

Hrđe kao uzročnici bolesti biljaka na različitim domaćinima

Nežić, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:404091>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-21**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lucija Nežić

Diplomski studij sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

HRDE KAO UZROČNICI BOLESTI BILJAKA NA RAZLIČITIM DOMAĆINIMA

Diplomski rad

Osijek, 2019.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lucija Nežić

Diplomski studij sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

HRĐE KAO UZROČNICI BOLESTI BILJAKA NA RAZLIČITIM DOMAĆINIMA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Jasenka Ćosić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Karolina Vrandečić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Jelena Ilić, član

Osijek, 2019.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE	5
2.1 ŽIVOTNI CIKLUS HRĐA I ORGANI ZA RAZMNOŽAVANJE.....	7
3. MATERIJALI I METODE	14
4. REZULTATI.....	16
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČAK	33
7. SAŽETAK	34
8. SUMMARY	35
9. POPIS LITERATURE	36
10. POPIS SLIKA	40
11. POPIS TABLICA	42
12. INTERNET IZVORI.....	42
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	43
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	44

1. UVOD

U davnoj prošlosti za vrijeme vladavine drugog rimskog kralja Nume Pompiliusa, slavilo se božanstvo Robigalia (Slika 1.), 700. godina prije Krista, to je bila gozba drevne rimske religije nazvane i posvećene božici žita Robigi. Glavni ritual ove gozbe je bio žrtvovanje pasa za kojeg se mislilo kako će se polja žita zaštititi od hrđa (Large 1946., Zadoks 1985.), provodio se u travnju kako bi se oživjela vegetacijska sezona.



Slika 1. Božanstvo Robigalia

(izvor: https://shirleytwofeathers.com/The_Blog/pagancalendar/the-robigalia/)

Dijelovi pšenice zaražene sa *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (Slika 2.) su pronađeni u staklenci koji datira iz kasnog brončanog doba 1400. – 1200. u Izraelu (Kislev, 1982.). U to doba se mislilo da ta gljiva uzrokuje da usjev zasijan pšenicom postaje crvene ili narančaste boje, a zatim ako bi napadi bolesti bili teški, tlo bi bilo crveno a nekada bi se i javljao crvenkasti oblak. U vrijeme žetve ta prašina se pretvarala u tamno smeđu do crnu boju (Zadoks, 2007.). Prema Berlin (2012.) 1927. godine Craigie (1927.) je otkrio heterotalizam na *Puccinia graminis*. To je bio prvi korak ka raspoznavanju životnog ciklusa hrđa, hrđe posebice *Puccinia graminis* stekla je slavu kojoj su joj posvetili istraživači biološkog ratovanja zapadnih i istočnih sila tijekom Hladnog rata (Line i Griffith, 2001.).



Slika 2. *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* – crna žitna hrđa

(izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Stem_rust#/media/File:Stem_rust_close_up.jpg)

Koncept „gena za gen“ koji opisuje interakciju između patogenih mikroorganizama i njihovih biljka domaćina uveo je Flor (1955., 1956.) nastao je eksperiment s hrdom lana – *Melampsora lini* (Slika 3.) i njenim domaćinom *Linum usitatissimum*.



Slika 3. *Melampsora lini* – lanena hrđa

(izvor: <https://www.invasive.org/browse/subthumb.cfm?sub=63060&class=309>)

Do sredine prošlog stoljeća, istraživanja koja su uključivala i hrđu su se temeljila na studijama infekcija i citološkim analizama pomoću svjetlosnog mikroskopa. Početkom 1960 – ih citološka analiza temeljena na relaciji domaćin – parazit podignuta je na novu razinu uvođenjem elektronske mikroskopije. Citološka, biokemijska i molekularna istraživanja provedena kroz zadnjih pet desetljeća su najviše bila fokusirana na: *Puccinia graminis*, *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Ustilago appendiculatus*, *Ustilago fabae* i *Melampsora lini*. *M. lini* i njen domaćin slak posebno je istraživana od strane Flor (1956.) kako bi se provela istraživanja njihovih gena za gensku hipotezu. *U. appendiculatus* i *P. graminis* su korištene u brojnim citološkim studijama (Leonard i Szabo 2005.) Današnje molekularna istraživanja se baziraju na *P. tritici*, *M. lini* i *U. Fabae*. Hrđe su bile grupirane te su spadale pod *Teliomycetes*, no noviji podatci ih dijele u tri klase: *Uredinomycetes*, *Ustilagomycetes* te *Hymenomycetes*, no hrđe spadaju pod *Basidiomycetes* (Swann et al 1981; Cumminis i Hiratsuka 2003.). Hrđe pripadaju redu *Uredinales*, koji spada pod *Basidiomycote*. Prema Hiratsuka i Sato (1982.) prepoznato je oko 5000-6000 vrsta, a predloženo tek oko 300 generičkih imena (Laundon, 1965.) Mnoge vrste hrđa su prepoznate su kao važni uzročnici biljnih bolesti, poput *Puccinia graminis* Pers., *Puccinia recondita* Rob. Ex Desm (Slika 4.), *Cronartium ribicola* J.C.Fischer ex Rahb, *Puccinia sorghi* Schw., *Melampsora lini*, *Hemileia vastatrix* Berk. And Br.



Slika 4. *Puccinia recondita* – žuta, crtićava hrđa (izvor: Nežić)

U blizini grmova *Berberis vulgaris* – žutika (Slika 5.) su se češće uočavale hrđe te je prva mjera protiv rješavanja bolesti hrđa bila uništavanje grmova Berberisa. Prvi zakon o uništavanju Berberisa je donesen u Rouenu u Francuskoj 1660. godine. Veza između ljetnih i zimskih faza spora na alternativnom domaćinu Berberisa je potvrđena eksperimentalnim istraživanjima Scholera 1816. godine i von Bonninghausena 1817.-1818. godine. Prema Berlin (2012.) Antony de Bary je prvi primjenio umjetne infekcije hrđe 1865.godine (Eriksson, 1986.) te je od tada hrđa jedna od 12 obrađenih biljnih bolesti tijekom povijesti biljne patologije (Agrios, 1997.). Jedna od težih epidemija hrđe pšenice zabilježena je u Švedskoj 1851.godine (Zadoks, 1965.), a gubitci pšenice su zabilježeni kao gubitak 1/3 pšenice od očekivanog prinosa.



Slika 5. *Puccinia graminis* na *Berberis vulgaris* – žutika

(izvor: http://www.bioref.lastdragon.org/Pucciniomycotina/Puccinia_graminis.html)

2. PREGLED LITERATURE

Hrđe su obligatni paraziti koji se adaptiraju na svojim domaćinima, neke hrđe paratiziraju biljke iz različitih rodova, a neke su ograničene na jednu vrstu biljaka. Dobile su ime prema uredostadiju jer produciraju crvene, žute ili narandaste spore, to su propagativne spore koje raznosi vjetar na velike udaljenosti.

Vrlo su značajni paraziti, osobito na pšenici kod koje se navodi da je nastarija poznata bolest. Minimalne temperature za klijanje i razvoj spora hrđa su 2 - 40° C, optimalne između 18 i 22° C, maksimalne temperature su oko 30° C, također za razvoj hrđa potrebna je određena vlaga, rosa, magla ili kiša (Čosić i sur., interna skripta). Kod nekih hrđa uredospore su vrlo vitalne i mogu očuvati svoju klijavost do 220 dana, a neke mogu i prezimiti. Suzbijanje hrđa se bazira na odabiru otpornih sorata, uništavanje ostataka bilja te primjerena kemijska zaštita bilja. Mnoge vrste hrđa su prepoznate kao važni uzročnici bolesti poput *Puccinia graminis*, *Puccinia recondita*, *Cronartium ribicola*, *Puccinia sorghi*, *Melampsora lini*, *Hemileia vastatrix*. Prilikom identifikacija hrđa važno je poznavati morfološke značajke gljive, životni ciklus biljaka i gljive i odnose između jednog ili više domaćina hrđa.

Kao obligatni paraziti na zelenim biljkama hrđe su se adaptirale na svojim domaćinima. Prema sistematici od Cummins i Hiratsuka (2003.) hrđe su svrstane u tri roda *Uredinopsis*, *Milesina* i *Hylapsora*, također paratiziraju i paprati i biljke iz porodice Abies - borovke koje spadaju u najprimitivnije biljke. Postoje mnogo specifičnosti između hrđa i biljaka koje paratiziraju, neki rodovi hrđa su sposobni paratizirati biljke iz različitih rodova, no s druge strane neke hrđe su ograničene na jednu vrstu biljaka. Hrđe spadaju u prave gljive, u carstvo – Fungi, pododjel – *Basidiomycota* u kojem spadaju razredi: Razred *Hemibasidiomycetes* obuhvaća dva reda: red *Ustilaginales* i red *Uredinales* koji izaziva hrđe. Domaćini hrđa kreću se od paprati do gimnosperma te do visoko razvijenih porodica dikotiledona kao što su Leguminoze, Euphorbiaceae, Compositae i porodica monokotiledona poput Liliaceae i Orchidaceae. Nekoliko rodova gljiva poput *Jola*, *Herpobasidium* i *Eocronartium* paratiziraju mahovine i paprati koje su prethodno bile klasificirane u *Tremellales*, ali neki autori ih također smatraju gljivama hrđe (Jackson, 1935.). Na biljci palme je također pronađena hrđa *Cerradoa palmaeae*. Prema Hiratsuka i Sato (1982.) posljednjih godina mnoge vrste hrđa su uspješno uzgajane na raznim umjetnim medijima (Williams i sur. 1966., Turel 1969., Harvey i Grasham 1970., Coffey i

sur. 1970., Coffey i Shaw, 1972.,). U prirodnim ekosustavima hrđe preživljavaju kao obligatni paraziti živih biljaka. Stoga, je prilikom identifikacije vrlo važno poznavati morfološke značajke, životne cikluse i odnose između domaćina i hrđa u istraživanju tih gljivica kao važnih biljnih patogena ili zanimljivih bioloških agensa.

1. Tablica: Sistematika hrđa prema Ćosić i sur., interna skripta (www.fazos.hr)

CARSTVO	Fungi
PODODJEL	Basidiomycota
RAZRED	Hymenomycetes Gasteromycetes Hemibasidiomycetes Agaricomycetes – RED: Agaricales Porodica: Strophariaceae Rod: Armillaria Porodica: Ceratobasidiaceae Rod: Tanatephorus
Razred Hemibasidiomycetes	Red Ustilaginales Red Uredinales
RED	Uredinales
PORODICA	Pucciniaceae- Rod: Gymnosporangium Uromyces Puccinia Phragmidium Melampsoraceae Colleosporiaceae

Hrđe imaju jedan od najsloženijih životnih ciklusa svih gljiva. Osnovnu terminologiju za status spora hrđa predložili su de Bary, Tulasne i drugi znanstvenici sredinom 18.stoljeća te je terminologija modificirana sa strane mnogih uredinologa (*engl.* UREDINOLOGISTS). Više imena je predloženo za razne stadija spora.

2.1 ŽIVOTNI CIKLUS HRĐA I ORGANI ZA RAZMNOŽAVANJE

Spermacijske spore

Spermacije su male hijalinske jednostanične spore koje su nastale proizvodnjom spermagonija. One se nalaze u nektaru koji je bogat šećerom te iz njega izlaze kapljice spermagonija. Infekcijska ili spolna funkcija spermacije nije bila poznata sve dok Craigie (1927.) prema Hiratsuka i Sato (1982.) nije pokazao vezu s *Puccinim graminis* i *Puccinim helianthi* da su te spermacije funkcionalne kao gamete u heterotalnim hrđama. Prema Hiratsuka i Sato (1982.) utvrđeno je da spermacije koje sadrže nektar privlače mnoge vrste kukaca te se tu smatraju važnom u unakrsnoj oplodnji suprotnog tipa parenja (Buller, 1950.). Za mnoge vrste spermagonija je poznato da imaju savitljive hife, a te hife se smatraju kao receptivne hife. Prisutnost receptivnih hifa sa spermagonijem je glavni razlog zašto neki urediniolozi više ne žele koristiti termin spermagonija što sugerira da su te strukture muški organi za proizvodnju gameta. Saville (1976.) smatra da je organ sličan savršenom cvijetu viših biljaka zbog prisustva receptivnih hifa i proizvodnje nektara. Prema Hiratsuka i Sato (1982.) drugi znanstvenici smatraju da hife koje strše iz puči u blizini stvarnih receptivnih organa mogu biti primarne receptivne strukture (Allen, 1934; Andrus, 1931., 1933; Wang and Martens, 1939; Hiratsuka and Hiratsuka, 1980). Saville (1939.) prema Hiratsuka i Sato (1982.) je često prepoznavao hife, posebno u vlažnim staklenicima, ali je zaključio da bi se rijetko mogle ostvariti u prirodi jer su najčešće bile „stisnute“ zatvaranjem puči.

Ecidiospore

Ecidiospore nastaju u aecijama, to su spore koje su nastale iz sekundarnog micelija iz kojeg se razvija plodište gljive te su najčešće povezane sa spermagonijem, nastaju samo jednom u vegetaciji. Ecidiospore se dijele na pet vrsta: *Aecidium*, *Peridermium*, *Roestelium*, *Caeoma* i *Uredo*.

Urediniospore

Urediniospore se proizvode u uredinijama. Definiraju se kao ponavljajuće vegetativne spore koje se proizvode na dikarionskom miceliju i više puta se javljaju na domaćinu

tijekom vegetacije. Većina uredospora se javlja pojedinačno na pedikulima te imaju izraštaje slične bodljama.

Teliospore

Teliospore su spore koje nastaju u teliosorusima. Teliospore mogu biti jednostanične ili višestanične te se javljaju na pedikulima. Također, mogu biti povezane u lancima. Kliju u bazide s bazidiosporama

Bazidiospore

Bazidiospore proizvode bazidije, one su najčešće četverostanične gdje se javljaju 4 bazidiospore. Bazidije se nazivaju i promicelij. Većina bazidija proizvodi sterigmate, a bazidiospore se javljaju na vrhovima sterigmata. To su haploidne spore i rezultat su mejoze.

Primjer životnog ciklusa (Slika 6.) hrđe boba *Uromyces fabae*.

Nakon prezimljavanja diploidna ($2n$) teliospora (T) klija u proljeće u metabazidij (M) na kojem nastaju četiri haploidne (n) bazidiospore (B) različitog biološkog predznaka (*mating type*) (+,-). Haploidne piknospore (spermacijske spore) (P) razmijenjuju se između piknida (spermagoniji) sa različitom sparujućih tipova i javljaju se na gornjoj površini lista. Nakon oplodnje (spermatizacija) dikarionska ($n+n$) ecidiospora (A) formira se u ecidiju na donjoj strani lista. Nakon infekcije eciospora javljaju se uredosorusi i nastaju dikarionske urediospore (U). Pred kraj ljeta urediosorus se transformira u telije sa teliosporama i ciklus razvoja je završen. (Voegelé i sur., 2006.)

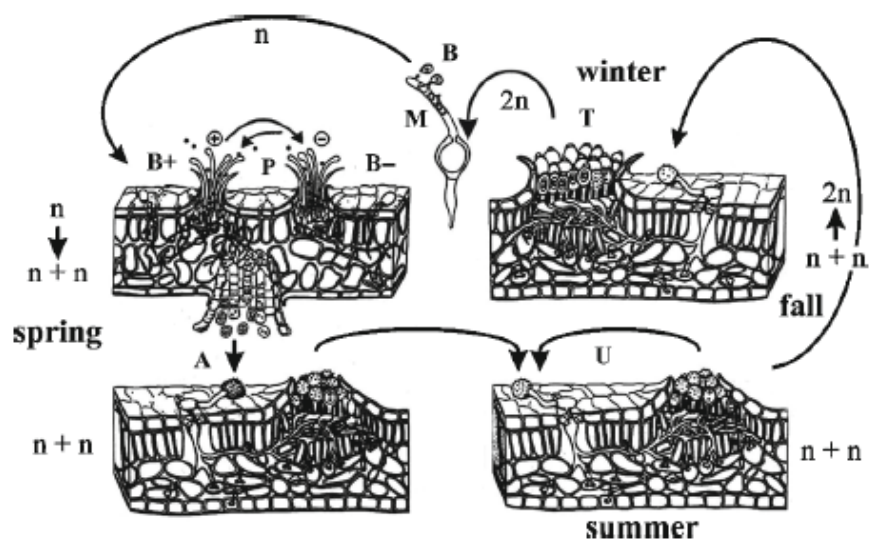


Fig. 4.1. Life cycle of *Uromyces fabae*. Overwintering diploid ($2n$) teliospores (T) germinate in the spring with a metabasidium (M) from which four haploid (n) basidiospores (B) of two mating types (+, -) are formed. Haploid pycniospores (P) are exchanged between pycnia of different mating types on the upper surface of a leaf. After spermatization dikaryo-

tic ($n + n$) aeciospores (A) are formed in aecia at the lower surface of the leaf. Infecting aeciospores produce uredia from which dikaryotic urediospores (U) are formed. At the end of summer uredia differentiate into telia from which teliospores are formed and the cycle closes. Drawing taken from Voegelé (2006)

Slika 6. Životni ciklus hrđe boba

(izvor: https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-Uromyces-fabae-Overwintering-diploid-2-n-teliospores-T-germinate_fig1_30019496)

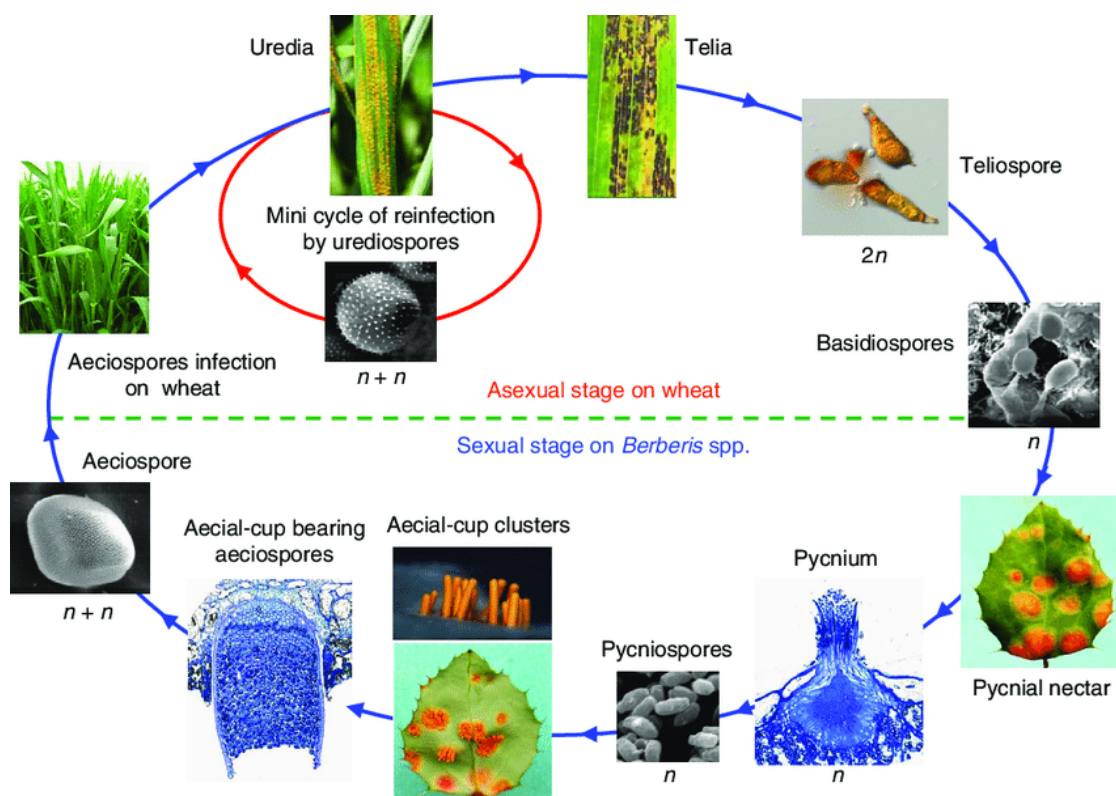
Trajne spore kod hrđa nazivamo teliospore imaju zadebljalu opnu, mogu biti jedno ili višestanične, one nastaju fragmentacijom sekundarnog dikarionskog micelija. Kod klijanja na svakoj stanici teleutospore nastaje 4 staničan bazid tj. promicelij s bazidiosporama. Hrđe sadrže dvije haplodine jezgre, a u zreloj teleutospori dolazi do kariogamije. Ciklus razvoja hrđa je vrlo složen i odvija se u više stadija i više vrsta spora.

0. Stadij – stadij Spermagonija (spermacijske spore – n)
1. Stadij – stadij Ecidio-stadij (ecidiospore – $2n$)
2. Stadij - stadij Uredo-stadij (uredospore - $2n$)
3. Stadij – stadij Teleuto-stadij (teleutospore – $2n$)
4. Stadij – stadij Bazida (bazidiospore – n)

Stadij spermagonija (0. stadij) i stadij Bazida (4. stadij) imaju n broj kromosoma što znači da je to haploidna faza gljive. Ecidio-stadij, Uredo-stadij i Teleuto-stadij imaju $2n$ broj kromosoma što znači da u tom stadiju prevladava diploidna faza razvoja gljive. U stadiju

spermagonija prevladava plazmogamija i stvaranje dikarionskog micelija. Plazmogamija je proces oplodnje gdje se spajaju dvije gamete + i – hife. U stadiju Uredospora dolazi do širenja hrđa tijekom vegetacije tzv. ljetne spore, a teleutospore omogućavaju prezimljenje ili održavanje pod nepovoljnim uvjetima.

Kod hrđa je karakteristično da postoje one koje nazivamo makrociklične i mikrociklične hrđe. Makrociklične hrđe su karakteristične po tome jer kod njih razlikujemo autoecijske i heterecijske hrđe. Autoecijske ili monoksene hrđe svih pet stadija razvijaju na istoj biljnoj vrsti, primjer tih hrđa su *Puccinia helianthi* i *Uromyces appendiculatus*. Heterecijskim hrđama ili drugim imenom heteroksenim hrđama za svoj potpuni razvoj su potrebna dva domaćina (Slika 7.) koja pripadaju različitim biljnim vrstama. Biljke na kojima se razvija 0. stadij spermagonija i 1. stadij ecidiostadij se označavaju kao prijelazni domaćini, a biljke na kojima se stvaraju 2. stadij uredostadij i 3. stadij teleutostadij su glavni domaćini za razvoj hrđe. Preostali stadij bazida je prijelazni stadij na biljnim ostacima u tlu gdje se odvija razvoj i to je veza između glavnog i prijelaznog domaćina. Glavni i prijelazni domaćin su često botanički udaljeni (Ćosić i sur., interna skripta). Kod mikrocikličnih hrđa je karakteristično da pojedini stadiji izostaju.



Slika 7. Spolni i nespolni stadij hrđe na pšenici i žutici

(izvor: <https://steemit.com/puccinia/@mameen745/life-cycle-of-puccinia-graminis-best-article>)

Tablica 2. Primjer heterecijskih hrđa i njihovih domaćina prema Ćosić i sur. interna skripta (www.fazos.hr)

Hrđa	Glavni domaćin	Prijelazni domaćin
<i>Puccinia graminis</i>	Strno žito	<i>Berberis vulgaris</i>
<i>Uromyces pisi</i>	Grašak	<i>Euphorbia cyparissias</i>
<i>Cronartium ribicola</i>	Ribiz i ogvozd	<i>Pinus strobus</i>

Ruski mikolog Vladimir Tranzschel generalizirao je pravilo da nepoznati ecidiostadij makrocikličke vrste kojoj poznamo uredostadij i teliostadij valja tražiti na biljci domaćinu koja je zaražena makrocikličkom vrstom hrđe sa morfološkim sličnim teliosporama (Radman, 2011.). Teliostadij makrocikličke vrste oponaša ecidiostadij makrocikličkog pretka, to pravilo je nekoliko puta prihvaćeno i potvrđeno DNA analizama. Primjer mikrocikličkih vrsta su *Puccinia mesnieriana* koja producira teliospore na *Rhamnus catharticus* i makrocikličke vrste *Puccinia coronata* kojoj je navedena biljka

sekundarni domaćin. Specijalizacija mikrocikličke vrste na sekundarnog domaćina makrocikličnog pretka najvjerojatnije se događa iz razloga jer je sekundarni domaćin gotovo uvijek višegodišnja biljka, dok je primarni domaćin uglavnom jednogodišnja biljka (Weber i Webster, 2007; Kolmer i sur., 2009).

0. Stadij Spermagonija

Još davne 1801.godine spomenut je stadij spermagonija kojeg je mikolog Christiaan Hendrik Persoon naveo u posebnom dodatku knjige u Linnaeusovoj taksonomiji gljiva, ubrzo nakon toga prema Voegelé i sur. (2009.) 1833.godine Ungera je ilustrirao spermagonije te ih je tumačio kao različite organizme od hrđa. De Bary je prvi puta povezivao spermagonije kao organe gljivica, međutim nije mu bila jasna funkcija tih struktura. Sam termin spermagonija s vremenom je postao sve popularniji među mikolozima. Tijekom godina te strukture gljiva su se zvale piknidi. U slučaju crne žitne hrđe (*Puccinia graminis*) primarni micelij koji se javlja na licu lista sekundarnog domaćina žutike (*Berberis vulgaris*) producira spermatogonije, primarni micelij je haploidan, te je različitog tipa sparivanja + ili -. Postoji mogućnost spajanja spermacijskih spora s receptivnom hifom suprotnog spola, ova pojava nije uobičajena u prirodi te se naziva Bullerov fenomen. Spermatogonij je vrčastog oblika te je njegov otvor okružen perifizama gdje se pojavljuje nekoliko tanjih, razgranatih hifa koje nazivamo receptivnim hifama. Unutar spermatogonija se nalaze nitaste strukture koje proizvode haploidne jednojezgrene spore koje nazivamo spermacije. Perifize proizvode slatku, ljepljivu tekućinu za prihvaćanje spermacija, ali i privlačenje kukaca koje raznose spermacije i pomažu u oplodnji. (Weber i Webster, 2007.)

1. Ecidiosorusi sa ecidiosporama

Haploidne dvojezgrene stanice migriraju prema donjoj epidermi lista žutike, nakon oplodnje unutar spermagonija, počinje diferencijacija zdjelicačastog plodišta, ecidija. Dvojezgrene stanice dijeljenjem počinju stvarati lance gdje se izmjenjuju male i velike stanice. Velike stanice se povećavaju i postaju ecidiospore, male stanice se raspadaju. Oko lanca spora je diferenciran debeo i vlaknasti sloj koji se naziva peridij, kad peridij pukne ecidiospore su vidljive kao narančasto obojene stanice tankih stijenki (Weber i Webster,

2007.). Diploidna micelija koja je nastala nakon kopulacije raste kroz list žutike prema naličju i tu stvara udubljenja – ecidije. U njima fragmentacijom micelije nastaju diploidne spore – ecidiospore, one ne mogu zaraziti biljku nego se šire vjetrom i zaražavaju u slučaju *Puccinia graminis* žitarice. Ecidiospore kliju pri vrlo visokoj vlazi zraka ili u kapi vode u miceliju koja kroz puči prodire u tkivo glavnog domaćina (Ćosić i sur., interna skripta, www.fazos.hr)

2. Uredosorusi sa uredosporama

Shu i sur. (1954.) su analizirali kemijski sastav uredospora i od ukupne mase uredospora pronašli su 21,9 % ugljikohidrata, 1,4 % hitina 25,9 % proteina i 19,7 % lipida, Yarwood (1950.) pronašao je sadržaj vode u rasponu od 10-30%. Glavni šećer koji se nalazi u uredosporama je trehaloza koji služi za skladištenje. Uredosorusi su različitih boja, mogu biti crveni, žuti, narančasti, smeđi, oni su fruktifikacijska tijela te su po bojama i dobili ime. Uredospore su spore koje se stvaraju unutar uredosorusa, one su jednostanične, dikarionske, haploidne, te imaju debeli stijenku, po njima se često nalaze strukture koje su nalik trnovima. Prilikom sazrijevanja probijaju kroz epidermu domaćina pomoću stapke. Uredospore su propagativne spore. Do pojave uredospora dolazi nakon inkubacijskog perioda koji pri optimalnim uvjetima traje 6-7 dana, u početku su uredosorusi prekriveni epidermom koja se s vremenom raspuca i dolazi do oslobođenja hrđa u vidu prašne mase.

3. Teliosorusi sa teliosporama

Teliosorusi se razvijaju na naličju lista i većinom su crne boje. U njima se formiraju jednostanične, dvostanične i višestanične spore te imaju debele stijenke. Teliosorusi se javljaju krajem vegetacije i služe za prezimljavanje, ali su i od iznimne važnosti za determinaciju. U početku su teliospore dvojezgrene ali kod njih dolazi do kariogamije te prezimljuju u diploidnom obliku. Nakon prezimljenja na svakoj stanici teliospore klijanjem nastaje 4 staničan bazid s 2 bazidiospore + i 2 spore -, one su haploidne te se šire anemohonor.

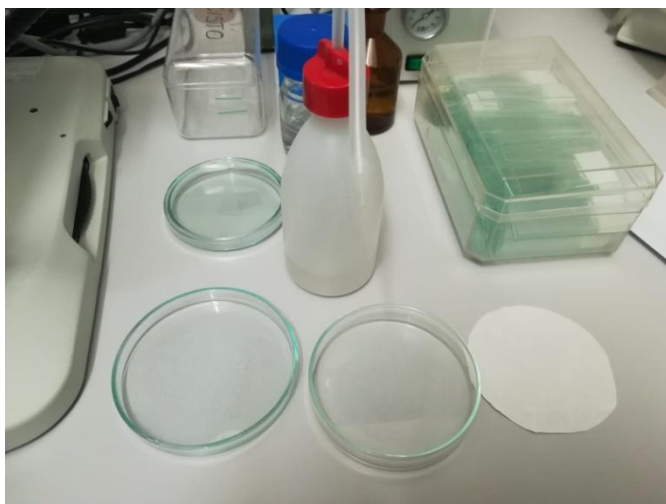
4. Bazidi sa bazidiosporama

Klijanjem svake stanice teliospora nastaju četverostanični bazidi, svaka stanica bazida nakon procesa mitoze i mejoze sadrži jednu bazidiosporu s dvije haploidne jezgre.

3. MATERIJALI I METODE RADA

Biljni materijal koji je prikupljan su vrste na kojima su se nalazili simptomi hrđe. Biljne vrste i lokacije na kojima su nađene hrđe se nalaze u Tablici 3. Materijal je prikupljen tijekom listopada 2018. godine.

Laboratorijski dio istraživanja za potrebe diplomskog rada je proveden na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, u Centralnom laboratoriju za fitomedicinu tokom 2018. godine. Za mjerenje je korišten Olympus BX 41 mikroskop 20x, a uz pomoć programa LC Micro mjerena je dužina i širina spora, za svaki uzorak smo izmjerili 10 spora i opisali njihove karakteristike. Za svaki nalaz napravljen je mikroskopski preparat. U Petrijevu zdjelicu smo stavili filter papir te na njega zaraženi dio biljke i navlažili sa destiliranom vodom, te smo ostavili 10 minuta. Nakon 10 minuta smo sa pincetom, prethodno steriliziranom pokupili površinski dio spora te ih prenijeli na predmetno stakalce i proučavali pod mikroskopom (Slike 8. i 9.).



Slika 8. Laboratorijsko posuđe korišteno za istraživanje (izvor: Nežić)



Slika 9. Mikroskop Olympus BX 41 (izvor: Nežić)

Tablica 3. Biljne vrste i lokacije na kojima su nađene hrđe

Vrsta	Lokacija
Šljiva	Osijek
Divlja kupina	Osijek
Crni sljez	Osijek
Divlja indijska jagoda	Osijek
Ruža	Stara gora, Šemovci
Boražina	Modrič, Starigrad – Paklenica, Zadar

4. REZULTATI

Lokalitet: Osijek

Domaćin: Šljiva

Red: *Uredinales*

Porodica: *Uropyxidaceae*

Rod: *Transchzeria*

Vrsta: *Transchzeria pruni – spinosae* (Pers.) Diet

Ovaj primjerak hrđe na listu šljive sakupljen je na području Osijeka. Na licu lista (Slika 10.) dolazi do nekroze tkiva koje prvotno postaje žute boje zatim prelazi u smeđu te tkivo propada. *Transchzeria pruni – spinosae* javlja se početkom srpnja te na naličju listovima nalazimo sitne jastučice svijetlosmeđe do crne boje u vidu crnih ispupčenja razbacane u parovima (Slika 11.) u njima se nalazi velik broj uredospora koje raznosti vjetar te se na taj način širi. Pred kraj ljeta uredosorusi postaju crni, što znači da su se razvili teleutosorusi sa teleutosporama.



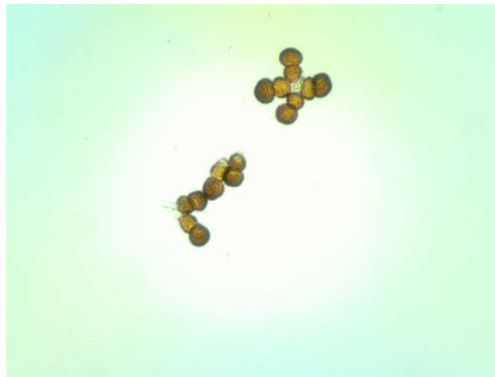
Slika 10. Lice lista zaražene šljive hrđom (izvor: Nežić)



Slika 11. Naličje lista zaražene šljive hrđom (izvor: Nežić)



Slika 12. *Transchzeria pruni – spinosae* pod uvećanjem od 20 x (izvor: Nežić)



Slika 13. Teliospore u lancu (izvor: Nežić)

Teliospore (Slika 13.) su okruglog oblika, žućkasto smeđe boje, dvostanične sa dugom tankom drškom. Dužina teliospora našeg uzorka je $24,32\ \mu\text{m}$ - $30,72\ \mu\text{m}$ x $15,38\ \mu\text{m}$ - $21,03\ \mu\text{m}$, u prosjeku $29,21\ \mu\text{m}$ x $19,32\ \mu\text{m}$.

Lokalitet: Osijek

Domaćin: Crni sljez

Red: *Pucciniales*

Porodica: *Pucciniaceae*

Rod: *Puccinia*

Vrsta: *Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont.

Puccinia malvacearum je gljiva koja napada crni sljez. Na licu lista (Slika 14.) se nalazi nekrotično tkivo ispod kojega se nalaze spore, nekrotično tkivo je žućkasto-narančaste boje koje s vremenom propada. Na naličju (Slika 15.) lista se nalaze ispupčenja koja su nepravilno raspoređena, najčešće 2-3 u paru. Ispupčenja su smeđe su boje, na vršnom dijelu su bijelkaste boje. Teliospora je dvostanična s dugom tankom drškom, stanice su ovalnog oblika, žućkaste boje (Slika 17., Slika 18.). Drška je hijalina i oko dva puta duža od staničnog dijela.



Slika 14. Lice lista divljeg sljeza zaraženog hrđom (izvor: Nežić)



Slika 15. Naličje lista divljeg sljeza zaraženog hrđom (izvor: Nežić)



Slika 16. *Puccinia malvaceraum* pod uvećanjem 20 x (izvor: Nežić)



Slika 17. Teliospore (izvor: Nežić)



Slika 18. Skup teliospora u lancu (izvor: Nežić)

Ova gljiva prezimljava u zaraženom tkivu domaćina tijekom zime. Teliospore su dužine $44,85\ \mu\text{m}$ - $69,46\ \mu\text{m}$ x $13,19\ \mu\text{m}$ - $20,65\ \mu\text{m}$, prosječna veličina teliospore je $16,39\ \mu\text{m}$ x $57,10\ \mu\text{m}$. Podatci dobiveni mjerenjem spora odgovoraju podacima koje navodi Brandenburger (1985.).

Lokalitet: Osijek

Domaćin: Divlja kupina

Red: *Pucciniales*

Porodica: *Phragmidiaceae*

Rod: *Phragmidium*

Vrsta: *Phragmidium violaceum* (Schultz) G. Winter

Usporedbom s podacima iz literature (Cvjetković, 2010.) na našem uzorku divlje kupine utvrđena je *Phragmidium violaceum* koja napada divlju i samoniklu kupinu. Na licu lista (Slika 19.) uz rubove naših uzoraka zabilježene su nekrotične smeđecrvene promjene, također na licu lista nastaju žutocrvene nakupine spermagonija, nakon toga na naličju lista se javljaju tamne nakupine uredosorusa narančasto žute boje. Na naličju (Slika 21.) lista se nalaze nepravilno razbacane teleutospore u vidu crnih okruglastih nakupina kao male grudice. Teleutospore koje smo mi našli na divljoj kupini su imale 3 do 5 stanica, smeđe su boje, duguljasto ovalne. Drška je vrlo duga sa zadebljanjem na kraju, na vršnom dijelu se nalazi papila, izražen je vršni dio i dužina im se kretala od 56,79 - 100,86 μm x 28,25 - 35,21 μm , u prosjeku 32,12 x 72,56 μm (Slika 23., Slika 24.).



Slika 19. Lice lista divlje kupine (izvor: Nežić)



Slika 20. Lice lista divlje kupine (izvor: Nežić)



Slika 21. Naličje lista divlje kupine (izvor: Nežić)



Slika 22. Nakupine teliospora na naličju lista (izvor: Nežić)



Slika 23. Spora *Phragmidium* (izvor: Nežić)



Slika 24. Pojedinačne spore *Phragmidium* (izvor: Nežić)

Lokacija: Stara gora, Šemovci

Domaćin: Ruža

Red: *Pucciniales*

Porodica: *Phragmidiaceae*

Rod: *Phragmidium*

Vrsta: *Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltdl

Na licu lista ruže su vidljive su žuto smeđe nepravilne pjege, dok se na naličju (Slika 25.) nalaze narančasta ispupčenja uredosorusa.



Slika 25. Naličje lista ruže (izvor: Nežić)



Slika 26. Uredospore *Phragmidium mucronatum* (izvor: Nežić)

Uredospore su okruglog oblika, žućkasto narančaste boje, višestanične, dužina uredospora je 14,81 - 25,63 μm x 10,77 x 22,24 μm , u prosjeku 11,50 x 16,90 μm . (Slika 26.).



Slika 27. Teliospore *Phragmidium mucronatum* (Izvor: Nežić)

Dužina teliospora je 72,91 - 101,03 μm x 27,14 - 32,95 μm (Slika 27.). Podatci odgovaraju prema Bradenburger (1985.). Prosječna veličina spora je 9,40 x 90,45 μm .

Tablica 8. Dinamika pojave pojedinih stadija hrđe ruže

Stadij	Spore	Nakupine	Vremensko razdoblje
0	Spermatogoniji/Piknospore	Spermacije	Proljeće
I	Ecidiospore	Ecidiosorusi	Kasno proljeće
II	Uredospore	Uredosorusi	Ljeto
III	Teliospore	Teliosorusi	Ljeto/Jesen
IV	Bazidiospore	Bazidije	Proljeće

Lokalitet: Osijek

Domaćin: Indijska jagoda

Red: *Pucciniales*

Porodica: *Phragmidiaceae*

Rod: *Phragmidium*

Vrsta: *Phragmidium mexicanum* (Mains) H.Y. Yun, Minnis & Aime

Phragmidium mexicanum je gljiva koja napada indijsku jagodu te joj se na licu lista (Slika 28.) uočava se nekroza tkiva, tkivo poprima ljubičastu boju koja s vremenom prelazi u smeđu te tkivo lista propada.

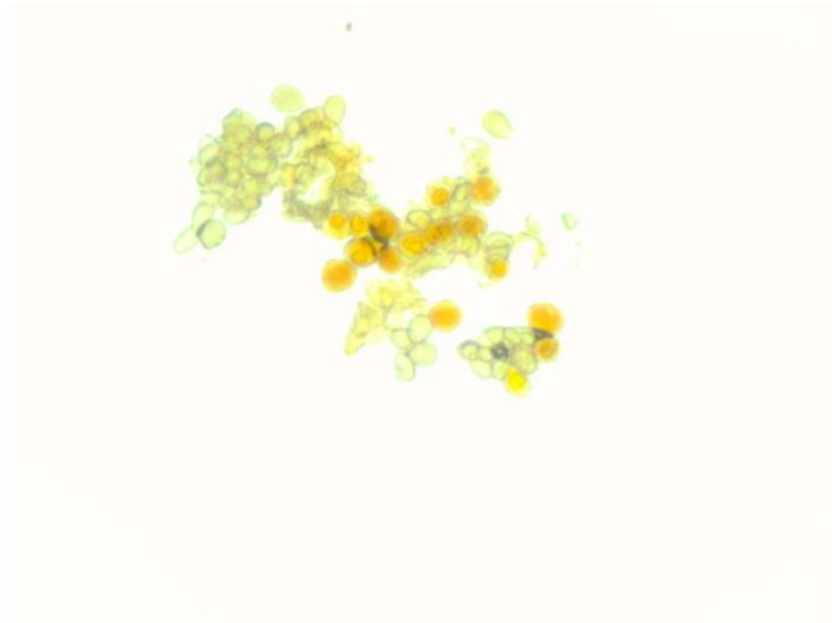


Slika 28. Lice lista indijske jagode (Izvor: Nežić)



Slika 29. *Phragmidium mexicanum* na naličju lista (izvor: Nežić)

Na naličju lista (Slika 29.) uočavamo ispupčenja od nakupina spora parazita – uredosoruse i rasuti su bez reda, okrugloga su oblika te su utvrđeni i na peteljci lista. Uredospore (Slika 30.) su blijedo žute do jarko žute boje, jednostanične, okruglog oblika te su skupljene jedna uz drugu. Ogrub im je hijalin.



Slika 30. Uredospore hrđe (izvor: Nežić)

Hrđe su nepravilno razbacane po naličju lista. Dužina uredospora je 15,88 μm – 20,39 μm x 12,61 μm – 20,04 μm , dok je u prosjeku 17,06 μm - 17,99 μm .

Iako mi nismo utvrdili prisustvo teliospora na temelju prethodnih izvješća i opisa pretpostavljamo da je u našem slučaju riječ o vrsti *Phragmidium mexicanuum*.

Lokalitet i kultura: Modrič, Zadar, *Borago officinalis*

Domaćin: *Borago officinalis* – Boražina

Red: *Pucciniales*

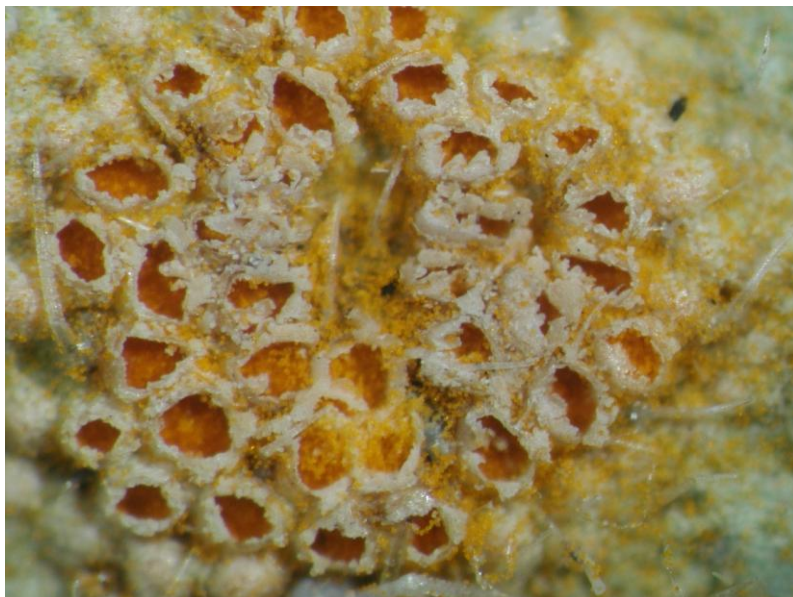
Ispupčenja koja se nalaze na naličju lista domaćina (Slika 31.) predstavljaju uredospore gljive *Phragmidium* spp., koje su nepravilno razbacane po tkivu lista, one su narandžaste boje te izgledom podsjećaju na bradavice. Na licu lista domaćina uočava se nekroza tkiva koja s vremenom dovodi do propadanja lista, te na koncu same biljke.



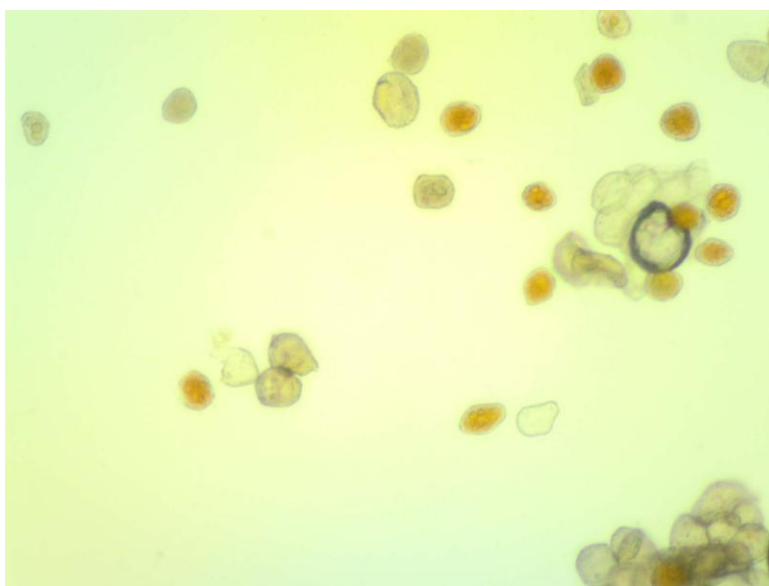
Slika 31. Hrđa na *Borago officinalis* (izvor: Nežić)

Pod mikroskopom (Slika 32.) se vidi kako su uredospore popucale te se njene spore šire vjetrom i kišom. Uredospore (Slika 33.) su pojedinačne, okruglog oblika, razbacane, rub im je hijalin. Javljaju se na naličju lista te su grupirane, izgledom podsjećaju kao bradavice

te su višestanične, narandaste boje, okruglo do ovalnog oblika. Veličina uredospora iznosi $19,26 - 27,35 \times 15,62 - 21,32 \mu\text{m}$, u prosjeku $18,18 \times 21,81 \mu\text{m}$. Budući da u literaturi nema nikakvih podataka o hrđi na boražini ova hrđa nije determinirana



Slika 32. Uredosorusi pod uvećanjem (izvor: Nežić)



Slika 33. Uredospore hrđe na boražini (izvor: Nežić)

5. RASPRAVA

U sakupljenim uzorcima nađenih na području Osijeka, Zadra te Staroj gori smo utvrdili pomoću literature hrđu *Transschelia pruni – spinosae* koja parazitira šljivu, *Puccinia malvacearum* koja se javlja na divljem sljezu, *Phragmidium violaceum* gljivu koja napada kultiviranu i samoniklu kupinu, *Phragmidium mexicanuum* koja se javlja na kultiviranoj i samonikloj kupini, *Phragmidium mucronatum* na Boražini je nađena hrđa o kojoj nemamo nikakvih podataka u literature te nije determinirana do vrste.

Rod *Tranzschelia* (Urediniomycetes, Uredinales) sadrži oko 15 vrsta od kojih su sve izvorno sa sjeverne hemisfere (Cummins i Hiratsuka, 2003.). Glavna morfološka značajka im je pigmentirana teliospora koja se najčešće drži bazalno u skupinama. Lopez-Franco i Hennen (1990.) su proučavali američke vrste roda *Transschelia* njihovo istraživanje se temeljilo na morfološkim značajkama veličine i površine teliospora. *Transschelia pruni - spinosae* je heteroecijska, makrociklična hrđa, domaćin ovoj gljivi su najčešće biljke iz roda *Anemona*. *Transschelia anemone* uključuju mikrocikličke vrste koje se pojavljuju na raznim biljkama iz rodova *Ranunculaceae* spp. poput *Anemone*, *Pulsatille*, *Thalictrum*. Dugoročni cilj je izraditi svjetsku biosustavnu monografiju roda *Tranzschelia*, time bi se organizirali podatci u klasične opisne vrste, dao bi se uvid u njihovu ekologiju, izradili bi se ključevi i ilustracije za pomoć u identifikaciji. Kod nas nalazimo dvije forme gljive. Jedna je *Transschelia pruni spinosae* f. sp. *typica* koja se razvija na šljivi i crnom trnu (*P. spinosa*) te *Transschelia pruni spinosae* f. sp. *discolor* koja se javlja na marelici, bademima i breskvi. Njene teleutospore prezime u otpalom lišću, u proljeće kliju i daju bazidiospore koje nošene vjetrom dolaze na list šumarice – anemone. Na listu šumarice u proljeće se razvijaju ecidije s ecidiosporama te nošene vjetrom zaražavaju listove šljiva te vrši infekciju (Cvjetković, 2010.). Istraživanja su pokazala da su uredospore ove hrđe vrlo vitalne i mogu zadržati klijavost preko zime, otporne su na niže temperature te u proljeće same inficiraju lišće šljive. Također, postoji treći način prezimljenja tako da uredospore u jesen zaražavaju koru jednogodišnjih mladica i tu prezimi uredomicelij, uredomicelij u proljeće formira uredosoruse s uredosporama koji inficiraju lišće.

Puccinia malvacearum Bertero ex Mont je već prethodno utvrđena na području Osijeka (Jurković i sur. 2014.). U njenom životnom ciklusu postoji teliostadij i bazidiostadij. Tijekom ljeta na naličju lista i peteljci se javljaju kestenjasto smeđe teliospore, koje s vremenom blijede i kliju kako bi proizvele bazidiospore. *Puccinia malvaceraum* je

autoecijska, mikrociklična vrsta, ona uzrokuje bolest kod mnogih vrsta iz porodice Malvaceae, domaćini korova su značajni po tome jer pružaju izvor inokoluma za razvoj infekcija. Naša mjerenja odgovaraju podatcima prema Bradenburger (1985.).

Na području Osijeka smo determinirali gljivu koja paratizira kultiviranu i samoniklu kupinu pod imenom *Phragmidium violaceum*. Vrste iz roda *Phragmidium* su autoecijske te napadaju samo pripadnike iz porodice Rosaceae. U našem istraživanju smo imali tri pripadnika porodice Rosaceae. Bolest se prenosi iz vegetacije u vegetaciju pomoću teliospora koje se formiraju u jesen na lišću, one klijuću daju bazid s četiri bazidiospore. Bazidiospore zaražavaju mlade listove kupina. Spermagoniji i ecidiji nastaju u svibnju na licu lista ili na izbojima, a mogu se javiti i na peteljka ploda. Iz ecidija se oslobađaju ecidiospore koje inficiraju listove, nakon infekcije desetak dana nastaju prvi uredosorusi, to je najčešće u lipnju. U uredosorusima nastaju uredospore koje uzrokuju sekundarne infekcije te se šire anemohorno. U kolovozu se javljaju prvi teleutosorusi. Kod zaraženih izboja se javljaju rak rane u kojima gljiva može prezimiti. Gljiva *Phragmidium violaceum* je autoecijska, makrociklička gljiva.

Phragmidium mucronatum je makrociklička hrđa i ima 5 vrsta spora u životnom ciklusu te je u našem istraživanju nalazimo na ruži sakupljenom na području Stare gore. Tijekom vegetacije na ruži možemo uočiti uredospore i teliospore. Uredospore su nošene vjetrom ili kišom te na taj način zaražavaju biljku, dok teliospore prezimljuju na otpalom lišću i biljnim ostatcima. Teliospore se drže na biljnim ostatcima pomoću svog *pedicela* koji je ljepljiv kada je mokar (Shattock, 2003.) *Phragmidium mucronatum* formira ecidije na žilama na listu, peteljci, cvatu i stabiljci. Prema podatcima iz literature naša mjerenja se poklapaju sa podatcima koje je naveo Bradenburger (1985.). *Phragmidium* spp. kao i ostale makrociklične hrđe imaju različite vrste spora. Često su tijekom dužeg dijela vegetacije uredospore i teliospore prisutne u istom trenutku. Teliospore su duguljasto ovalne, višestanične sa dugačkom hijalinom drškom.

Na temelju našeg istraživanja smo utvrdili da indijsku jagodu paratizira gljiva *Phragmidium mexicanum*. Karakteristika koja dijeli indijsku i divlju jagodu je boja cvijeta, cvijet indijske jagode je žute boje, kod šumske jagode su bijele boje te plodovi vise na stapkama, dok kod indijske stoje uspravno.

Prema Fahad i sur. (2018.) Arthur je (1912.) prvi prepoznao *Phragmidium mexicanum* kao karakterističnu vrstu, opisavši je kao *Kuehneola duchesnaeae* na *Duschesnea indica*.

McCain i Hennen (1990.) proveli su taksonomsku i nomenklaturnu reviziju ove vrste i prepoznali dva varijeteta, *Frommeella mexicana* var. *mexicana* i *Frommeella exicana* var. *indicae* koje su se prvenstveno razlikovale prema broju stanica u teliosporama. *F. mexicana* var. *indicae* je uvedena u to vrijeme jer su svi sinonimi Arthurovog imena temeljili na tipu uzorka koji je nosio samo anamorfni, uredi stadij, unatoč Arthuru (1912.) koji je opisao telio stadij. Trenutno je prepoznata jedna vrsta *Phragmidium mexicanum* bez varijeteta jer je prisutnost ili odustnost uredi parafiza u proučavanom materijalu promjenjiva i nisu pronađene razlike koje bi priznale dvije vrste specifičnih varijeteta (Yun i sur. 2011.). Yun i sur. (2011.) su predložili novo ime *Phragmidium mexicanum* za naziv ove gljive. Ranije je ova vrsta utvrđena u Europi, USA, Južnoj Americi, Kini, Australiji, Novom Zelandu i Koreji (Yun i sur. 2011.). Prema Fahad i sur. (2018.). Ovo je prvo izvješće iz Pakistana. Iako mi nismo utvrdili prisustvo teliospora na temelju prethodnih izvješća i opisa pretpostavljamo da je u našem slučaju riječ o vrsti *Phragmidium mexicanum*.

Zadnja istraživana hrđa u ovome radu je s Boražine (*Borago officinalis*) koja je samonikla, ljekovita biljka te je rasprostranjena u Dalmaciji i raste na divljim područjima. Budući da u dostupnoj literaturi nema nikakvih podataka o ovoj hrđi nismo je mogli determinirati.

6. ZAKLJUČAK

Hrđe su obligatni paraziti koji se adaptiraju na svojim domaćinima, neke hrđe paratiziraju biljke iz različitih rodova, a neke su ograničene na jednu vrstu biljaka. Iznimno su značajne kao uzročnici bolesti i neke vrste uzrokuju velike ekonomske gubitke u proizvodnji. Suzbijanje hrđa se bazira na odabiru otpornih sorata, uništavanje ostataka bilja te primjerena kemijska zaštita bilja. Prilikom identifikacija hrđa važno je poznavati morfološke značajke gljive, životni ciklus biljaka i gljive i odnose između jednog ili više domaćina hrđa. Životni ciklus hrđa je složen i odvija se ovisno o vrsti kroz do pet ciklusa u kojima se formiraju ovisno o stadiju odgovarajuće spore.

Cilj ovog rada je bio prikupiti uzorke kultiviranog i samoniklog bilja te obaviti determinaciju na temelju simptoma na domaćinu, morfoloških karakteristika spora i opisa u dostupnoj literaturi. Ukupno je prikupljeno šest biljnih vrsta.

Na šljivi je utvrđena *Transchzeria pruni – spinosae*, crnom sljezu - *Puccinia malvacearum*, divljoj kupini – *Phragmidium violaceum*, ruži – *Phragmidium mucronatum*, indijskoj jagodi – *Phragmidium mexicanuum* i boražini – red *Pucciniales*.

7. SAŽETAK

Hrđe su obligatni paraziti koji paratiziraju biljke iz različitih rodova, a neke su ograničene na samo jednu vrstu. U radu su opisane hrđe koje napadaju kultivirano i nekultivirano bilje, a biljni materijal je prikupljen na lokaciji Osijeka, Stare gore i Zadra tijekom 2018. godine. Determinacija je obavljena na temelju simptoma i morfoloških karakteristika spora gdje smo za svaku naizmjenično odabrali 10 spora i izmjerili njenju dužinu i širinu. Mjerenja su uspoređena s podacima iz literature. Na šljivi je utvrđena *Transchzeria pruni – spinosae*, crnom sljezu - *Puccinia malvacearum*, divljoj kupini – *Phragmidium violaceaum*, ruži – *Phragmidium mucronatum*, indijskoj jagodi – *Phragmidium mexicanuum* i boražini – red *Pucciniales*.

Ključne riječi: determinacija hrđa, sistematika

8. SUMMARY

Rusts are obligate parasites that parasitize plants from different genera and some are restricted to only one species. The work describes rust that attack cultivated and non-cultivated plants, and plant material was collected in the Osijek, Stara Gora and Zadar locations during 2018. Determination was performed based on the symptoms and morphological characteristics of the spores, where we selected 10 spores alternately for each and measured its length and width. Measurements were compared with literature data. On the plum was found in *Transchzeria pruni - spinosae*, black mussel - *Puccinia malvacearum*, wild blackberry - *Phragmidium violaceum*, roses - *Phragmidium mucronatum*, Indian strawberry - *Phragmidium mexicanum* and *Borago officinalis* – order *Pucciniales*.

Key words: determination rust, sistematycs

9. POPIS LITERATURE:

1. Abbasi, M., Scholler, M. (2005). A taxonomic revision of the genus *Tranzschelia* (Uredinales), Plant Pests and Diseases Research Institute, Germany
2. Agrios, G.N. (1997). Plant Pathology, 4th ed: Academic Press.
3. Allen, R.E. (1934). A cytological study of heterothallism in flax rust J. Agric. Res. 49. 765 – 791
4. Andrus, C.F. (1931). The mechanism of sex in *Uromyces appendiculatus* und *A. Vignae*. J. Agric. Res. 42. 559 – 587.
5. Anikster, Yehoshua. (1986). Teliospore Germination in Some Rust Fungi. Phytopathology. 76. 10.1094/Phyto-76-1026.
6. Buller, A.H.R. (1950). „Research of Fungi“. Vol.VII. University of Toronto Press, Toronto.
7. Berlin, Anna (2012). *Population Biology of Puccinia graminis*. Diss. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1652-6880 ; 2012:79 [Doctoral thesis]
8. Cvjetković, B. (2010.): Mikoze i pseudomikoze voćaka i vinove loze. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet
9. Coffey, M.D., Bone, A., Shaw, M. (1970). In vitro culture of the flax rust, M.L. Cas. J. Bot, 48, 773-776
10. Coffey, M.D., Shaw, M. (1972). Nutritional studies with axenic cultures of the flax rust *Melampsora lini*. Physiol. Pl. Path. 2, 37-46.
11. Craigie, JH. (1927). Experiments on sex in rust fungi. Nature 120: 116 – 117.
12. Craigie, JH. (1927). Discovery of the function of the pycnia of the rust fungi. Nature 120(3030): 765 – 767.
13. Cummins, G.B., Hiratsuka Y.(2003). Illustrated genera of rust fungi. American Phytopathological Society, St. Paul.
14. Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. Praktikum iz fitopatologije – www.fazos.hr
15. Eriksson, J., Henning, E. (1896). Die Getrideroste ihre Geschichte und Natur Sowie Hassregeln gegen dieselben. Stockholm. P.A. Nordstedt, Soner
16. Fahad, M., Fiaz, M., Ullah, S., Rehman, HU., Shariq, M., Majid, A., Alam, J.. (2018). First report of the rust fungus *Phragmidium mexicanum* from Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Plant Pathology & Quarantine.

17. Flor, H.H. (1955). Host – parasite interaction in flax rust – its genetics and other implications. *Phytopathology* 45: 680 – 685.
18. Flor, HH. (1956). The complementary genetic systems in flax and flax rust. *Adv Genet.* 8: 29 – 54.
19. Harvey, A.E., Grasham, J.L.(1970). Growth of *Cronartium ribicola* in the absence of physical contact with host. *Can. J. Bot.* 48, 71 – 73.
20. Helfer, S. (2014). Rust fungi and global change. *The New phytologist.* 201. 770-80.
21. Hiratsuka, J., Hiratsuka, N. (1980). Morphology of spermagonia and taxonomy of rust fungi. *Rept. Tottori Mycol. Inst.* 18, 257 – 268.
22. Hiratsuka, Y., Sato, S. (1982). Morphology and taxonomy of rust fungi. *The Rust Fungi.* 1-36.
23. Jackson, H.S. (1935). The nuclear cycle of *Herpobasidium filicinum* with a discussion of the significance of homothallism a Basidiomycetes. *Mycologia* 27, 553 – 572.
24. Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K., Ilić, J. (2014.): Mikopolulacija korova istočne Slavonije i Baranje. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
25. Kislev, M.E. (1982). Stem rust of wheat 3300 years old found in Israel. *Science* 216, 993 – 994.
26. Kolmer, J.A., Ordonez, M.E., Groth, J.V. (2009). The rust fungi - In: *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley i Sons, Ltd. Chichester f+
27. Laundon, G.F. (1965). The generic names of Uredinales. *Mycol. Pop.* 99, 1-22.
28. Large, J.C. (1985). Cereal rusts, dogs and stars in antiquity. *Cereal rust bulletin* 13 (1) 1-10.
29. Leonard, K.J., Szabo, L.J.(2005). Stem rusts of small grains and grasses caused by *Puccinia graminis*, *Mol. Plant. Pathology* 6: 99 – 111.
30. Line, R.F., Griffith, C.S. (2001). Research on the epidemiology of stem rust of wheat during the Cold War. In: Peterson PD (ed.), *Stem rust of wheat. From ancient enemy to modern foe.* American Phytopathological Society, St Paul. Pp 83 – 118.
31. Leus, L., Huylenbroeck, J. (2007). Identification and occurrence of rust species (*Phragmidium* spp.) on roses in europe. *Acta Horticulturae.* 751. 241-246.
32. Lopez –Franco, R.M, Hennen, J.F. The genus *Transchzeria* (Uredinales) in the American, *Systematic Botany*, Vol.15., No.4., pp 560 – 591.

33. McLaughlin, D.J., Berres, M.E., Szabo, L.J. (1995). Molecules and morphology in basidiomycete phylogeny. *Canadian Journal of Botany*. 73. 684-692.
34. Radman, J. (2011). *Gljive iz reda Pucciniales – morfologija, sistematika, ekologija i patogenost* (Završni rad).
35. Saville, D.B.O. (1976). Evolution of the rust fungi (Uredinales) as reflected by their ecological problems. *Evolutionary Biol.* 9. 137 – 207.
36. Saville, D.B.O. (1939). Nuclear structure and behavior in speaks of the Uredinales. *Am.J.Bot.* 26. 585 – 609.
37. Shattock, R.C. (2003). Disease (Rust. In : *Encyclopedia of rose science*. Eds. A.V.Roberts, T. Debener, S. Gudin Elsevier, Academic Press, Oxford.
38. Swan, E.C., Frieders, E.M., McLaughlin, D.J. (1981). Urediniomycetes, In: *Systematics and evolution, past B. The Mycota, VII*. Springer, Berlin, pp 37 – 56.
39. Turel, F.L. (1969). Saprophytic development of flax rust, *Melampsora lini*, race No.3., *Can.J.Bot.* 47, 821 – 823.
40. Unger, F. (1833). *Die Exantheme der Pflanzen und einige mit diesen verwandten Krankheiten dieses Gewasche, pathogenetisch und nosographisch dargestellt*. Gerold, Vienna.
41. Voegelé, R., Hahn, M., Mendgen, K. (2009). *The Uredinales : Cytology, Biochemistry, and Molecular Biology*.
42. Wang, J.C., Martens, P. (1939). Sur l'origine de la dicaryophase chez quelques Uredinees. *La Cellule*. 48, 215 – 245.
43. Webster, J., Webster, R.W.S. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge, University Press, Cambridge.
44. Williams, P.G., Scott, K.J., Kuhl, J.L., (1967). Sporulation and pathogenicity of *Puccinia graminis* f.sp.*tritici* grown on artificial medium. *Phytopathology*, 57, 326 – 327.
45. Williams, P.G., Scott, K.J., Kuhl, J.L. (1966). Vegetative growth of *Puccinia graminis* f.sp.*tritici* in vitro. *Phytopathology* 56, 1418 – 1419.
46. Zadoks, J.C. (1985). Cereal rusts, dogs and stars in antiquity. *Cereal rust bulletin* 13 (1), 1-10.
47. Zadoks, J.C. (2007). Fox and fire a rusty riddle. *Latumus* 66, 3 – 9.
48. Zhou, X.L., Stumpf, M.A., Hoch, H.C., Kung, C. (1991). A mechanosensitive channel in whole cells and in membrane patches of the fungus *Uromyces*. *Science* 253:1415 – 1417.

49. Yarwood, C.E. (1950). Water content of fungus spores. American Journal of Botany, Vol.37, 636 – 639.

10. POPIS SLIKA

Slika 1. Božanstvo Robigalia

(izvor: https://shirleytwofeathers.com/The_Blog/pagancalendar/the-robigalia/)

Slika 2. *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* – crna žitna hrđa

(izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Stem_rust#/media/File:Stem_rust_close_up.jpg)

Slika 3. *Melampsora lini* – lanena hrđa

(izvor: <https://www.invasive.org/browse/subthumb.cfm?sub=63060&class=309>)

Slika 4. *Puccinia recondita* – žuta, crtičava hrđa (izvor: Nežić)

Slika 5. *Puccinia graminis* na *Berberis vulgaris* – žutika

(izvor: https://www.bioref.lastdragon.org/Pucciniomycotina/Puccinia_graminis.html)

Slika 6. Životni ciklus hrđe boba

(izvor: https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-Uromyces-fabae-Overwintering-diploid-2-n-teliospores-T-germinate_fig1_30019496)

Slika 7. Spolni i nespolni stadij hrđe na pšenici i žutici

(izvor: <https://steemit.com/puccinia/@mameen745/life-cycle-of-puccinia-graminis-best-article>)

Slika 8. Labaratorijsko posuđe korišteno za istraživanje (izvor: Nežić)

Slika 9. Mikroskop Olympus BX 41 (izvor: Nežić)

Slika 10. Lice lista zaražene šljive hrđom (izvor: Nežić)

Slika 11. Naličje lista zaražene šljive hrđom (izvor: Nežić)

Slika 12. *Transchzeria pruni* – *spinosae* pod uvećanjem od 20 x (izvor: Nežić)

Slika 13. Teliospore u lancu (izvor: Nežić)

Slika 14. Lice lista divljeg sljeza zaraženog hrđom (izvor: Nežić)

Slika 15. Naličje lista divljeg sljeza zaraženog hrđom (izvor: Nežić)

Slika 16. *Puccinia malvaceraum* pod uvećanjem 20x (izvor: Nežić)

Slika 17. Teliospore (izvor: Nežić)

Slika 18. Skup teliospora (izvor: Nežić)

Slika 19. Lice lista divlje kupine (izvor: Nežić)

Slika 20. Lice lista divlje kupine (izvor: Nežić)

Slika 21. Naličje lista divlje kupine (izvor: Nežić)

Slika 22. Nakupine teliospora na naličju (izvor: Nežić)

Slika 23. Spora *Phragmidium* spp. (izvor: Nežić)

Slika 24. Pojedinačne spore (izvor: Nežić)

Slika 25. Naličje lista ruže (izvor: Nežić)

Slika 26. Uredospore *Phragmidium mucronatum* (izvor: Nežić)

Slika 27. Teliospore *Phragmidium mucronatum* (izvor: Nežić)

Slika 28. Lice lista indijske jagode (izvor: Nežić)

Slika 29. *Phragmidium mucronatum* na naličju lista (izvor: Nežić)

Slika 30. Uredospore hrđe (izvor: Nežić)

Slika 31. Hrđa na *Borago officinalis* (izvor: Nežić)

Slika 32. Uredospore pod uvećanjem (izvor: Nežić)

Slika 33. Uredospore hrđe na Boražini (izvor: Nežić)

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Sistematika hrđa prema Čosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. – praktikum iz fitopatologije, www.fazos.hr

Tablica 2. Primjer heteroecijskih hrđa i njihovih domaćina prema Čosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. – praktikum iz fitopatologije, www.fazos.hr

Tablica 3. Biljne vrste i lokacije na kojima su nađene hrđe

Tablica 4. Dinamika pojave pojedinih stadija hrđe ruže

12. Internet izvori:

<http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000063&Rec=14255&Fields=All>

[https://wiki.bugwood.org/Puccinia_malvacearum_\(hollyhock_rust\)](https://wiki.bugwood.org/Puccinia_malvacearum_(hollyhock_rust))

<http://fungi.myspecies.info/all-fungi/phragmidium-violaceum>

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, smjer Zaštita bilja

HRĐE KAO UZROČNICI BOLESTI NA RAZLIČITIM DOMAĆINIMA Lucija Nežić

Sažetak:

Hrđe su obligatni paraziti koji paratiziraju biljke iz različitih rodova, a neke su ograničene na samo jednu vrstu. U radu su opisane hrđe koje napadaju kultivirano i nekultivirano bilje, a biljni materijal je prikupljen na lokaciji Osijeka, Stare gore i Zadra tijekom 2018. godine. Determinacija je obavljena na temelju simptoma i morfoloških karakteristika spora gdje smo za svaku naizmjenično odabrali 10 spora i izmjerili njenju dužinu i širinu. Mjerenja su uspoređena s podacima iz literature. Na šljivi je utvrđena *Transchzeria pruni* – *spinosae*, crnom sljezu – *Puccinia malvacearum*, divljoj kupini – *Phragmidium violaceum*, ruži – *Phragmidium mucronatum*, indijskoj jagodi – *Phragmidium mexicanum* i boražini – red *Pucciniales*.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof.dr.sc. Karolina Vrandečić

Broj stranica: 43

Broj grafikona i slika: 33

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 49

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: determinacija hrđa, sistematika

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Jasenka Ćosić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Karolina Vrandečić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Jelena Ilić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate Studies, course Plant protection

RUST DISEASE ON PLANTS ON DIFFERENT HOSTS

Lucija Nežić

Abstract:

Rusts are obligate parasites that parasitize plants from different genera and some are restricted to only one species. The work describes rust that attack cultivated and non-cultivated plants, and plant material was collected in the Osijek, Stara Gora and Zadar locations during 2018. Determination was performed based on the symptoms and morphological characteristics of the spores, where we selected 10 spores alternately for each and measured its length and width. Measurements were compared with literature data. On the plum was found in *Transchzeria pruni* - *spinosae*, black mussel - *Puccinia malvacearum*, wild blackberry - *Phragmidium violaceum*, roses - *Phragmidium mucronatum*, Indian strawberry - *Phragmidium mexicanum* and *Borago officinalis* – order *Pucciniales*

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Karolina Vrandečić

Number of pages: 43

Number of figures and pictures: 33

Number of tables: 4

Number of references: 49

Number of appendices: 0

Original in: croatian

Key words: determination rust, sistematycs

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. prof. dr. sc. Jasenka Ćosić, president
2. prof. dr. sc. Karolina Vrandečić, supervisor
3. izv. prof. dr. sc. Jelena Ilić, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1

