

Modeli bolesti za pšenicu



Pšenica je po broju ha i po tonaži druga najznačajnija žitarica. Pšenica se uzgaja na vrlo širokom području. Od subtropske zimske proizvodnje do Škotske 11 meseci dugačke hladne klime, pšenica pokazuje svoju ogromnu rodnost. Kao sve ostale bolesti one koje se odnose na pšenicu imaju u određenu istoriju i druge aspekte koji su uglavnom klimatski.

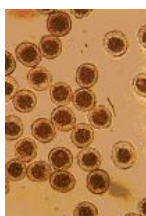
Razne rđe su najznačajnije bolesti u toplijim područjima i prvenstveno su vezane za klimu. Dok *Blumeria graminis* sa njenom prilagodljivošću na razne klimatske situacije su prvenstveno pod uticajem istorije njive i julijanskog dana i a ne od strane klimatskih parametara. *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Gaeumannomyces graminis* i *Rhizoctonia cerealis* prvenstveno zavise od istorije mesta a ne mnogo od klime. *Fusarium* i njegova sposobnost da stvara toksine je pod dejstvom istorije polja a ne klime. S obzirom da se neće pojaviti ako klima ne pogoduje zarazi tokom cvetanja.



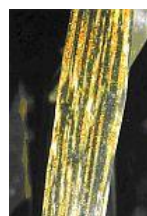
RĐE PŠENICE



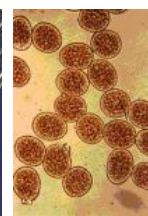
rđa lista



rđa stabljike



rđa klasa



Rđe pšenice su bolesti toplijih klimatskih područja. Gde se ustvari i većina pšenice uzgaja. Tri bolesti rđe: Rđa lista (*Puccinia tritici*), Rđa stabla (*Puccinia graminis*) i Rđa klasa (*Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici*) se razlikuju po svojim klimatskim potrebama. Stoga će se pojaviti sami ili u kombinaciji sa ekosistemima gde će njihove klimatske potrebe biti zadovoljene... Rđa

pripada bolestima koja su opisana još od starih dana. Italijani Fontana i Tozzeti su nezvezano jedni za druge pružili prve detaljne izveštaje o rđi stabljike pšenice 1767. Uobičajeni organizam rđe stabla pšenice je nazvan *P. Graminis* od strane Persona 1797.

Biologija *Puccinia tritici*

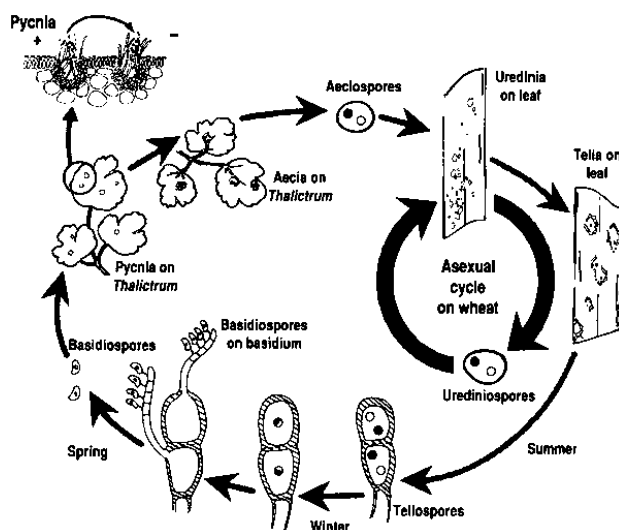


Puccinia tritici može da preživi iste uslove, koje može vlažno lišće da preživi, stim da je došlo do zaraze a do sporulacije ne. Gljiva može da zarazi u periodima sa mrazom u roku od tri sata ili manje pri temperaturi od 20°C; međutim više zaraze nastupa sa dužim periodima rose. Hladnije temperature, duži periodi rose, na primer, pri 10°C 12 sati vlage je potrebno. Mala ili skoro nikakava infekcija ne nastupa kada je temperatura u periodu mraza iznad 32°C ili ispod 2°C. Većina ozbiljnih epidemija nastupa kada uredinia ili latentna infekcija preživi zimu na pšenici, ili gde je prolećno sijana pšenica nosilac egzogenog inokuluma pre klasanja.

Puccinia tritici je prvenstveno patogen pšenice.

Gljive proizvode seksualne gamete na alternativnom domaćinu. Većina istraživača rđi predpostavljaju da *Thalictrum Speciosissimum* je primarni alternativni domaćin za *P. Recondita*. F. Sp. *Tritici* u Evropi. Alternativni domaćin je zaražen kada teliospore klijaju u prisustvu slobodne vlage. Basidiospore se proizvode koje se mogu raznositi na mnje razdaljine da zaraze alternativnog domaćina. Odprilike sedam do deset dana prateći zarazu, piknia sa piknosporama i receptivne hife se pojavljuju. One služe kao gamete, i oplodnja nastupa kada nektar koji sadrži piknospore se raznosi do receptivnih hifa drugog tipa za parenje od strane insekta, kiše... Aecialne kupe se pojavljuju sedam do deset dana kasnije na donjoj površini listova, proizvodeći aeciospore koje se raznose vetrom i uzrokujući zarazu prodirući kroz stome. Razdaljine na koje aeciospore mogu da putuju su relativno kratke.

Životni ciklus



Crtež pored prikazuje životni ciklus za *P. Triticina* i *P. Triticiduri* i ciklus zaraze za rđu lista pšenice. Vreme svakog događaja i učestalost nekih događaja (seksualni ciklus...) može da varira između različitih područja i regija sveta. Alternativni domaćin pruža mali broj direktnih inokulama *P. Triticina*, ali može biti mehanizam za genetičku razmenu između rasa i možda populacija. Inokulum u obliku urediniospora može biti raznešen od strane vetra sa jednog područja na drugo.

Seksualni ciklus je esencijalan za *P. Tritaciduri*. Teliospore mogu klijati ubrzo nakon razvoja, i zaraza bazidiosporama može nastupiti tokom ciklusa rasta pšenice.

Uredinospore započinju klijanje 30 minuta nakon dodira sa slobodnom vodom pri temperaturi od 15°C do 25°C. Klijuća tuba raste uz površinu lista dok ne dospe do stome i u njemu formira apresorium, odmah zatim razvijajući prodirući klin i sub stomalne vezikule iz kojih se primarne hife razvijaju. Haustorijalna matična ćelija se razvija uz mezofil ćelije, i nastupa direktno prodiranje. Haustorium se formira unutar žive ćelije. Sekundarne hife daju dodatnu haustorijalnu matičnu ćeliju i haustoriju. U nepotpunom domaćin – patogen odnosu haustoria ne uspeva da se razvije ili se sporo razvija. Kada ćelije domaćina uginu, gljiva haustorijum umire. U zavisnosti kada i koliko ćelija je uključeno, odnos domaćin – patogen će dovesti do vidljive reakcije otpora.

Klijanje spora do do sporulacije može da traje sedam do deset dana pri optimalnim i konstantnim temperaturama. Pri niskim temperaturama (10°C do 15°C) duži periodi su potrebni. Gljiva može da preživi kao micelija mesec dana ili više kada su temperature blizu ili ispod smrzavanja. Maksimalna sporulacija se dostiže u roku od četiri dana prateći inicijalnu sporulaciju (pri odprilike 20°C). Iako vrednosti mogu da značajno variraju, oko 3000 spora se stvara po urediniumu dnevno. Stepem proizvodnje može da potraje tri nedelje ili više ako lišće pšenice ostane živo. Uredinie su crvene boje, ovalnog oblika i raspoređene, i prodiru kroz epidermis.

Uredinospore su narandžaste do tamnocrvene boje, sferičnog oblika i uglavnom 20 – 28 µm u prečniku. Teliospore su tamno smeđe, dvoćelijske sa debelim zidovima, zaobljene i pljosnate pri apexu. *Puccinia tritaciduri* se razlikuje od *P. Triticina* po zahtevu od 10 do 12 dana za pojavu uredinospora i sporedna proizvodnja teliospora često nastupa u roku od 14 dana od zaraze. Uredinije su žuto smeđe i proizvode mnogo manje uredinospora po uredinii, i u roku nekoliko dana lezije prvenstveno proizvode teliospore. Takođe *P. Tritaciduri* zaraze se pojavljuju sa donje strane lista.

Teliospore od *P. Triticina* se formiraju ispod epidermisa i usled nepovoljnih uslova ostaju na listu. Bazidiospore se formiraju i oslobađaju pod vlažnim uslovima, što ograničava njihovo širenje. Bazidiospore su osetljive na svetlost, dalje ograničavajući njihovo širenje, verovatno na samo nekoliko desetina meters. Aeciospore su sličnije urediosporama po mogućnošću prenošenja vetrom, ali raznošenje na veće razdaljine iz nekog razloga nije zabeleženo. *Puccinia tritaciduri* će proizvesti teliospore nedelju dana od zaraze, stvarajući mračan prsten oko svakog mesta zaraze.

Zaraze *Puccinia tritici* započinju nakon četiri sata vlaženja lista pri optimalnim temperaturnim uslovima. Gljive mogu zaraziti pri velikom rasponu temperature. Model predpostavlja da je za zarazu potrebno temperatura po satima od 90°C vlaženja lista pri temperaturama vazduha u rasponu 5°C do 30°C.

Biologija Puccinia Gramminis

Rđa stabla pšenice ili crna rđa je uzrokovana od strane *P. Gramminis* f. Sp. Tritici. U svoje vreme, bila je bolest od koje se najviše strepilo u područjima gde se uzgaja pšenica. Strah od rđe stabla je razumljiv s obzirom da je na izgled potpuno zdrava biljka postajala crna i sa izlomljenim stablom za samo tri nedelje pre žetve.

U Evropi i Severnoj Americi, uklanjanje sekundarnog domaćina smanjuje broj virulentnih kombinacija i količinu lokalno proizvedenog inokuluma (aciospore). Rano sazrevajući kultivari izbegavaju većinu štete uzrokovane od strane rđe stabla pšenice izbegavajući period rasta gljiva. Široko rasprostranjena upotreba otpornih kultivara doprinela je smanjenju širenja ove bolesti kao značajan faktor u proizvodnji. Iako promene u virulentnosti patogena su dovele do neefikasnosti nekih rezistentnih sojeva. Rezistentni kultivari se uglavnom razvijaju pre nego što se patogen promeni. Danas je rđa stabljike pšenice uglavnom pod kontrolom.

Epidemologija



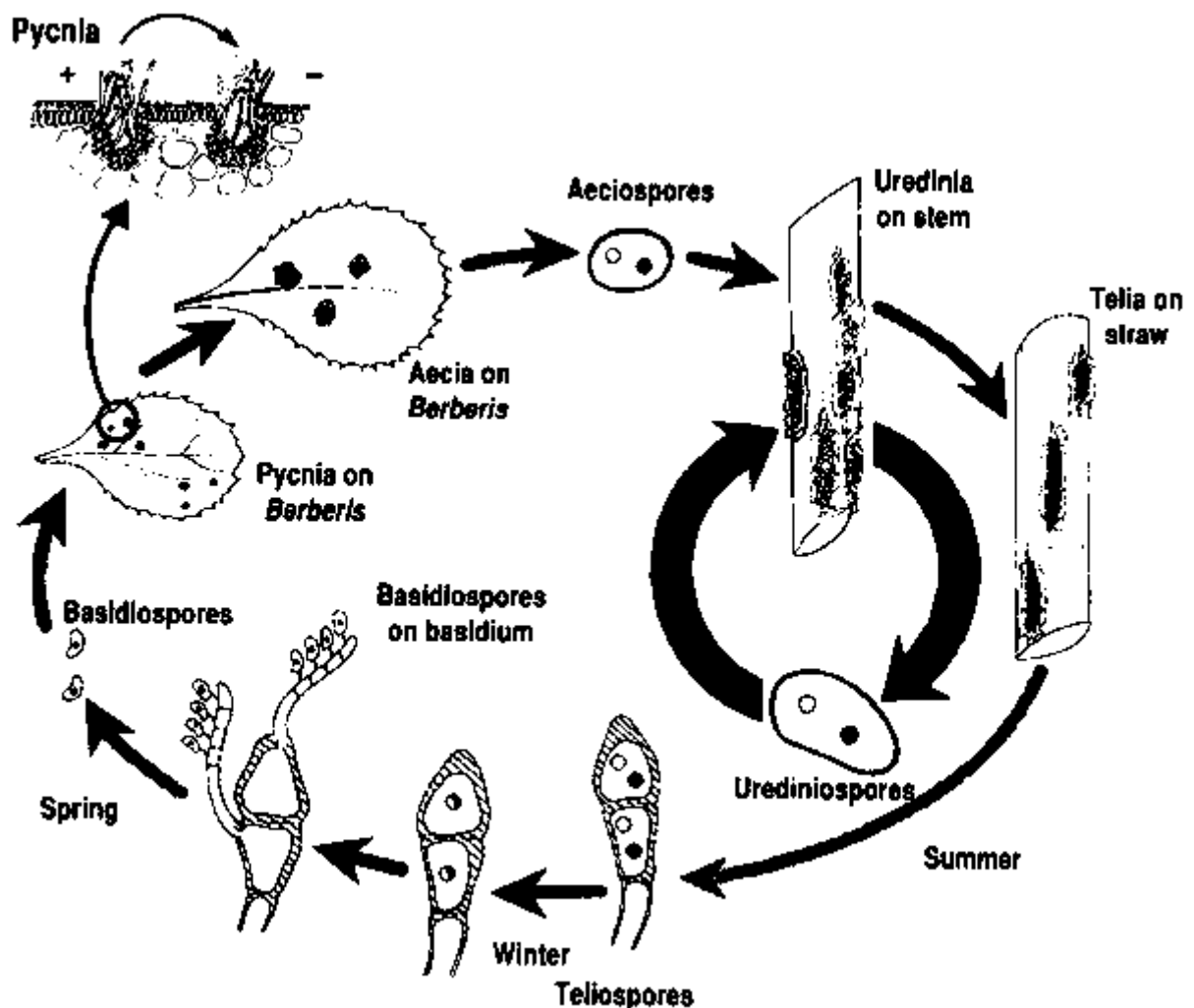
Epidemologija *P. Graminis* je slična *P. Triticini*-i. Minimalne, optimalne i maksimalne temperature za klijanje spora su 2^o, 15^oC do 24^o i 30^o, a za sporulaciju 5^o, 30^o i 40^oC što je oko 5,5^oC više u svakoj kategoriji nego za *P. Triticina*. Rđa stabljike je značajnija za kasniji period, odnosno periodu rasta, za pšenicu koja se kasnije seje i sazreva, i pri nižim nadmorskim visinama. Pšenica koja je sejana u proleće je posebno osetljiva pri višim nadmorskim visinama, ukoliko je izvor inokuluma lociran u niziji. Velike površine pod pšenicom koja je sejana u jesen se pojavljuje u južnim planinama Severne Amerike. Pružajući inokulum za pšenicu na severnom delu koja se seje u proleće. U toplim vlažnim klimatskim područjima, rđa stabljike pšenice može biti

jako zastupljena zbog dugih perioda sa povoljnim uslovima za razvoj bolesti kada je prisutan lokalni izvor inokuluma.

Rđa stabljike se razlikuje od rđe lista jer zahteva duži period rosenja (šest do osam sati je potrebno). Pored toga, mnogi zubčići za prodiranje ne uspevaju da se razviju iz apresorijuma, dok nisu stimulisani barem sa 10000 luksa svetlosti za period od tri sata dok se biljka polako suši od rose. Maksimalna zaraza se postiže sa 8 – 12 sati rose pri 18^oC praćeno sa 10000+ luksa svetlosti dok se rosa polako suši i temperatura se penje do 30^oC. Svetlost je često

ograničena na polju s obzirom da se rosa pojavljuje u jutro. Međutim, male zaraze mogu nastati kada su noćni mraz i kiša praćeni vetrom koji osušuje biljku pre sunca. U plastenicima, smanjena svetlost je često uzrok za slabu zastupljenost zaraze. Efekat svetlosti je verovatno efekat biljke prvenstveno nego sistema gljiva kako se urediospore ubrizgavaju u pršljen lista uzrokujući uspešno prodiranje gljivice bez toga da svetlost dospe do gljivice. Rđa stabljike uredinia se pojavljuje kako na listu tako i na površini stabljike, i na ostalim delovima pšenice. Bubuljice rđe stabla (uredinium) mogu proizvesti 10.000 urediniospora po danu. Ovo je više nego kod rđe lista, ali je stepen zaraze manji. Jednim od deset pokušaja će uzrokovati zarazu. Uredinie rđe stabljike, koje se nalaze uglavnom na tkivu stabljike i lista, uglavnom prežive duže nego one od rđe lista koje se češće nalaze na oštricama listova. Stepenn povećanja zaraze obe bolesti je vrlo sličan.

Urediniospore rđe stabljike su prvenstveno otporne na atmosferske uslove ukoliko je njihov sadržaj vlage osrednji (20-30 procenata). Prenos na veće razdaljine svake godine (800 km) kroz Severnu Ameriku. Skoro svake godine (2000 godina) od Auastralije do Novog Zelanda. I barem tri puta u proteklih 75 godina (8000 km) od istočne Afrike do Australije.



Aciospore takođe mogu biti izvor inokuluma rđe stabljike pšenice. Istorijski ovo je bilo značajno u Severnoj Americi i u severnoj i istočnoj Evropi. Ovaj izvor inokuluma je uglavnom bio uništen ili značajno smanjen uklanjanjem turske loze (*Berberis vulgaris*) iz neposredne blizine. Aciospore vrše zarazu pšenice na vrlo sličan način kao urediniospore.

Domaćini

Pšenica, ječam, tritikale i još nekoliko srodnih sorti su primarni domaćini *P. Graminis f. Sp. Tritici*. Međutim usko povezan patogen *P. graminis f. sp. Secalis* je virulentan na većini ječma i nekim pšenicama. *P. graminis f. sp. Secalis* može napasti *Sr6* i *Sr11*. Primarni sekundarni domaćin u prirodi je bio *B. Vulgaris L.*, sorta domaća u Evropi, iako su druge sorte bile osetljive u testovima plasteniku. Alternativni domaćini su uglavnom osetljivi ili ka nijednim ili ka svim formama oblika *P. Graminis*.

Alternativni domaćini

Glavni alternativni domaćin za *P. graminis* je *B. vulgaris*, koji se raširio od strane ljudi na celoj severnoj hemisferi. Zbog svog uspravnog, žbunastog oblika sa mnogo oštih trnova, služi kao odlična ograda oko polja. Drvo je bilo korisno za pravljenje ručki alata, od kore se pravila boja, a plod je služio za pravljenje džemova.

Doseljenici koji su dolazili u Severnu Ameriku iz Evrope su doneli sa sobom šimširku. Šimširka se širila na zapad kako su se ljudi kretali i postala je pripitomljena biljka od Pensilvanije kroz južnu Dakotu do severoistočnog Kanzasa. Mnogo sorti Berberisa, Mahonije, Mahoberberisa su osetljive na *P. Graminis*.

Alternativni domaćini su bili glavni izvor novih kombinacija gena za virulentnost i agresivnost patogena. Količina varijacija kod patogena čini uzgoj rezistentnih sorti vrlo teškim, ako ne i nemogućim. Od mnogih virulentnih kombinacija koje su prisutne jedne godine, mnoge se neće pojaviti sledeće godine, ali mnoge nove će se pojaviti. Šimširka je bila izvor inokuluma početkom sezone. Uopšteno, zaraženi žbunovi su bili blizu polja žitarica od predhodne sezone, tako da je inokulum putovao kroz male razdaljine bez gubitka u broju i pokretljivosti što je karakteristično za kada se radi o većim razdaljinama. Jedan veliki žbun šimširke može proizvesti 64×10^9 aciospora u roku od nekoliko nedelja. Ovo je ekvivalentno dnevnom otpuštanju 20 miliona uredinia, u području od 400 m^2 .

Šimširka je bila glavni izvor inokuluma rđe stabljike u Danskoj i Severnoj Americi. Uspeh u smanjivanju epidemije rđe stabljike u severnoj Evropi i Severnoj Americi može se pripisati uklanjanju šimširke u blizini polja pšenice.

Otpornost na *P. graminis* u *Berberisu* se javlja kao nemogućnost patogena da direktno proдре kroz kutikulu. *Berberis vulgaris* postaje otporna na zarazu 14 dana nakon otvaranja listova. Međutim zaraza se pojavljuje na bobicama, trnju i stabljikama, što znači da otpornost

kutikule i ne predstavlja tako važan faktor kao što se pretpostavljalo. U nedavnom testiranju kultivara alternativnih domaćina, hiperosetljivost se uočila posebno kod *Berberis spp.* (Mahonia).

Životni ciklus

U većini područja na svetu, životni ciklus *P. graminis* f. sp. *tritici* sadrži neprekidne uredinialne generacije. Gljive se šire od strane urediniospora sa jedne pšenice na drugu i sa jednog polja na drugo. Primarni inokulum može poticati od lokalnih biljka (endemik) ili da bude nošen na velike razdaljine (egzodemik) vetrom ili od strane kiše. U Severnoj Americi, *P. graminis* se kreće 2000 km od južne zimske pšenice do najsevernije prolećne pšenice u roku od 90 dana ili manje i u uredinialnom ciklusu može da preživi zimu pri morskom nivou. Sneg može da pruži zaštitu koja omogućava *P. graminis* da preživi na zimskoj pšenici čak i ispod tačke smrzavanja. Seksualni ciklus često nastupa osim u pacifičkom severozapadu Sjedinjenih Američkih Država i lokalnim područjima Evrope. *Puccinia graminis* je uspešno razvila asexualnu reprodukciju strategiju koja omogućava gljivi da zadrži neophodne gene u blokovima koji su ponekad modifikovani od strane mutacije i selekcije.

Klijanje urediniospora započinje u roku od jednog do tri sata pri optimalnim temperaturama u prisustvu slobodne vode. Period vlage ili rose mora trajati šest do osam sati pri pogodnoj temperaturi za klijanje spora. Vidljivi razvoj će stati pri apresorium fazi dok najmanje 1000 luksa nije obezbeđeno. Svetlost stimuliše formiranje zuba za prodiranje koji ulazi u zatvorenu stomu