019, au fost detectate în cadrul grupului PstS10 cel puțin două rase noi, iar în anul 2020 patru rase, adaptate la soiuri de grâu cultivate regional pe suprafețe mari și au fost detectabile numai prin includerea acestor soiuri în testarea rasei. Grupul

PstS10 a devenit rapid cel mai răspândit grup genetic din Europa și a rămas dominant și în prezent. O nouă rasă cu virulență pe gena Yr10 a fost detectată în cadrul grupului PstS13 pentru prima dată în Polonia în 2018 și apoi în Germania.

Au fost detectate grupuri suplimentare în mai multe țări, de ex. PstS15 constând dintr-o singură rasă, care a fost observată pentru prima dată în Franța și anul acesta și în Danemarca.

O nouă rasă, încadrată ulterior în grupul PstS13, mult mai agresivă pe triticele, specie care a fost multă vreme foarte rezistentă, a fost detectată în 2006 în Europa, mai întâi în insula Bornholm din Marea Baltică și a devenit imediat răspândită pe principalele soiuri cultivate în Germania și Scandinavia. Detectată în Franța în 2012 și 2013 această rasă a devenit predominantă în câțiva ani în toată Europa (Hovmöller și colab., 2016). Este probabil ca extinderea acestei rase să explice apariția și atacurile severe ale ruginii galbene pe triticele și în România (Goga, 2019; Cotuna și colab., 2019) și Serbia (Župunski și colab., 2023). PstS13 a afectat grav triticele și grâul durum (în Europa) și grâul de panificație (în America de Sud și Australia). Alte grupuri genetice au fost regăsite mai rar, inclusiv PstS15 (un singur genotip și rasă), prezent în Franța din 2017 și Scandinavia din 2019.

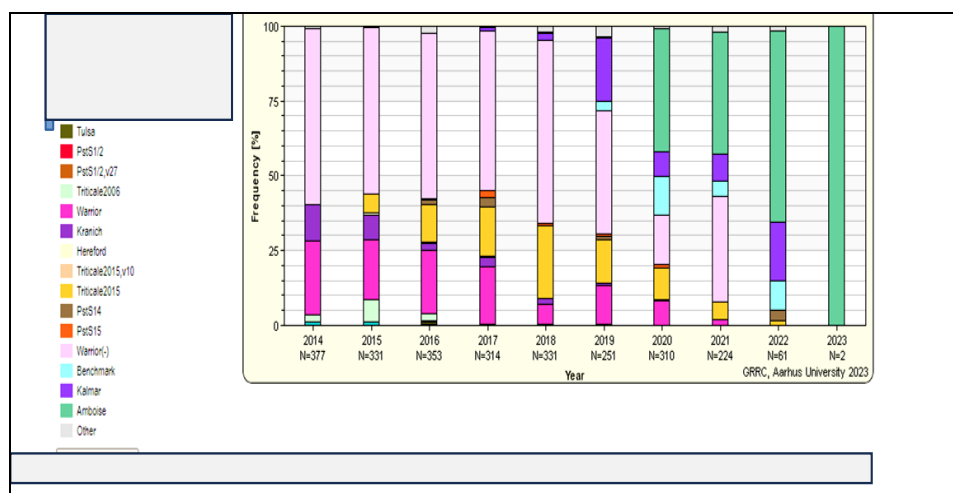


Figura 1 – Frecvența raselor de rugină galbenă în Europa din 2014 până în 2023 conform Global Rust Reference Center (după Hovmöller și colab., 2023)  
[Frequency of yellow rust races in Europe from 2014 to 2023 according to the Global Rust Reference Center (after Hovmöller et al., 2023)]

Recent a fost raportată în China și Turcia apariția unei rase noi virulente față de gena de rezistență Yr5, până de curând considerată eficientă pe tot globul (Zhang și colab., 2020; Tekin și colab. 2021), astfel încât gena Yr15 a rămas singura pentru care nu s-a identificat până acum virulență pe plan internațional.

Vidal și colab. (2022) au arătat că rasele de rugină galbenă diferă nu numai ca virulență ci și ca agresivitate în condițiile de mediu locale și din punct de vedere al competitivității cu rasele locale, iar aceste însușiri contribuie decisiv la rata de extindere a noilor rase.

Evoluția rapidă a virulențelor patogenului *Puccinia striiformis* reprezintă o amenințare constantă pentru culturile de grâu și triticale, inclusiv pentru România ridicând și probleme dificile pentru ameliorarea rezistenței.

▪ **Migrarea rapidă a patogenului pe distanțe foarte mari**

Patogenul *Puccinia striiformis* are o mare capacitate de a migra pe distanțe mari prin sporii purtați de vânt (Brown și Hovmöller, 2002). Sunt cunoscute numeroase cazuri în care rugina galbenă a apărut în zone unde fusese anterior absentă, așa cum a fost cazul în Australiei, unde după apariția bolii în 1979 (O' Brien și colab., 1980) au urmat epidemii devastatoare cu pierderi de producție de până la 84%, sau Africa de Sud unde după ce rugina galbenă a fost observată prima oară în 1996 s-au înregistrat pierderi de recoltă de până la 50% (Boshoff și colab., 2003). În SUA boala era importantă în zona de Vest, dar după anul 2000 ea a devenit tot mai importantă în statele de la Est de Munții Stâncoși (Texas, Louisiana, Oklahoma, Arkansas, Mississippi, Kansas, Colorado, Missouri și Nebraska). De curând rugina galbenă a fost observată pentru prima dată în Zimbabwe (Boshoff și colab., 2020), iar în Egipt a fost raportată apariția unei noi rase agresive (Esmail și colab., 2021).

Cel puțin pentru rasele nou apărute în Europa, divergența marcantă față de rasele anterioare, ca și analizele genetice și moleculare, au sugerat un influx masiv de spori din populații diverse din zona munților Himalaia, care este recunoscută drept un centru de diversitate al patogenului (Hovmöller și colab., 2016).

Rezultatele multor cercetări au demonstrat că, în ciuda introducerii continue a soiurilor cu rezistență la populațiile prevalente ale patogenului, invaziile de spori pot provoca epidemii, la scară continentală (Brown și Hovmöller, 2002), iar caracterizarea moleculară efectuată de Bai și colab. (2021) la probe colectate din nouă țări a demonstrat existența unor migrații globale ale patogenului *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.

Capacitatea extraordinară de migrație în special a noilor rase de rugina galbenă crează probleme deosebite pentru ameliorarea rezistenței și impune o intensă colaborare internațională.

▪ **Cerințele diferite față de temperatură ale noilor rase**

Rugina galbenă a fost considerată tradițional o boală a zonelor climatice mai reci, mai înalte sau nordice, cu valori ale temperaturilor de 2-15°C. Negulescu (1984) specifica drept temperatură optimă pentru infecție 7-10°C și pentru dezvoltarea bolii și sporulare de cca. 15°C, iar Murray și Brennan (2009) afirmă că epifițiile de rugina galbenă apar la temperaturi de 10-15°C și în perioade cu umiditate relativă ridicată, iar temperaturile de peste 20°C tind să inhibe boala, astfel încât infecțiile apar mai ales primăvara devreme.

Apariția recentelor epidemii provocate de rasele nou apărute a sugerat o adaptare la temperaturi ridicate, chiar și în zonele din apropierea Ecuatorului (Shaninnia și colab., 2023). Studii recente au demonstrat că noile rase sunt semnificativ mai adaptate la temperaturi mai ridicate, sporulând cu trei zile (26%) mai devreme, crescând pustulele cu 88% mai repede și producând cu 159% mai mulți spori pe zi per mm<sup>2</sup> de leziune decât rasele anterioare anului 2000 (Milus și colab., 2009).

Pe această bază, autorii au conchis că ruginile grâului pot să se adapteze la temperaturi mai ridicate și să producă atacuri severe în condiții considerate anterior nefavorabile.

Aceste rezultate oferă o explicație penru recente epidemii de rugina galbenă înregistrate pe plan global.

▪ **Probabilitatea sporită de supraviețuire a patogenului peste iarnă, în contextul schimbărilor climatice**

Temperatura critică pentru supraviețuirea patogenului *Puccinia striiformis* este considerată a fi de -6 la -7°C, dar dacă plantulele de grâu sunt acoperite de zăpadă patogenul poate supraviețui când temperatura aerului coboară chiar sub -10°C (Wang și colab., 2015).

S-a observat faptul că epidemiile mai severe au avut loc după iernile calde care au sporit supraviețuirea agentului patogen.

Iernile mai blânde din ultimii ani și temperaturile de iarnă tot mai ridicate prognozate în contextul schimbărilor climatice vor fi probabil din ce în ce mai favorabile supraviețuirii peste iarnă a patogenului instalat din toamna precedentă și declanșării mai timpurii a atacului primăvara.

Este foarte probabil ca recente atacuri observate în România în ultimii ani să fie explicate în mare măsură de faptul că micile focare apărute adeseori din toamnă nu au mai dispărut în timpul iernii.

Pierderile de recoltă produse de rugina galbenă pot fi reduse sau chiar eliminate prin tratamente cu fungicide adecvate, dar aceasta implică atât cheltuieli suplimentare cât și posibile efecte nedorite asupra mediului, fiind și în contradicție cu Directivele Europene. Deși până de curând nu se găsisese nicio dovadă de rezistență a patogenului *Puccinia striiformis* la fungicide, în anul 2021 s-a raportat deja apariția rezistenței acestui patogen la tratamentele chimice (Cook și colab., 2021). De aceea prevenirea atacurilor prin cultivarea de soiuri rezistente rămâne cea mai de dorit soluție, fiind ieftină, ecologică și eficientă, chiar dacă uneori nu este durabilă.

▪ **Influența schimbărilor climatice asupra ruginii galbene**

Se cunoaște faptul că agenții patogeni au o adaptabilitate foarte bună la modificările biotice, cum ar fi diversitatea genelor de rezistență, dar și la modificările abiotice cum ar fi schimbările de temperatură. Adaptarea termică este o caracteristică importantă având în vedere că temperatura medie globală a crescut cu 1,1°C între 1850-1900 și 2011-2020 (Gulev și colab., 2021), iar încălzirea globală continuă, cu o creștere probabilă de 1,5°C până în 2030 (Lee și colab., 2021). Paraschivu și colab. (2020) au analizat modul în care factorii de stres abiotic pot avea impact asupra patogenilor, producând schimbări în ciclul lor de viață (durata incubației, supraviețuirea, răspândirea etc.), în patogenitate, recombinare genetică și agresivitate.

Schimbările climatice pot influența pozitiv sau negativ epidemiile de rugină galbenă în funcție de umiditate și temperatură în anotimpurile de tranziție. S-a observat faptul că epidemiile mai severe au avut loc după iernile calde care au sporit supraviețuirea agentului patogen. De asemenea primăverile târzii, umede și reci și valul de căldură de la debutul verii au favorizat epidemiile de rugină galbenă. Astfel schimbările climatice au capacitatea de a schimba distribuția bolii, iar zonele care erau mai puțin favorabile dezvoltării patogenului *Puccinia striiformis* au devenit acum favorabile (Chen, 2020).

Circuitul apei la nivel global prezintă, de asemenea, modificări (Douville și colab., 2021) cu efecte posibile asupra atacurilor de rugina galbenă. Temperatura este de asemenea un factor abiotic care provoacă schimbări în biologia patogenilor, provocând de

exemplu formarea unui număr mai mare de telia și teliospori la temperatură ridicată la rugina galbenă (Meyer și colab., 2023).

Faptul că factorii care au determinat recenta creștere a impactului ruginii galbene pe plan global în contextul schimbărilor climatice pot avea efecte și în România, ca și faptul că noile rase mai virulente au fost identificate deja ca predominante în Europa, inclusiv în țări ca Republica Cehă, Italia, Polonia, Franța, Spania etc., ne-au determinat să analizăm manifestarea ruginii galbene din anul 2023 în culturile comparative cu soiuri și linii de grâu și triticale organizate sub coordonarea INCDA Fundulea în diferite zone din România.

## MATERIAL ȘI METODE

În această lucrare s-au folosit observațiile privind atacul de rugina galbenă și rezultatele de producție din culturile comparative cu soiuri de grâu și triticale de toamnă efectuate la SCDA Lovrin, SCDA Oradea, SCDA Livada, SCDB Târgu Mureș, SCDA Teleorman și INCDA Fundulea, unde s-a manifestat mai puternic atacul de rugina galbenă. Trei din aceste centre de testare au fost situate în Vestul țării, unul în Centru și două în câmpia din Sud (figura 2).

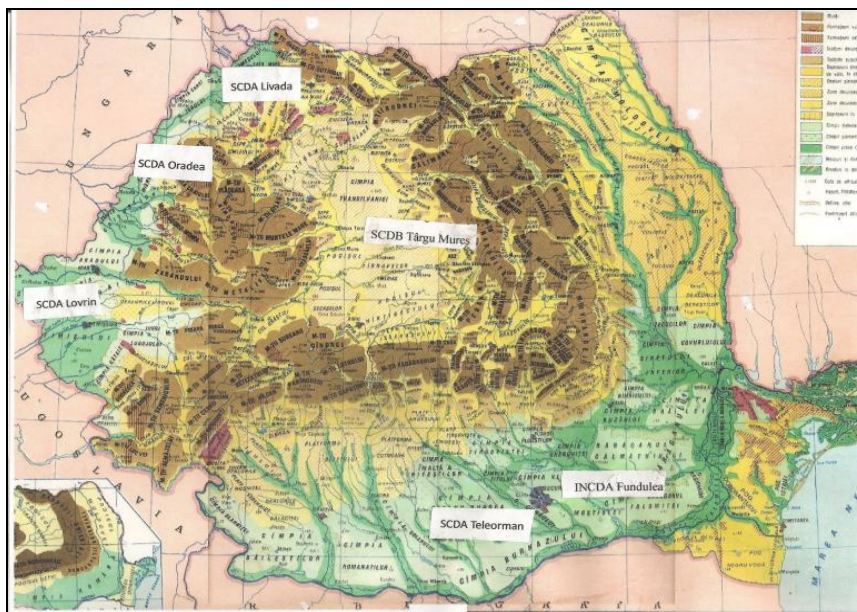


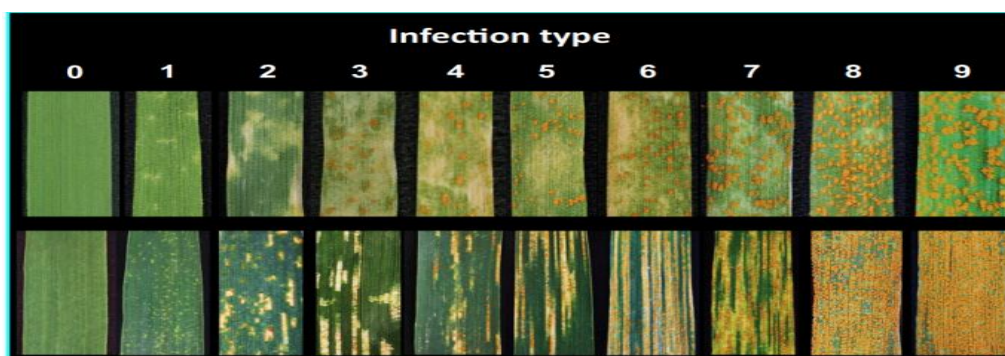
Figura 2 – Amplasarea centrelor de testare unde s-au raportat atacuri semnificative (Location of test centers where significant attacks were reported)

Culturile comparative au fost așezate ca grilaj pătrat balansat, cu 25 variante în 3 repetiții, cu parcele de 5 sau 10 m<sup>2</sup> recoltabili.

Intensitatea atacului de *Puccinia striiformis* a fost evaluată prin note folosind o scară de la 1 la 9 (McNeal și colab., 1971). Conform acestei scale, tipurile de infecție 1-9 sunt



definite după cum urmează: 1: pete minore clorotice și necrotice, 2: pete clorotice și necrotice fără sporulare, 3-4: zone clorotice și necrotice cu sporulare limitată, 5-6: pete clorotice și necrotice. zone necrotice cu sporulare moderată, 7: sporulare abundentă cu cloroză moderată și 8-9: sporulare abundentă și densă fără cloroză și necroză notabilă (figura 3). Această scală este utilizată în mod obișnuit ca un sistem uniform pentru înregistrarea și procesarea datelor privind atacul ruginii galbene.



*Figura 3 – Scala tipurilor de infecție cu rugina galbenă (Chen, 2020)*  
[Scale of yellow rust infection types (Chen, 2020)]

Notările s-au făcut în urma infecției naturale, în condiții necontrolate.

Au fost analizate datele privind temperaturile, precipitațiile și umiditatea relativă a aerului înregistrate la stațiile meteorologice cele mai apropiate de locul unde au fost amplasate experiențele. În lucrare sunt prezentate doar datele privind temperatura aerului, deoarece atacul de rugina galbenă a fost tradițional considerat a fi asociat cu temperaturi mai scăzute, dar și pentru că rasele noi identificate în ultimii ani în Europa sunt considerate mai adaptate la temperaturi mai ridicate.

Pentru aprecierea relației dintre notele privind atacul de rugina galbenă și producție s-au calculat coeficienții de corelație Pearson și regresiiile lineare.

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

Sintetizarea rezultatelor privind atacul de rugina galbenă și efectul acestuia asupra producției de boabe în culturile comparative cu soiuri și linii de grâu de toamnă este prezentată în tabelul 3.

Deși notele pentru atac nu sunt perfect comparabile (fiind efectuate de observatori diferiți), se poate observa că intensitatea atacului a fost diferită, fiind mai mare la Livada și Târgu Mureș și mai redusă la Oradea. Acest fapt se reflectă și în variația producțiilor, deși evident rugina galbenă a fost numai unul din numeroșii factori care le-au influențat.

Tabelul 3

**Notele pentru atacul de rugina galbenă și producția de boabe  
în culturile comparative cu soiuri și linii de grâu de toamnă**  
(Scores for yellow rust attack and grain yield in micro plots with winter wheat cultivars and lines)

Localitatea	Note pentru atacul de rugină galbenă		Producția de boabe (kg/ha)		Corelația dintre nota de atac și producție (r)
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Lovrin	2	8	2407	5499	-0,49
Oradea	3	7	4842	9173	-0,39
Livada	1	7	3948	9452	-0,80
Tg. Mureș	1	9	2324	9046	-0.60
Drăgănești	1	8	5695	9039	-0,58
Fundulea	2	8	3589	5380	-0,46

Relația dintre producție și atacul de rugină este cel mai bine exprimată de coeficienții de corelație, care au variat între -0,39 la Oradea și -0,80 la Livada. Intensitatea corelațiilor nu fost asociată cu potențialul de producție din localitățile de testare, producții de peste 9000 kg/ha înregistrându-se atât la Oradea unde corelația cu producția a fost minimă, cât și la Livada sau Târgu Mureș, unde rugina a afectat cel mai puternic producția.

O situație asemănătoare se poate observa și în cazul culturilor comparative cu soiuri și linii de triticale (tabelul 4). În acest caz, deși notele de atac au variat mult în funcție de rezistența genotipurilor, corelația a fost absentă la Oradea și a atins un maxim de -0,92 la Târgu Mureș. În cultura comparativă cu triticale efectuată în această localitate, variantele cele mai atacate au fost practic compromise și au dat producții de doar câteva kilograme la hectar, în timp ce singura variantă rezistentă a asigurat o producție de peste 4000 kg/ha (figura 4).

Aceste rezultate ilustrează convingător ce efecte catastrofale poate produce atacul de rugina galbenă atunci când există condiții climatice favorabile bolii și virulențe ale patogenului capabile să depășească rezistența genotipurilor plantei gazdă.



*Figura 4* – Imagine din cultura comparativă cu soiuri și linii de triticale la Târgu Mureș  
(Image from the micro plots with triticales cultivars and lines at Târgu Mureș)

*Tabelul 4*

**Note pentru atacul de rugina galbenă și producția de boabe în culturile comparative  
cu soiuri și linii de triticale de toamnă**

(Scores for yellow rust attack and grain yield in micro plots with autumn triticales cultivars and lines)

Localitatea	Note pentru atacul de rugina galbenă		Producția de boabe (kg/ha)		Corelația dintre nota de atac și producție (r)
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Lovrin	5	7	1170	4054	-0,13
Oradea	3	8	2824	6126	0,03
Livada	2	9	558	8554	-0,63
Tg. Mureș	5	9	5	4441	-0,92
Drăgănești	1	6	5199	6936	-0,39
Fundulea	1	7	3481	5038	0,07

În încercarea de a înțelege variația atacului de rugina galbenă în culturile comparative efectuate în diferitele stațiuni, am analizat datele privind temperatura aerului înregistrată în primăvara anului 2023 comparativ cu media multianuală care caracterizează localitățile respective (tabelul 5). Este interesant de observat că cele mai mari abateri negative față de mediile multianuale au fost înregistrate la Oradea unde atacul de rugină a fost mai redus, în timp ce la Livada și Târgu Mureș abaterile temperaturilor din anul 2023 față de mediile multianuale au fost predominant pozitive. Aceste date pot sugera că rasele patogenului prezente în România în anul 2023 prezentau deja o mai bună adaptare la temperaturi mai ridicate decât cele considerate tradițional drept optime pentru *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.

Tabelul 5

**Temperaturile decadale și lunare, precum și abaterile față de media multianuală**  
(Decadal and monthly temperatures, as well as deviations from the multiannual average)

Luna	Decada	Lovrin		Oradea		Livada		Tg. Mureș		Drăgănești (TR)		Fundulea	
		Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)	Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)	Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)	Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)	Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)	Temperatura medie (°C)	Abateră față de media multianuală (°C)
Martie	I	7,0		6,6		5,4		6,1		7,2		7,6	
	II	6,3		6,9		5,9		6,4		7,2		7,5	
	III	9,9		8,9		7,9		7,8		9,4		9,4	
	<b>Media</b>	<b>7,7</b>	<b>+2,4</b>	<b>7,5</b>	<b>-2,5</b>	<b>6,4</b>	<b>1,7</b>	<b>6,8</b>	<b>+0,8</b>	<b>7,9</b>	<b>+3,3</b>	<b>8,2</b>	<b>+3,3</b>
Aprilie	I	6,2		5,5		6,4		5,2		8,2		8,4	
	II	11,16		11,5		11,6		11,1		12,0		11,5	
	III	12,2		11,4		10,9		11,0		13,0		12,7	
	<b>Media</b>	<b>9,8</b>	<b>-0,85</b>	<b>9,5</b>	<b>+0,9</b>	<b>9,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>9,1</b>	<b>-0,4</b>	<b>11,1</b>	<b>-0,8</b>	<b>10,7</b>	<b>-0,6</b>
Mai	I	15,1		14,5		14,4		13,5		14,3		13,8	
	II	15,0		15,4		15,2		15,2		15,9		16,1	
	III	19,4		19,4		19,4*		18,4		18,4*		10,3	
	<b>Media</b>	<b>16,5</b>	<b>+0,40</b>	<b>16,4</b>	<b>-0,7</b>	<b>16,3</b>	<b>0,5</b>	<b>15,7</b>	<b>+1,4</b>	<b>16,2</b>	<b>-0,6</b>	<b>13,4</b>	<b>-4,2</b>
Iunie	I	19,3		19,8*		19,2		19,2		20,6		20,94*	
	II	19,7*		18,9		18,5		18,3		21,7		22,23	
	III	22,2		22,2		21,3		19,9*		23,5		23,83	
	<b>Media</b>	<b>20,4</b>	<b>+0,6</b>	<b>20,3</b>	<b>-1,3</b>	<b>19,7</b>	<b>0,7</b>	<b>19,2</b>	<b>+0,4</b>	<b>21,9</b>	<b>+1,3</b>	<b>22,3</b>	<b>+1,1</b>

\* Decada în care s-au efectuat notările privind atacul de rugina galbenă

	Temperaturi mai ridicate decât optimul pentru dezvoltarea patogenului
	Temperaturi care inhibă dezvoltarea patogenului

O analiză mai detaliată a relației dintre atacul de rugina galbenă este posibilă pe baza graficelor din figurile 5 - 10. Pentru a ușura comparația între comportarea genotipurilor în diferitele centre de testare, ca și între grâu și triticeale, am păstrat deliberat același format al axelor la toate graficele.

La Lovrin, soiul cel mai rezistent (Otilia) nu a fost cel mai productiv, dar soiurile cele mai sensibile, notate cu notele 7 și 8, au dat în medie producțiile cele mai mici, ceea ce determină corelația negativă observată între notele de atac și producția de boabe. La triticeale însă, în mod surprinzător având în vedere că în general s-a observat la triticeale un atac mai mare decât la grâu, corelația dintre notele de atac și producție a fost nesemnificativă (figura 5).

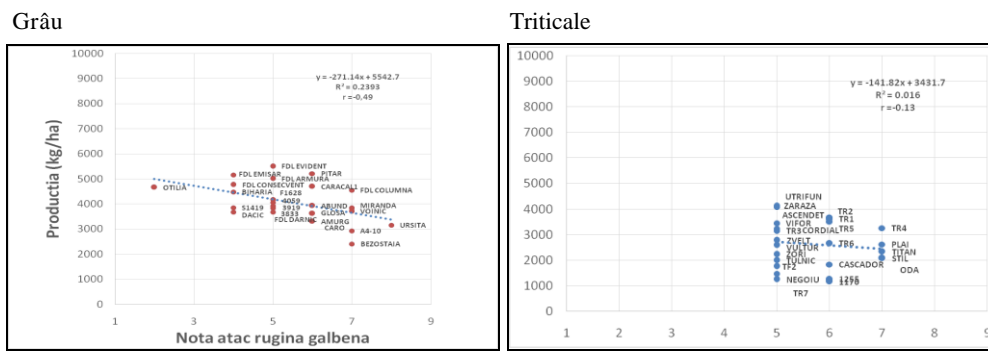


Figura 5 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Lovrin (Relationship between yellow rust attack score and grain yield in Lovrin)

La Oradea, în experiența cu soiuri și linii de grâu, numai producția soiurilor celor mai sensibile (FDL Miranda și Bezostaia 1) a fost afectată de rugina galbenă astfel încât corelația generală dintre notele de atac și producție a fost de doar -0,39. În cultura comparativă cu genotipuri de triticeale, nu s-a constatat nici o corelație între atacul de rugină galbenă și producție (figura 6).

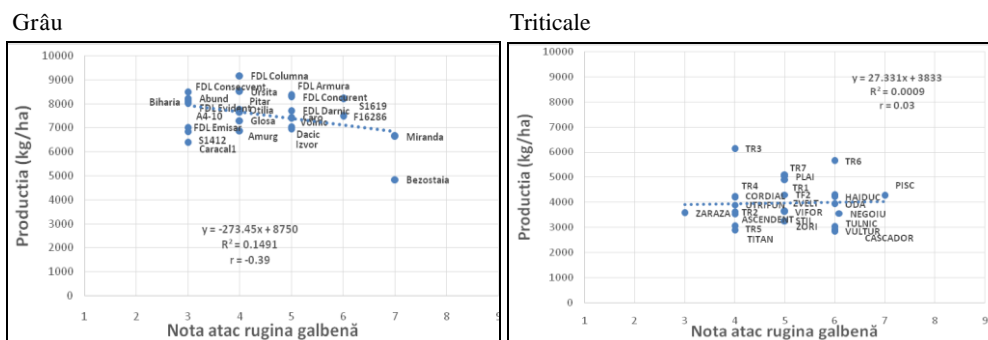


Figura 6 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Oradea (Relationship between yellow rust attack score and grain yield in Oradea)

În contrast, la Livada s-au obținut producții ridicate numai la genotipurile de grâu și triticale care au manifestat rezistență la atacul patogenului *Puccinia striiformis* (figura 7).

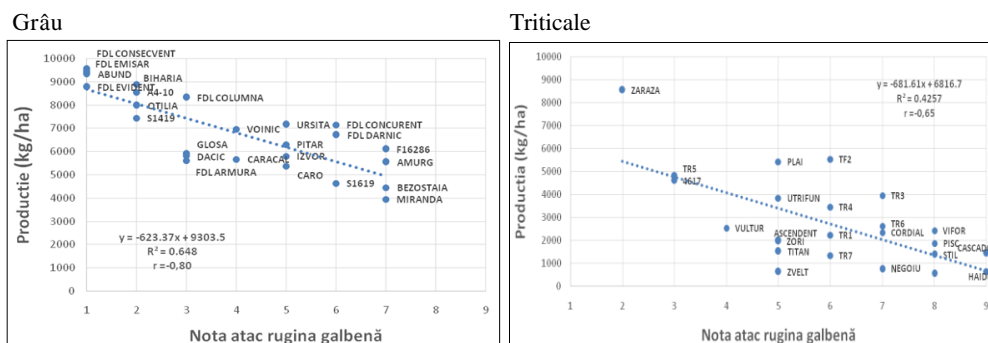


Figura 7 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Livada (Relationship between yellow rust attack score and grain yield in Livada)

Asemănător, la Târgu Mureș soiurile mai puțin atacate de rugina galbenă au dat producțiile cele mai ridicate, în timp ce genotipurile notate ca atacate au dat producții mici, mai ales la triticale, unde majoritatea variantelor experimentate au fost notate cu nota 9 și au dat producții sub 1000 kg/ha (figura 8).

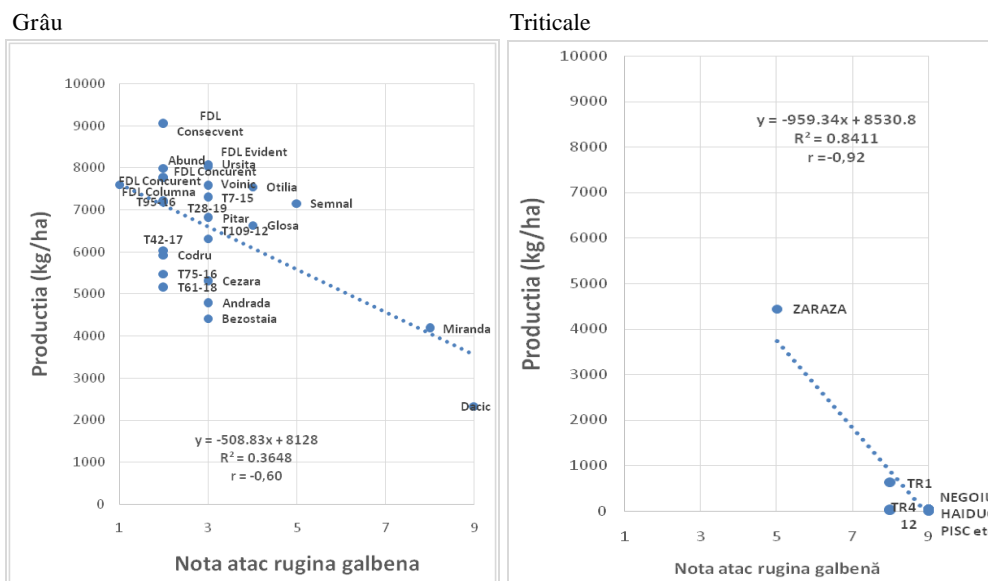


Figura 8 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Târgu Mureș (The relationship between the score for yellow rust attack and grain production in Târgu Mureș)

Deși corelația între atacul de rugină și producție a fost mai slabă, și la SCDA Teleorman soiurile și liniile mai rezistente la rugină au asigurat producții mai ridicate (figura 9).

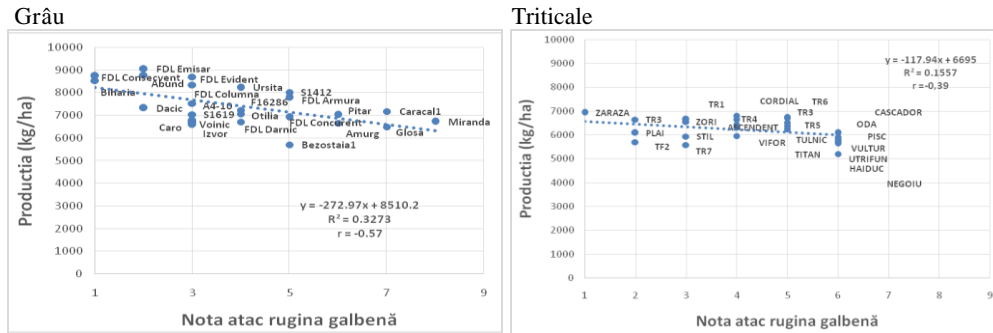


Figura 9 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Drăgănești-Vlașca, Teleorman  
(Relationship between yellow rust attack score and grain yield in Drăgănești-Vlașca, Teleorman)

La INCDA Fundulea s-au evidențiat prin producțiile cele mai ridicate variantele care au fost cel mai puțin atacate de rugina galbenă (Biharia, FDL Consecvent, FDL Evident) dar și linia FDL Columna, care, deși a prezentat un atac mare, pare a avea toleranță superioară (figura 10).

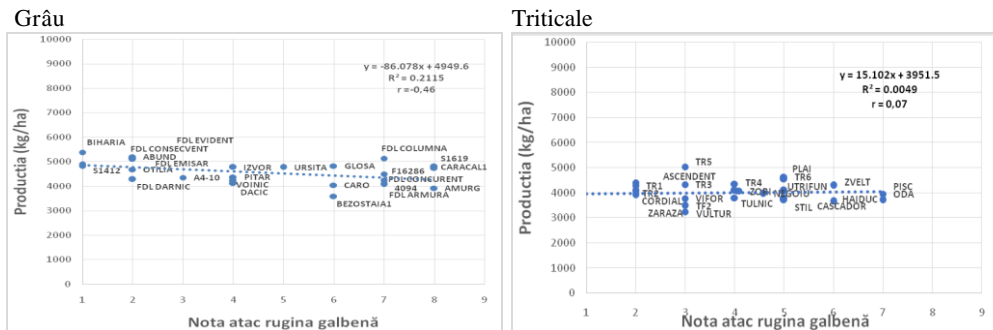


Figura 10 – Relația dintre nota pentru atacul de rugină galbenă și producția de boabe la Fundulea  
(The relationship between the score for yellow rust attack and grain yield in Fundulea)

Din analiza graficelor 5 - 10 se pot observa unele soiuri care au prezentat în majoritatea experiențelor atacuri mai reduse ale ruginii galbene și producții mai ridicate. Astfel, la grâu se pot remarca soiurile FDL Consecvent, Biharia, FDL Emisar și FDL Evident, iar la triticele în special soiul Zaraza. Aceste soiuri pot fi recomandate ca genitori în programele de ameliorare a rezistenței la atacul acestui periculos patogen.

Analiza similarității comportării soiurilor, estimate prin corelația dintre notele privind atacul ruginii galbene înregistrate în cele 6 centre de testare poate furniza informații asupra interacțiunii între genotipuri și condițiile de mediu, dar și asupra diferențelor de

virulență a patogenului care a produs atacul în diferitele centre. Din tabelul 6, care prezintă coeficienții de corelație dintre notările pentru atacul de rugina galbenă la soiurile de grâu testate în culturile comparative în centrele de testare, se poate observa o mare variație, de la 0,13 între comportarea soiurilor la Oradea și la Târgu Mureș, la 0,79 între comportarea soiurilor la Oradea și la Livada. Majoritatea corelațiilor au fost semnificative, dar au existat și multe situații în care notările efectuate pentru atacul de rugină galbenă nu au fost corelate între stațiuni. Atrage atenția faptul că notările de la Târgu Mureș s-au corelat semnificativ doar cu cele de la Lovrin și Teleorman, iar cele de la Oradea numai cu notele de la Livada și Fundulea. Deși pot exista mai multe explicații pentru absența corelațiilor între notele de atac, este posibil ca ele să indice o diferențiere a virulenței patogenului pe teritoriul României.

Tabelul 6

**Corelația dintre notările pentru atacul de rugina galbenă la grâu în centrele de testare**  
(Correlation between scores for yellow rust attack on wheat in testing centers)

	Lovrin	Oradea	Livada	Teleorman	Fundulea	Tg. Mureș <sup>a</sup>
Lovrin	1	0,25	<b>0,40</b>	0,34	<b>0,47</b>	<b>0,59<sup>a</sup></b>
Oradea	0,25	1	<b>0,79</b>	0,33	<b>0,56</b>	0,13 <sup>a</sup>
Livada	<b>0,40</b>	<b>0,79</b>	1	<b>0,53</b>	<b>0,69</b>	0,41 <sup>a</sup>
Teleorman	0,34	0,33	<b>0,53</b>	1	<b>0,58</b>	<b>0,73<sup>a</sup></b>
Fundulea	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,69</b>	<b>0,58</b>	1	0,28 <sup>a</sup>
Tg. Mureș <sup>a</sup>	<b>0,59<sup>a</sup></b>	0,13 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	<b>0,73<sup>a</sup></b>	0,28 <sup>a</sup>	1

<sup>a</sup> corelații calculate doar cu datele de la 13 soiuri testate în toate centrele.

Coeficienții de corelație în **bold** sunt semnificativi pentru  $P < 5\%$ .

Corelațiile dintre comportarea genotipurilor de triticale în culturile comparative efectuate în aceleași centre, au prezentat o variație mai mică fiind cuprinse între 0,38 și 0,69 (tabelul 7). Comportarea genotipurilor de triticale în cele 6 centre de testare a fost semnificativ corelată, excepția notelor de la Lovrin și a unora din notele de la Târgu Mureș. Aceasta sugerează o diferențiere mai mică a virulenței patogenului la triticale, dar și faptul că la Lovrin și Târgu Mureș au putut exista virulențe diferite.

Tabelul 7

**Corelația dintre notările pentru atacul de rugina galbenă la triticale în centrele de testare**  
(Correlation between the scores for the attack of yellow rust in triticale in testing centers)

	Lovrin	Oradea	Livada	Tg. Mureș	Teleorman	Fundulea
Lovrin	1	0,04	0,09	0,03	-0,02	0,13
Oradea	0,04	1	<b>0,64</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,69</b>
Livada	0,09	<b>0,64</b>	1	<b>0,59</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
Tg. Mureș	0,03	<b>0,53</b>	<b>0,59</b>	1	<b>0,56</b>	0,38
Teleorman	-0,02	<b>0,56</b>	<b>0,50</b>	<b>0,56</b>	1	<b>0,41</b>
Fundulea	0,13	<b>0,69</b>	<b>0,50</b>	0,38	<b>0,41</b>	1

Coeficienții de corelație în **bold** sunt semnificativi pentru  $P < 5\%$ .



## CONCLUZII

În contextul creșterii frecvenței și intensității atacurilor de rugină galbenă în Europa și pe plan mondial, observațiile efectuate în anul 2023 în culturile comparative cu soiuri de grâu și triticeale în 6 centre de testare din România unde s-a manifestat un atac mai puternic, au evidențiat corelații între notele de atac și producția de boabe cuprinse între -0,39 și 0,80 la grâu și între 0,03 și -0,92 la triticeale.

Temperaturile medii înregistrate primăvara nu au fost semnificativ mai scăzute decât mediile multianuale dar au fost frecvent mai ridicate decât cele considerate optime pentru dezvoltarea patogenului, ceea ce sugerează o adaptare la temperaturi mai ridicate a raselor de rugina galbenă care s-au manifestat în România în anul 2023.

Este posibil ca absența în unele cazuri a corelațiilor între notele de atac înregistrate la aceleași soiuri în diferite localități, să fie datorată unei virulențe diferite a patogenului pe teritoriul României, mai mult la grâu decât la triticeale.

Aceste rezultate subliniază că este necesar să se acorde o atenție sporită protejării culturilor de grâu și triticeale de atacul ruginii galbene mai ales prin cultivarea mai multor soiuri care să poseze gene de rezistență diferite.

## REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BAI, Q., WAN, A., WANG, M., SEE, D.R., CHEN, X., 2021 – *Molecular characterization of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) collections from nine countries*. Journal of Molecular Sciences, 22(17), 9457.
- BARTOŠ, P., 2010 – *Rusts epidemics and their implications in wheat breeding and research in the Czech Republic*. Czech J. Genet. Plant Breed, 46(2): 90-96.
- BOSHOFF, W.H.P., PRETORIUS, Z.A., NIEKERK, B., 2003 – *Fungicide efficacy and the impact of stripe rust on spring and winter wheat in South Africa*. South African Journal of Plant and Soil, 20(1): 11-17.
- BOSHOFF, W.H.P., VISSER, B., LEWIS, C.M., ADAMS, T.M., SAUNDERS, D.G.O., TEREFE, T., PRETORIUS, Z.A., 2020 – *First report of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, causing stripe rust of wheat, in Zimbabwe*. Plant Disease, 104(1), 290.
- BROWN, J.K., HOVMØLLER, M.S., 2002 – *Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease*. Science, 297(5581): 537-541.
- BUNTA, G., 2005 – *Virulence of *Puccinia striiformis* population in the west of Romania*. Romanian Agricultural Research, 22: 9-13.
- CHEN, X.M., 2005 – *Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on wheat*. Canadian Journal of Plant Pathology, 27(3): 314-337.
- CHEN, X., 2020 – *Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen*. Food Sec., 12: 239-251.
- COOK, N.M., CHNG, S., WOODMAN, T.L., WARREN, R., OLIVER, R.P., SAUNDERS, D.G., 2021 – *High frequency of fungicide resistance-associated mutations in the wheat yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici**. Pest Management Science, 77(7): 3358-3371.
- COTUNA, O., HORABLAGA, M., BOSTAN, C., SĂRĂȚEANU, V., AGAPIE, A.L., 2019 – *Response of some varieties and genotypes of triticeale (*Triticosecale* Wittm.) to the attack of *Puccinia striiformis* West. fungus in western Romania*. Research Journal of Agricultural Science, 51(2): 11-18.
- COTUNA, O., 2023 – *Atenționare! Rugina Galbenă face ravagii la soiurile sensibile, iar riscul de Fusarioză la cerealele păioase este crescut*. Agrobiznes.ro, 9 mai 2023.
- DOUVILLE, H., RAGHAVAN, K., RENWICK, J., ALLAN, R.P., ARIAS, P.A., BARLOW, M., CERZOMOTA, R., CHERCHI, A., GAN, T.Y., GERGIS, J., JIANG, D., KHAN, A., POKAM MBA, W.,

- ROSENFELD, D., TIERNEY, J., ZOLINA, O., 2021 – *Water cycle changes*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 8. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.010>
- ESMAIL, S.M., DRAZ, I.S., ASHMAWY, M.A., EL-ORABEY, W.M., 2021 – *Emergence of new aggressive races of Puccinia striiformis f. sp. tritici causing yellow rust epiphytotic in Egypt*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 114, 101612.
- GOGA, N., 2019 – *Eficiența și rentabilitatea combaterii chimice a complexului patogen la cultura de triticale în condițiile anului 2018, în nord-vestul României*. *Analele INCDA Fundulea*, 87: 219-227.
- GULEV, S.K., THORNE, P.W., AHN, J., DENTENER, F.J., DOMINGUES, C.M., GERLAND, S., GONG, D., KAUFMAN, D.S., NNAMCHI, H.C., QUAAS, J., RIVERA, J.A., SATHYENDRANATH, S., SMITH, S.L., TREWIN, B., VON SCHUCKMANN, K., VOSE, R.S., 2021 – *Changing state of the climate system*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 2. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.004>
- GULTYAEVA, E., SHAYDAYUK, E., KOSMAN, E., 2022 – *Virulence Diversity of Puccinia striiformis f. sp. tritici in Common Wheat in Russian Regions in 2019–2021*. *Agriculture*, 12(11), 1957.
- HOVMØLLER, M.S., WALTER, S., BAYLES, R.A., HUBBARD, A., FLATH, K., SOMMERFELDT, N., LECONTE, M., CZEMBOR, P., RODRIGUEZ-ALGABA, J., THACH, T., HANSEN, J.G., LASSEN, P., JUSTESEN, A.F., ALI, S., DE VALLAVIEILLE-POPE, C., 2016 – *Replacement of the European wheat yellow rust population by new races from the centre of diversity in the near-Himalayan region*. *Plant Pathology*, 65(3): 402-411.
- HOVMØLLER, M.-S., PATPOUR, M., RODRIGUEZ-ALGABA, J., THACH, T., SØRENSEN, C.K., JUSTESEN, A.F., HANSEN, J.G., 2023 – *GRRC 2022 report of stem and yellow rust genotyping and race analyses*. Global Rust Reference Center, Aarhus University.
- IONESCU-ȘIȘEȘTI, G., 1938 – *Cultura grâului*. Editura „Cartea Românească” București: 319-321.
- LEE, J.Y., MAROTZKE, J., BALA, G., CAO, L., CORTI, S., DUNNE, J.P., ENGELBRECHT, F., FISCHER, E., FYFE, J.C., JONES, C., MAYCOCK, A., MUTEMI, J., NDIAYE, O., PANICKAL, S., ZHOU, T., 2021 – *Future global climate: scenario based projections and near-term information*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 4. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.006>
- MCINTOSH, R., MU, J., HAN, D., KANG, Z., 2018 – *Wheat stripe rust resistance gene Yr24/Yr26: A retrospective review*. *The Crop Journal*, 6(4): 321-329.
- MCNEAL, F.H., KONZAK, C.F., SMITH, E.P., TADE, W.S., RUSSELL, T.S., 1971 – *A uniform system for recording and processing cereal research data*. USDA Agric. Res. Surv. Wash DC ARS 34-121.
- MERT, Z., NAZARI, K., KARAGÖZ, E., AKAN, K., ÖZTÜRK, İ., TÜLEK, A., 2016 – *First incursion of the Warrior race of wheat stripe rust (Puccinia striiformis f. sp. tritici) to Turkey in 2014*. *Plant Diseases*, 100(2), 528.
- MEYER, K.J., LECONTE, M., VIDAL, T., GOYEAU, H., FRÉDÉRIC, S., 2023 – *Is thermal aptitude a pivotal driver in the establishment of recent Puccinia striiformis f. sp. tritici lineages in Europe?* *BioRxiv*, 2023-08.
- MILUS, E.A., KRISTENSEN, K., HOVMØLLER, M.S., 2009 – *Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of Puccinia striiformis f. sp. tritici causing stripe rust of wheat*. *Phytopathology*, 99(1): 89-94.
- MURRAY, G.M., BRENNAN, J.P., 2009 – *Estimating disease losses to the Australian wheat industry*. *Australasian Plant Pathology*, 38(6): 558-570.
- MUSTĂȚEA, P., SĂULESCU, N.N., ITTU, G., ITTU, M., MANDEA, V., MARINCIU, C., ȘERBAN G., 2015 – *Rezistența la rugina galbenă - un obiectiv de ameliorare a grâului devenit prioritar după experiența anului 2014*. Comunicare la Sesiunea internă a INCDA Fundulea.
- NEGULESCU, F., 1984 – *Bolile grâului*. În monografia GRÎUL sub redacția N. Ceapoiu. Editura Academiei, București: 137.
- O' BRIEN, L., BROWN, J.S., YOUNG, R.M., PASCOE, T., 1980 – *Occurrence and distribution of wheat stripe rust in Victoria and susceptibility of commercial wheat cultivars*. *Australasian Plant Pathology* 9: 14.

- PARASCHIVU, M., COTUNA, O., PARASCHIVU, M., OLARU, A., 2020 – *Effects of interaction between abiotic stress and pathogens in cereals in the context of climate change: an overview*. Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series, 49(2): 413-424.
- POP, N.O., GOGA, N., BĂNĂȚEANU, C., 2017 – *The manifestation of yellow rust (*Puccinia striiformis* West.) on wheat crop in northwest area of Romania*. Analele INCDA Fundulea, 85: 205-215.
- SĂULESCU, N.A., 1961 – *Observații asupra atacului de rugina galbenă în Dobrogea în anul 1961*. Manuscris.
- SHAHINIA, F., MOHLER, V., HARTL, L., 2023 – *Genetic Basis of Resistance to Warrior (-) Yellow Rust Race at the Seedling Stage in Current Central and Northern European Winter Wheat Germplasm*. Plants, 12, 420. <https://doi.org/10.3390/plants12030420>
- SØRENSEN, C.K., HOVMØLLER, M.S., LECONTE, M., DEDRYVER, F., DE VALLAVIEILLE-POPE, C., 2014 – *New races of *Puccinia striiformis* found in Europe reveal race specificity of long-term effective adult plant resistance in wheat*. Phytopathology, 104(10):1042-1051.
- TEKIN, M., CAT, A., AKAN, K., CATAL, M., AKAR, T., 2021 – *A new virulent race of wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) on the resistance gene *Yr5* in Turkey*. Plant Disease, 105(10), 3292.
- VIDAL, T., BOIXEL, A.L., MAGHREBI, E., PERRONNE, R., DU CHEYRON, P., ENJALBERT, J., DE VALLAVIEILLE-POPE, C., 2022 – *Success and failure of invasive races of plant pathogens: the case of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in France*. Plant Pathology, 71(7): 1525-1536.
- VOICA, M., DELCEA, A., TUNARU, M., BĂLȚATU, I., SURDU, M., ALEXANDRU, R., LOBONȚIU, I., 2023 – *Atenție la bolile foliare ale cerealelor semănate în toamna anului 2022*. InfoAMSEM, 6.
- WANG, X., MA, Z., JIANG, Y., SHI, S., LIU, W., ZENG, J., WANG, H., 2015 – *Modeling of the overwintering distribution of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* based on meteorological data from 2001 to 2012 in China*. Frontiers of Agricultural Science and Engineering: 223-235.
- WELLINGS, C.R., 2011 – *Global status of stripe rust: a review of historical and current threats*. Euphytica, 179(1): 129-141.
- ZHANG, G.S., ZHAO, Y.Y., KANG, Z.S., ZHAO, J., 2020 – *First report of a *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* race virulent to wheat stripe rust resistance gene *Yr5* in China*. Plant Disease, 104(1), 284.
- ŽUPUNSKI, V., JEVIĆ, R., BRBAKLIĆ, L., MIROSAVLJEVIĆ, M., MIKIĆ, S., 2023 – *First report of yellow rust on barley and triticales in Serbia*. Biljni Lekar, 51(4): 576-584.