

Fusarium vrste kao patogeni kultiviranog bilja i korova

Šoštarić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:541103>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Šoštarić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

FUSARIUM VRSTE KAO PATOGENI KULTIVIRANOG BILJA I KOROVA

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Šoštarić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

FUSARIUM VRSTE KAO PATOGENI KULTIVIRANOG BILJA I KOROVA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	Cilj istraživanja.....	2
2.	IDENTIFIKACIJA FUSARIUM VRSTA	3
2.1.	Morfološke karakteristike	3
2.2.	Podloge za uzgoj i determinaciju Fusarium vrsta.....	5
2.2.1.	Podloga s lišćem karanfila (CLA - Carnation Leaf-Piece Agar).....	6
2.2.2.	Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA)	7
2.2.3.	Krumpir dekstrozni agar (KDA).....	7
3.	FUSARIUM VRSTE KAO PATOGENI KULTIVIRANOG BILJA	8
3.1.	<i>Fusarium</i> kao uzročnik bolesti na pšenici.....	8
3.1.1.	Fuzarijska palež klasova	8
3.1.2.	Fuzarijska trulež korijena i vlati	11
3.2.	<i>Fusarium</i> kao uzročnik bolesti na kukuruзу	12
3.2.1.	Trulež klipa i zrna kukuruza.....	13
3.2.2.	Trulež korijena i stabljike kukuruza	17
3.3.	Sindrom iznenadnog odumiranja soje (SDS – Soybean sudden death syndrome).....	19
3.4.	<i>Fusarium oxysporum</i> uzročnik bolesti na šećeroj repi i suncokretu.....	21
3.5.	<i>Fusarium</i> kao uzročnik bolesti na krumpiru.....	23
3.5.1.	Suha trulež krumpira	23
3.6.	<i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici</i>	24
3.7.	<i>Fusarium</i> vrste na tikvenjačama.....	26
3.7.1.	<i>Fusarium solani f. sp. cucurbitae</i>	28
3.7.2.	<i>Fusarium oxysporum f. sp. radidis-cucumerinum</i>	28
3.8.	<i>Fusarium</i> kao uzročnik bolesti na jabukama.....	29
4.	FUSARIUM VRSTE NA KOROVIMA.....	31
4.1.	<i>Fusarium</i> vrste izolirane s korova za pšenicu i kukuruz	33
5.	ZAKLJUČAK.....	34
6.	SAŽETAK.....	35
7.	SUMMARY	36
8.	POPIS LITERATURE	37
9.	POPIS SLIKA	41
10.	POPIS TABLICA	43

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Rod *Fusarium* prema nespolnom stadiju pripada u pododjel *Deuteromycota*, razred *Hypomycetes*, red *Hyphales*, a opisao ga je 1809. godine F. Link, dok prema spolnom stadiju pripada u *Ascomycota*, razred *Pyrenomycetes*. Vrste roda su mnogobrojne i jedan dio njih poznate su kao biljni patogeni. Taksonomija roda *Fusarium* se temelji na identifikaciji postojećih vrsta, razumijevanju odnosa između vrsta te na identifikaciji i karakterizaciji novih vrsta. Primarne morfološke značajke su oblik i veličina makrokonidija, mikrokonidija i hlamidospora te vrsta i prisutnost konidiogenih stanica. Ostale, sekundarne značajke uključuju prirodu hifa u kulturi, pigmente koje proizvode i izlučuju (najčešće na KDA podlozi), uočljive mirise, brzinu rasta i sekundarnu proizvodnju metabolita (Brown i Proctor, 2013.).

Vrste roda *Fusarium* uzrokuju niz bolesti biljaka koje utječu na količinu i kakvoću prinosa u svim dijelovima svijeta. Neke bolesti kao što su panamska bolest banana i fuzarijska palež klasova (eng. *Fusarium head blight*) su imale gotovo razarajuće ekonomske i sociološke utjecaje na poljoprivrednike koji se oslanjaju upravo na te usjeve. Biljne bolesti uzrokovane vrstama roda *Fusarium* nisu ograničene na određenu regiju ili tip uzgoja, nego mogu biti problematične podjednako u umjerenoj kao i u tropskoj poljoprivredi. Jedna od zajedničkih karakteristika, bez obzira na vrstu roda ili usjev je da su mogućnosti kontrole ograničene i teške za provedbu. *Fusarium* vrste mogu uzrokovati različite vrste bolesti, uključujući traheofuzarioze, palež klijanaca, trulež stabljike i korijena, a neke vrste mogu uzrokovati višestruke i preklapajuće simptome bolesti, ovisno o domaćinu i okolišu (Brown i sur., 2013.).

Kod traheofuzariozabBiljke se najčešće zaraze preko korijenovog sustava pri čemu se patogen naseli u provodno staničje bilo gdje u biljci i sprječava protok vode što dovodi do venuća biljnih dijelova iza mjesta začepljenja. Palež klasova te palež klijanaca su bolesti uglavnom ograničene na žitarice, a u umjerenom klimatu ih najčešće uzrokuju *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum*. Zaraza uzrokuje gubitak prinosa, a može se dodatno zakomplicirati proizvodnjom mikotoksina koji kontaminiraju proizvedeno zrno. Trulež se javlja kod širokog spektra domaćina ali je ipak najvažnija na pšenici, ječmu, kukuruzu i sirku. U istrnulim i razgrađenim stabljikama se smanjuje protok hranjivih sastojaka i vode, a slabljenje tkiva dovodi do polijeganja cijele biljke. Većina mjera koji se preporučuju za suzbijanje biljnih bolesti uzrokovanih rodom *Fusarium* ovise o agronomskoj praksi kao što su obrada tla, zaoravanje biljnih ostataka nakon vegetacije, plodored ili uzgoj tolerantnih genotipova. Mjere kemijskog suzbijanja su ograničeno učinkovite osobito u

godinama kada je pritisak bolesti jak, a trenutno je relativno malo fungicida, osobito za neke kulture i tipove bolesti, koji bi se mogli opisati kao ekonomski učinkoviti (Brown i sur., 2013.).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je temeljem dostupne literature opisati rod *Fusarium* i najznačajnije bolesti koje *Fusarium* vrste izazivaju na kultiviranim biljnim vrstama kao i navesti najznačajnije korove koji sudjeluju u prijenosu patogena na kultiviranu biljku domaćina te načine suzbijanja bolesti na pojedinim kulturama.

2. IDENTIFIKACIJA FUSARIUM VRSTA

2.1. Morfološke karakteristike

Do prije nešto više od desetak godina glavni pristup za klasifikaciju *Fusarium* vrsta je bila morfologija, a primarno to je bilo formiranje nespolnih spora, prepoznatljivih makrokonidija, koje je prvi opisao Link. *Fusarium* vrste proizvode tri vrste spora makrokonidije, mikrokonidije (slika 1) i hlamidospore. Septirane makrokonidije se mogu formirati na monofijalidima i polifijalidima u zračnom miceliju, ali i na kratkim monofijalidima u specijaliziranim strukturama zvanim sporodohije. Makrokonidije su srpasto povijenog oblika, najčešće imaju tri do sedam septi, izdužena im je vršna stanica, a bazalna stanica je u obliku stopice (Booth, 1971.). Mikrokonidije se mogu razlikovati u obliku i veličini, a nastaju u zračnom miceliju, pojedinačno, u nakupinama (lažnim glavicama) ili nizovima, kako na monofijalidima tako i na polifijalidima. Hlamidospore su otporne strukture sa zadebljanim stjenkama i visokim udjelom lipida, mogu nastati na usred hifa ili na njihovim završetcima. Različit oblik makrokonidija je važno obilježje, a prisutnost ili odsutnost makrokonidija i hlamidospora te karakteristike konidiogenih stanica doprinose razlikovanju vrsta (Moretti, 2009.).



Slika 1. Razlike između mikro i makrokonidija roda *Fusarium* (izvor:

<https://commons.wikimedia.org/>)

Fusarium culmorum stvara samo makrokonidije (slika 2), u početku na zračnom miceliju, a kasnije u brojnim sporodohijama. Bazalna stanica je kod pojedinih izolata slabije izražena, a vršna stanica je zašiljena. Konidije imaju 3-5 septi. *Fusarium graminearum* stvara samo makrokonidije. Imaju 3-7 poprečnih septi, vršna stanica im može biti značajno izdužena i jače zakrivljena dok je bazalna karakteristično oblikovana u stopicu (Jurković, 1981.).



Slika 2. Klijanje makrokonidija *Fusarium culmorum* zabilježeno krio-elektronskom mikroskopijom (izvor: Chitarra i sur., 2005.)

Mikrokonidije mogu imati različit oblik: ovalan, elipsoidan, oblik toljage - kijačast, a mogu biti bez septi ili s 1-2 septe. *Fusarium verticillioides* stvara mikrokonidije u nizovima i lažnim glavicama. One su ovalne ili kijačaste, jednostanične ili rjeđe s jednom do dvije septe. Kod *Fusarium subglutinans* mikrokonidije su ovalne, jednostanične i skupljene u lažne glavice. *Fusarium oxysporum* (slika 3) mikrokonidije formira na zračnom miceliju u lažnim glavicama (Jurković, 1981.).



Slika 3. Klijanje mikrokonidija *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (izvor: Steinkellner i sur., 2005.)

Prema svojoj funkciji hlamidospore nastaju u nepovoljnim uvjetima za razvoj gljive i osiguravaju preživljavanje nepovoljnih uvjeta i vegetativno razmnožavanje. Hlamidospore *Fusarium oxysporum* su okrugle, ovalne, svjetlo zelene boje, jednostanične ili dvostanične (Jurković, 1981.).

Kako bi identificirali vrstu znanstvenici predlažu upotrebu monospornih čistih kultura i uzgoj izolata na posebnim podlogama u standardnim uvjetima inkubacije (Moretti, 2009.).

U prirodnom supstratu, kao i na umjetnim hranjivim podlogama, micelij *Fusarium* vrsta je hijalin, višestaničan, svjetlo zelene do svjetlo žute boje, a u pojedinim slučajevima može biti ružičast do crven. Širenjem hifa zrakasto od centra micelij raste stvarajući gusti splet supstratnog micelija, iznad kojeg se uzdižu u početku rjeđe i kraće, a zatim guste i dugačke hife zračnog micelija. *Fusarium graminearum* formira bujan, rastresit, pahuljast zračni micelij. Slične karakteristike ima micelij *Fusarium culmorum*. Zračni micelij *Fusarium verticillioides* i *Fusarium subglutinans* je nježan, pahuljast i često gusto isprepletana. Kod *Fusarium oxysporum* micelij je izrazito gust (Jurković, 1981.).

2.2. Podloge za uzgoj i determinaciju *Fusarium* vrsta

Različite hranjive podloge koriste se kao standardi za uzgoj kultura za identifikaciju *Fusarium* vrsta. *Fusarium* vrste imaju poznate varijabilne fenotipove kada se uzgajaju na različitim hranjivim podlogama. Morfološke značajke uobičajene u kulturama uzgajanim na nekim podlogama mogu biti odsutne ili izmijenjene kada se isti izolat uzgaja na drugoj podlozi. Osnovno je načelo koristiti istu podlogu jer različite podloge mogu imati isti naziv npr. agar soka V-8 ili krumpir dekstrozni agar, ali se razlikuju u svom sastavu. Stoga se treba pridržavati standardnog recepta u pripremi podloga koje će se koristiti za opis i identifikaciju vrsta. Podloga od lišća karanfila (CLA), Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) i krumpir dekstrozni agar (PDA) su standardne podloge koje se koriste za identifikaciju vrsta *Fusarium* (Leslie i Summerell, 2006.).

Podloge se razljevaju u Petrijeve zdjelice ili u koso položene epruvete ukoliko se radi o krutim podlogama ili u tikvice za tekuće podloge. Krute podloge pripreme se, autoklaviraju, a zatim doziraju u sterilne Petrijeve zdjelice. Podlogu koja sadrži agar treba napraviti u tikvici koja je dvostruko veća od volumena podloge (jedna litra podloge u tikvici od 2 l). Hlađenje agara prije razljevanja neophodno je ako se želi dodati tvari osjetljive na toplinu, kao što su antibiotici. Najčešće korištene Petrijeve zdjelice su promjera 90 ili 60 mm. Jedna litra podloge obično je dovoljna za punjenje 60 većih zdjelica ili 80 - 100 manjih Petijevih zdjelica. Ako je podloga

namijenjena spolnim križanjima, tada se po posudi dodaje više medija u odnosu na medij za vegetativnu analizu (Leslie i sur., 2006.).

2.2.1. Podloga s lišćem karanfila (CLA - Carnation Leaf-Piece Agar)

Podloga s lišćem karanfila je prirodna hranjiva podloga pripremljena stavljanjem sterilnih komadića lišća karanfila (3-5 mm²) u Petrijevu zdjelicu i dodavanjem sterilnog 2 % vodenog agara (20 g agara u 1 L H₂O). Obično se dodaje jedan komad lista karanfila na 2 ml podloge. Komadići listova karanfila pripremaju se od svježih listova karanfila bez ostataka fungicida ili insekticida. Odmah nakon sakupljanja listovi se režu na komadiće i suše u pećnici na oko 70 °C u trajanju 3-4 sata dok ne postanu krhki. Osušeni komadići listova pakiraju se u aluminijske ili polikarbonatne posude i steriliziraju gama zračenjem. Sterilizirani komadići lista mogu se čuvati suhi na sobnoj temperaturi do 12 mjeseci prije upotrebe. Većina vrsta *Fusarium* sporulira na CLA za 6-10 dana (Leslie i sur., 2006.).

Kulture uzgajane na CLA podlozi produciraju makrokonidije ujednačenije veličine i oblika od kultura uzgajanih na medijima bogatim ugljikohidratima kao što su KDA ili Czapek-Dox. Makrokonidije nastaju prvenstveno u sporodohijama koje se obično razvijaju na komadićima lista. Makrokonidije nastale u sporodohijama preferiraju se za identifikaciju jer su karakterističnog oblika i duljine (Leslie i sur., 2006.).

Mikrokonidije su češće na hifama koje rastu na agaru, često daleko od komada lišća. Način stvaranja mikrokonidija, prisutnost lažnih glava ili lanaca mikrokonidija i prisutnost hlamidospora mogu se utvrditi izravnim mikroskopiranjem kada se izolati uzgajaju u malim zdjelicama (promjer 60 mm). CLA je također prikladan za proizvodnju velikog broja konidija za istraživački rad, iako mnogi znanstvenici koriste modificiranu Czapek-Dox podlogu. *Fusarium graminearum*, *Fusarium solani* i kulture heterotaličnih *Fusarium* vrsta formiraju peritecije na CLA podlozi ako se inkubiraju na svjetlu. Stariji listovi karanfila mogu dati bolje rezultate od mlađih listova karanfila za stvaranje peritecija. Za genetska istraživanja većina istraživača koristi i podlogu od mrkve ili agar soka V-8 za proizvodnju peritecija iz kojih se sakupljaju askospore (Leslie i sur., 2006.).

2.2.2. Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA)

SNA podloga je sintetička, slabo hranjiva podloga koja se koristi za identifikaciju i održavanje izolata vrsta *Fusarium*, a priprema od 1 l destilirane H₂O, KH₂PO₄ 1 g, KNO₃ 1 g, MgSO₄ • 7H₂O 0,5 g, KCl 0,5 g, glukoza 0,2 g, saharoza 0,2 g, tehnički agar 20 g (Leslie i sur., 2006.).

Stavljanje 1-2 komada sterilnog filter papira, otprilike 1 cm², na površinu podloge nakon što se podloga ohladi može povećati sporulaciju. Degeneracija kulture, koja je česta na mnogim sintetičkim podlogama obično se ne javlja na SNA. Podloga potiče sporulaciju i dobar razvoj konidiogenih stanica, međutim stvaranje sporodohija je ograničeno te morfološke karakteristike makrokonidija nisu toliko uniformne niti toliko pouzdane kao kod CLA (Leslie i sur., 2006.).

Kulture uzgajane na SNA često su korisne za ispitivanje mikrokonidija jer ova podloga podržava stvaranje niza različitih mikrokonidija. U nekim će se slučajevima mikrokonidije nastale na SNA morfološki razlikovati od onih na CLA. Također, mnogi izolati lakše stvaraju hlamidospore na SNA nego na CLA (Leslie i sur., 2006.).

2.2.3. Krumpir dekstrozni agar (KDA)

Krumpir dekstrozni agar je podloga bogata ugljikohidratima i sadrži 20 g dekstroze, 20 g agara i smjesu od 250 g bijelog krumpira s 1 l vode iz slavine. Krumpir se oljušti, opere i kuha dok ne omekša. Prokuhani krumpir se filtrira kroz jedan sloj gaze koja ostavlja malo taloga u smjesi. Komercijalno dostupni pripravci KDA su prikladniji i obično se koriste za identifikaciju kao i domaći pripravci. Konidije nastale na KDA nisu uniformne niti izgledom niti veličinom kao one formirane na CLA ili SNA pa su stoga mnogo manje pouzdane za identifikaciju. Međutim, morfologija kolonija, pigmentacija i brzina rasta kultura većine vrsta *Fusarium* na KDA su prilično konzistentne ako se podloga priprema na standardan način i ako su kulture iz standardnih inokuluma i inkubirane pod standardnim uvjetima. Ova obilježja kolonije su korisni sekundarni kriteriji za identifikaciju (Leslie i sur., 2006.).

3. FUSARIUM VRSTE KAO PATOGENI KULTIVIRANOG BILJA

3.1. *Fusarium* kao uzročnik bolesti na pšenici

S obzirom na vrijeme infekcije, dio biljke pšenice koji je obolio te simptome, razlikujemo palež klijanaca, trulež korijena i najnižih dijelova vlati te palež klasova. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na pšenici u Hrvatskoj prikazana je u tablici 1 (Ćosić i sur., 2004.). Širenje bolesti se sprječava sjetvom zdravog i dezinficiranog sjemena u nekontaminirano tlo. Uzak plodored u kojem se izmjenjuju pšenica i kukuruz, značajan je faktor jače zaraze, a do zaraze dolazi tijekom cijele vegetacije jer se parazit održava u tlu na ostacima biljaka. Izmjena pšenice u plodoredu s kulturama koje ne pripadaju grupi žitarica (soja, suncokret, šećerna repa) i duboko zaoravanje žetvenih ostataka smanjuju količinu primarnog inokuluma. Važan izvor zaraze su inficirana zrna pšenice koja su tijekom žetve izbačena iz klasa i ostaju u tlu te alternativni domaćini (Ćosić, 2001.).

Tablica 1. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na pšenici u Hrvatskoj (Ćosić i sur., 2004.)

<i>Fusarium spp.</i>	P š e n i c a									
	Zrno		Korijen		Stabljika		List		Ostaci	
	Broj izolata	%	Broj izolata	%	Broj izolata	%	Broj izolata	%	Broj izolata	%
Ukupno	846	100,00	156	100,00	59	100,00	7	100,00	101	100,00
<i>F. graminearum</i>	452	53,43	81	51,93	44	74,58	0	0	57	56,44
<i>F. moniliforme</i>	166	19,62	21	13,46	9	15,25	0	0	22	21,78
<i>F. subglutinans</i>	73	8,63	13	8,33	6	10,17	0	0	17	16,83
<i>F. avenaceum</i>	108	12,76	16	10,26	0	0	0	0	5	4,95
<i>F. culmorum</i>	2	0,24	5	3,21	0	0	0	0	0	0
<i>F. poae</i>	15	1,77	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. oxysporum</i>	0	0	9	5,77	0	0	0	0	0	0
<i>F. solani</i>	2	0,24	4	2,56	0	0	0	0	0	0
<i>F. sporotrichioides</i>	0	0	3	1,92	0	0	0	0	0	0
<i>M. nivale</i>	28	3,31	4	2,56	0	0	7	100,00	0	0

3.1.1. Fuzarijska palež klasova

Fuzarijska palež klasova (*Fusarium* head blight, FHB) je najznačajnija fuzarijska bolest pšenice i drugih strnih žita (ječam, zob, tritikale) s velikim posljedicama na količinu i kakvoću prinosa (Ćosić i sur., 2013.)

Zahvaćena zrna pšenice su mala, svijetla, naborana i ponekad prekrivena bijelom ili ružičastom prevlakom. Ovalne mrlje sa smeđim rubovima i prozirnou sredinom mogu biti vidljive na stražnjoj strani zrna. Palež klasova može biti rezultat zaraze gljivama dvaju rodova: *Microdochium* i *Fusarium*. *Microdochium* se sastoji od jedne vrste, *Microdochium nivale* koju čine dvije podvrste: *Microdochium nivale nivale* i *Microdochium nivale majus*. Fuzarijsku palež klasova može uzrokovati dvadesetak *Fusarium*, a najznačajnije su *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium poae* i *Fusarium triticum*. Najčešće od ovih vrsta su *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum*, koje su ujedno i najpatogenije, smanjujući količinu i kakvoću prinosa prinosa (Ćosić, 2001., Champeil i sur., 2004.).

Do zaraze zrna dolazi od cvjetanja pa sve do kraja vegetacije, a najveće štete nastaju u godinama kada u cvjetanju i neposredno nakon njega prevladavaju visoke temperature, iznad 22 °C, uz visoku relativnu vlažnost zraka, iznad 85 %. Zrna zaražena neposredno nakon oplodnje su sitnija, smežurana i gube klijavost. Prisutstvo kolina i betaina, tvari koje proizvode prašnici, stimulira bujan razvoj micelija *Fusarium graminearum* na cvjetovima pšenice, a njihova se koncentracija povećava pod utjecajem parazita i stimulira razvoj gljive pa ovi procesi objašnjavaju sklonost gljive za razvoj na cvjetnim organima pšenice. Ako do zaraze dolazi kasnije u vegetaciji, zrna imaju normalniji izgled i masu, dobro su nalivena i ne gube klijavost (slika 4). Zaraženi mogu biti pojedini klasići, dio klasa ili cijeli klas (Ćosić i sur., 2013.).



Slika 4. Zrna pšenice zaražena *Fusarium graminearum* u cvatnji

(izvor: Ćosić i sur., 2013.)

Simptomi bolesti se uočavaju na polju u mliječnoj zriobi, kada su zdravi klasovi zelene boje i manje ili više povijeni od težine zrna, dok su bolesni dijelovi klasa slamnato žute boje i uspravni (slika 5), a na bazi klasića se formiraju narančaste sporodohije. Posljedica je smanjenje broja i

težine zrna, razgradnja granula škroba, uskladištenog proteina i staničnih stijenki (Ćosić i sur., 2013.).



Slika 5. Simptomi zaraze *Fusarium* spp. (mliječna zrioba) (izvor: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/>)

Prema Balmas i sur. (2015.) fuzarijsku palež klasova u Sardiniji najčešće uzrokuje *Fusarium culmorum*. *Fusarium graminearum* kojeg najčešće povezujemo s fuzarijskom paleži klasova pojavljuje se u manjoj populaciji. *Fusarium culmorum* često je prijavljivan kao patogen hladnijih područja u usporedbi s *Fusarium graminearum*, no rezultati dobiveni u ovom istraživanju sugeriraju da ova klasična shema distribucije nije općenito primjenjiva, jer je *Fusarium culmorum* identificiran kao prevladavajući uzročnik fuzarijske paleži klasova na Sardiniji, kao i u drugim mediteranskim regijama. Također, *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum* su izolirani iz dva klasa sakupljena 2013. godine s istog polja što potvrđuje potencijalnu mogućnost koinfekcije.

3.1.2. Fuzarijska trulež korijena i vlati

Fuzarijska trulež korijena i vlati (slika 6) se razvija tijekom cijele vegetacije, a najuočljiviji simptomi se javljaju poslije klasanja prijevremenim ugibanjem biljaka i pojavom bijelih klasova. Napadnute klasove zahvaćaju saprofitni mikroorganizmi, osobito u vlažnim uvjetima te klasovi dobivaju crnu boju. Simptom bolesti mogu biti i nekrotične tamne površine na internodijima i nodijima. U uzdužnom presjeku vlati može se uočiti bjeličasto-ružičasti micelij. Ova bolest je proširena i može biti štetna kao i polijeganje. Do najvećih šteta dolazi u slučaju kada iza jakog napada polijeganja slijedi jak napad fuzarioze vlati. Napad se očituje na rukavcima listova na donjem dijelu vlati u vidu smeđih, a zatim crnih nekrotičnih pjega. Kod jakog napada inficirani su i donji nodiji te tkivo oko njih. Rana i jaka infekcija dovode do odumiranja cijele biljke. Ovaj tip bolesti mogu uzrokovati *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* i neke druge *Fusarium* vrste. Napad pospješuje visoka relativna vlažnost zraka pri bazi vlati te uzak plodored (Tomasović i sur., 1994.).



Slika 6. Fuzarijska trulež korijena i vlati (<http://www.fazos.unios.hr>)

Chongo i sur. (2001.) su u svom istraživanju ispitivali može li *Fusarium graminearum* izoliran a pšenice uzrokovati palež klijanaca i trulež korijena različitih kultiviranih vrsta. Inokulum koji se sastojao od pšenice zaražene gljivom *Fusarium graminearum* je stavljen uz površinski sterilizirano sjeme svake kulture. U istraživanje su bili uključeni pšenica, ječam, zob, raž, tritikale, lan, repica (*Brassica napus* L. i *Brassica rapa* L.), grah, poljski grašak, leća i slanutak. Inokulacija je smanjila

nicanje svih usjeva, osim repice, gorušice i poljskog graška te je povećala intenzitet truleži korijena u većini usjeva.

3.2. *Fusarium* kao uzročnik bolesti na kukuruзу

Nekoliko *Fusarium* vrsta su rašireni uzročnici bolesti kukuruза u umjerenim i polutropskim područjima, uključujući sva europska područja uzgoja kukuruза. *Fusarium* vrste uzrokuju trulež zrna i palež klijanaca, trulež korijena, stabljike i klipa, uz velika smanjenja prinosa koja se često procjenjuju na između 10 i 30 %. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na kukuruзу u Hrvatskoj prikazana je u tablici 2 (Ćosić i sur., 2004.). Određeni izolati su sposobni proizvesti mikotoksine koji se mogu produciraju u zaraženim biljkama prije berbe ili u uskladištenim biljnim proizvodima. Najznačajniji tip bolesti kod kojega dolazi do produkcije mikotoksina je trulež klipa, ali i stvaranje mikotoksina u trulim stabljikama i drugim dijelovima biljaka predstavlja značajan rizik za zdravlje konzumenata. Pojava mikotoksina u zrnu kukuruза je vrlo opasna jer njihova prisutnost u hrani uzrokuje kronične ili akutne mikotoksikoze kod stoke i u manjoj mjeri kod ljudi (Logrieco i sur., 2002.).

Tablica 2. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na kukuruзу u Hrvatskoj (Ćosić i sur., 2004.)

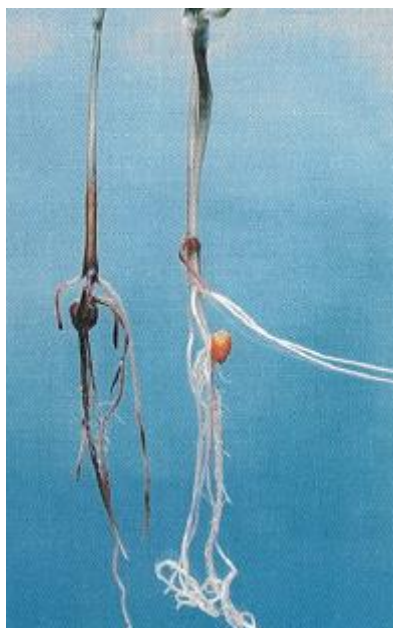
<i>Fusarium spp.</i>	K u k u r u z					
	Zrno		Stabljika		Ostaci	
	Broj izolata	%	Broj izolata	%	Broj izolata	%
Ukupno	627	100,00	134	100,00	133	100,00
<i>F. graminearum</i>	134	21,37	37	27,61	39	29,32
<i>F. moniliforme</i>	291	46,41	48	35,82	34	25,56
<i>F. subglutinans</i>	194	30,94	35	26,12	29	21,81
<i>F. culmorum</i>	5	0	2	0	4	3,01
<i>F. oxysporum</i>	3	0	3	0	4	3,01
<i>F. sporotrichioides</i>	0	0	9	0	23	17,29

3.2.1. Trulež klipa i zrna kukuruza

Iz zrna kukuruza je izolirano dvadesetak vrsta iz roda *Fusarium* od kojih su po učestalosti pojave najznačajniji *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* (slika 7), *Fusarium subglutinans* te *Fusarium proliferatum* (slika 8) (Ćosić, 2001.). Vrste roda *Fusarium* uzrokuju različite simptome na bolesnim biljkama kukuruza kao što su trulež sjemena i klijanaca, trulež korijena i stabljika, trulež klipa i zrna kukuruza. Trulež sjemena ili klijanaca kukuruza ima za posljedicu prorijeđen usjev, a najčešće se javlja kod uzgoja u uskom plodoredu ili monokulturi te kao posljedica zaraženog sjemena. Tip simptoma, količina oborina i temperature nakon svilanja kukuruza, kao i tolerantnost pojedinih genotipova su osnovni parametri koji utječu na pojavu i intenzitet pojave truleži klipa. Drugi čimbenici, kao što su fiziološka i kemijska svojstva klipa, svile i zrna te trulež stabljike i oštećenja od štetnika također su važni za bolesti. Trulež klija i zrna uzrokovana *Fusarium* vrstama se očituju u jačem intenzitetu kod kukuruza koji se sije ranije kao i kod onih koji sporije otpuštaju vlagu iz zrna (Lević i sur., 2004).



Slika 7. Trulež klijanaca kukuruza u uvjetima umjetne zaraze zrna gljivom *Fusarium verticillioides* (izvor: Lević i sur., 2004).



Slika 8. Trulež klijanaca kukuruza u uvjetima umjetne zaraze zrna gljivom *Fusarium proliferatum* (izvor: Lević i sur., 2004).

Ako se posiju zaražena zrna ona najčešće ne niču ili ako izniknu formiraju se klijanci koji se slabije razvijaju i na kraju mogu propasti. Izvor zaraze može biti gljiva prisutna u tlu pri čemu dolazi do infekcije zrna kukuruza na mjestima gdje je ono oštećeno od nematoda ili zemljišnih insekata. Tada dolazi do nekroze i propadanja klijanaca i mladih biljaka u ranoj fazi (1 - 2 lista), pri čemu korijen postaje taman i nekrotizira. Biljke koje prežive ovu fazu nastavljaju s rastom jer parazit prelazi u fazu mirovanja (Lević i sur., 2004).

U vrijeme berbe na bolesnim klipovima kukuruza mogu se uočiti dva osnovna tipa simptoma (slika 9). Prvi tip simptoma očituje se na vrhu klipa u obliku crveno-ružičaste ili prljavo sivo-ružičaste prevlake koja se širi od vrha prema bazi klipa. U nekim slučajevima trulež se može razvijati i prstenasto oko središnjeg dijela ili vrlo rijetko na bazi klipa. Kod jakog razvoja ovog tipa truleži klipa, komušina je u potpunosti prožeta micelijem parazita i zajedno sa svilom zalijepljena za klip od kojeg se teško odvaja. Između zrna se formira bjeličasti micelij parazita. Trulež zahvaća i zrno s kojeg se širi na oklasak zbog čega postaje slab i lako se lomi. Klipovi mogu biti potpuno ili djelomično zahvaćeni, što ovisi o vremenu zaraze, pri čemu ranije zaraze klipa dovode do njegove potpune truleži. Ovaj tip simptoma najčešće uzrokuje *Fusarium graminearum*. U slučaju kasnih infekcija, simptomi nisu vidljivi na površini klipa, osim između redova zrna ili na poprečnom presjeku klipa. U pojedinim godinama, na osušenoj komušini, u vrijeme berbe mogu se uočiti crni

periteciji, plodišta telemorfnog stadija gljive *Gibberela zaeae*, u kojima nastaju askusi s askosporama (Lević i sur., 2004).



Slika 9. Simptomi truleži klipa kukuruza uzrokovane gljivom *Fusarium graminearum* (izvor: Lević i sur., 2004).

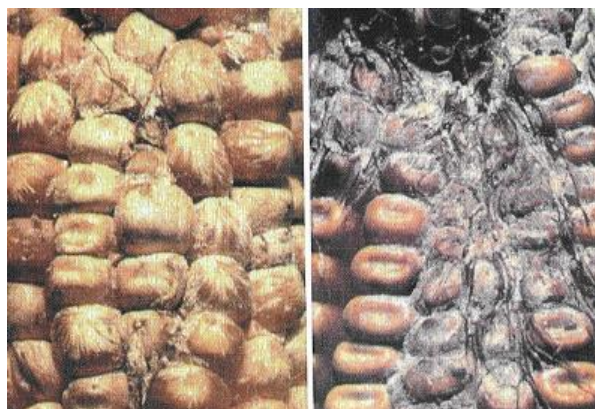
Poslije berbe kukuruza bolest se nastavlja razvijati i u skladištu, osobito ukoliko je vlaga zrna visoka. Ako se kukuruz u klipu uskladišti u koševima s velikim postotkom vlage, padom temperature tijekom zime razvoj truleži se zaustavlja. U proljeće s porastom temperature, gljiva nastavlja s rastom i razvojem pa može doći do potpune truleži uskladištenog kukuruza (Lević i sur., 2004).

Drugi tip simptoma (slika 10) se razlikuje od prvog po tome što je zahvaćena manja ili veća grupa zrna na jednom ili brojnim mjestima na klip, a samo u rijetkim slučajevima može biti zaražen veći dio klipa. Na zaraženim zrnima se razvija blijedo-ružičasta praškasta prevlaka, iako ona ponekad može biti i intenzivno ljubičaste boje s pojavom narančastih nakupina sporodohija. Ovaj tip simptoma uzrokuju različite gljive roda *Fusarium* uključujući *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium proliferatum* i *Fusarium oxysporum* (Lević i sur., 2004).



Slika 10. Simptomi truleži klipa kukuruza (izvor: Lević i sur., 2004)

Ponekad se u vrijeme berbe može uočiti pucanje perikarpa na kruni zrna ili na donjoj trećini zrna, što se kod poprečnog presjeka klipa vidi kao bijeli krug, a taj simptom uzrokuje *Fusarium verticillioides*. *Fusarium proliferatum* zahvaća mali broj zrna na kojima se stvara bijeli zračni micelij (Lević i sur., 2004).



Slika 11. Simptomi truleži klipa kukuruza čiji su uzročnici *F. verticillioides*, *F. subglutinans* i *F. proliferatum* (izvor: Lević i sur., 2004)

Kako bi utvrdili patogenost tri *Fusarium* vrste (*Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* i *Fusarium subglutinans*) Reid i sur. (2002.) su koristili jedan srednje tolerantan i dva osjetljiva hibrida kukuruza. Umjetna zaraza je obavljena devet puta za svaki dio klipa počevši od pojavljivanja svile. *Fusarium verticillioides* imao je najmanju patogenost. Kod inokulacije putem svile *Fusarium subglutinans* je rezultirao većom patogenošću od *Fusarium graminearum*,

međutim, kod inokulacije zrna utvrđeno je suprotno i simptomi su bili najjači nakon zaraze s *Fusarium graminearum*.

3.2.2. Trulež korijena i stabljike kukuruza

Prilikom zaraze kukuruza *Fusarium* vrstama te pojave i razvoja bolesti u pojedinim godinama dominira jedan patogen, a u promjenjivim uvjetima istog ili drugog područja druga patogena vrsta. Intenzitet bolesti i veličina štete variraju po godinama što ukazuje na utjecaj klimatskih čimbenika na uzročnike bolesti (Jurković, 1981.).

Infekcija korijena kukuruza (slika 12) parazitnim gljivama može nastupiti u najranijim stadijima razvoja, od klijanja sjemena pa do formiranja četiri lista. Ovaj tip bolesti poznat je kao palež klijanaca i često je posljedica unutrašnje ili dubinske zaraze zrna. Do zaraze može doći i iz tla, gdje se gljive održavaju u obliku saprofita. Na primarnom klicinom, a zatim i na bočnim-hipokotilnim korjenčićima vide se sitne, 1 - 2 mm duge svjetlo smeđe pjegice, koje se relativno brzo povećavaju. Širenjem pjega formira se prsten oko korijena u okviru kojeg tkivo nekrotizira. Kod razvijenijih biljaka i na jače razvijenom korijenju na mjestu zaraze nastaje ulegnuće. Zaraženo korijenje pred kraj vegetacije dobiva karakterističnu crvenu boju, što predstavlja jedan od simptoma fuzariozne truleži (Jurković, 1981.).



Slika 12. Trulež korijena kukuruza uzrokovana *Fusarium* vrstama

(izvor: <https://cropprotectionnetwork.org/>)

Simptomi truleži stabljike kukuruza (slika 13) javljaju se kod osjetljivih hibrida nakon metličanja i svilanja, iako se prisutnost patogenih gljiva može dokazati i prije cvatnje, osobito kada se radi o sistemskoj zarazi. Na najnižim internodijima, oko nodija, pojavljuju se tamne zone različitog oblika i veličine. Ukoliko bolest napreduje, stabljika poprima slamnato žutu do tamnu boju i postaje mekana. Pojava tamne, ružičaste ili crvene boje u parenhimu stabljika kao i kod korijena simptom je razvoja gljiva iz roda *Fusarium* (Jurković, 1981.).



Slika 13. Trulež stabljike kukuruza uzrokovana vrstama roda *Fusarium* (izvor: <https://cropprotectionnetwork.org/>)

Sa stajališta poljoprivredne proizvodnje veličina štete koja je posljedica truleži korijena i stabljika je velika. Gubitak prinosa ovisi o stupnju razgradnje biljnog tkiva, koje je direktna posljedica razvoja patogenih gljiva. Paraziti uzročnici truleži razgrađuju parenhimsko tkivo ispod kore, dok provodni snopovi ostaju dijelom očuvani. Kod slabog razvoja bolesti (ocjena 1 i 2) jedan od dva najniža internodija su zaraženi, ali ne dolazi do dezorganizacije tkiva. Kod takovih biljaka prinos je neznatno smanjen. Kod biljaka s ocjenom 3 nekroza tkiva je jače izražena, a boja tkiva se mijenja u tamnu ili ružičastu do crvenu što ovisi o vrsti uzročnika. Parenhim uz provodne snopove je još očuvan. Biljke kukuruza ostaju vitalne do kraja vegetacije i daju relativno dobre prinose. U slučaju jake do potpune nekroze tkiva na više od dva internodija često dolazi do prijevremenog odumiranja biljkaka, biljke se lako lome, a prinosi značajno smanjeni (Jurković, 1981.).

Intenzitet pojave bolesti na stabljikama ocjenjuje se ocjena od 0 do 5:

- Ocjena 0 → potpuno zdrave stabljike
- Ocjena 1 i 2 → manje od 25 % nekrotiziranog tkiva
- Ocjena 3 → 26 – 50 % nekrotiziranog tkiva
- Ocjena 4 → 51 – 75 % nekrotiziranog tkiva
- Ocjena 5 → 76 – 100 % nekrotiziranog tkiva

3.3. Sindrom iznenadnog odumiranja soje (SDS – Soybean sudden death syndrome)

Sindrom iznenadnog odumiranja soje je bolest koju uzrokuju gljive iz *Fusarium solani* kompleksa i to: *Fusarium virguliforme*, *Fusarium brasiliense*, *Fusarium tucumanie* i *Fusarium cuneirostrum*. Patogen se prenosi tлом i biljku zarazi kroz korijen te producira toksine koji se translociraju u nadzemne dijelove biljke uzrokujući folijarnu klorozu i nekrozu. Simptomi na korijenu uključuju nekrozu i promjenu boje ksilema, dok su simptomi na nadzemnim dijelovima biljke kloroza i nekroza lišća (Spampinato i sur., 2021.).

Klasične metode za izolaciju uzročnika SDS uključuju stavljanje korijena biljaka na modificiranu Nash i Snyder podlogu. Nedostatak ove metode je ograničena specifičnost jer drugi gljivični patogeni slične morfologije kao *Fusarium solani* kompleks također rastu na tim poluselektivnim podlogama (Li i sur., 2003.).

Osim *Fusarium solani* kompleksa na soji se kao uzročnici venuća soje javljaju i *Fusarium graminearum* (Duvnjak i sur., 2016.) i *Fusarium oxysporum* (Duvnjak i sur., 2017.). *Fusarium graminearum* na soji uzrokuje i truljenje sjemena te trulež prije i nakon nicanja. Fuzarijsku trulež soje uzrokuje veći broj vrsta, a poznato je da neke od njih proizvode širok spektar toksina, uključujući trihotecene A i B tipa. Među trihotecenima tipa B, deoksinivalenol (DON) i nivalenol (NIV) su mikotoksini koje proizvode vrste kompleksa vrsta *F. graminearum* (Chiotta i sur., 2016.).

Na zaraženom korijenu se uočavaju izdužene nekrotične lezije smeđe do crne boje. Lezije se s korijena šire na mahunu što dovodi do žućenja mahune (slika 14) te nerazvijanja sjemena u mahuni (Martinelli i sur., 2004.).

Arias i sur. (2013.) su proveli istraživanje kako bi izolirali i determinirali *Fusarium* vrste s korijena soje. Deset biljaka sakupljano je sa svakog od 57 polja u različitim stadijima razvoja soje. Determinirano je petnaest vrsta, *Fusarium oxysporum* je najčešće izoliran, čineći više od 30 %

svih izolata. *Fusarium acuminatum*, *Fusarium graminearum* i *Fusarium solani* također su bile među najčešćim i najrasprostranjenijim vrstama. S nekoliko polja je utvrđeno jedanaest drugih vrstakoje čine manje od 10 % svih izolata. Nisu primijećeni konzistentni trendovi u zemljopisnoj distribuciji vrsta, ali je utvrđena varijabilnost učestalosti vrsta između faza razvoja soje. *Fusarium oxysporum* je utvrđen više tijekom vegetativnih stadija (40%) od reproduktivnih stadija (22%). Suprotno tome, vrste poput *Fusarium acuminatum*, *Fusarium graminearum* i *Fusarium solani* češće su utvrđeni iz biljaka u reproduktivnoj fazi.



Slika 14. Simptomi na mahuni i zrnu soje uzrokovani *Fusarium graminearum*.

(izvor: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/>)

3.4. *Fusarium oxysporum* uzročnik bolesti na šećeroj repi i suncokretu

Fusarium oxysporum je jedna od mnogobrojnih vrsta koje parazitiraju ne samo korijen i prizemni dio stabljike već prodiru u provodne žile nadzemnih organa biljke te uzrokuju naglo venuće i sušenje mladog usjeva šećerne repe kao i starijih biljaka suncokreta (slika 15 i 16) (Radman i Batinica, 1984.).

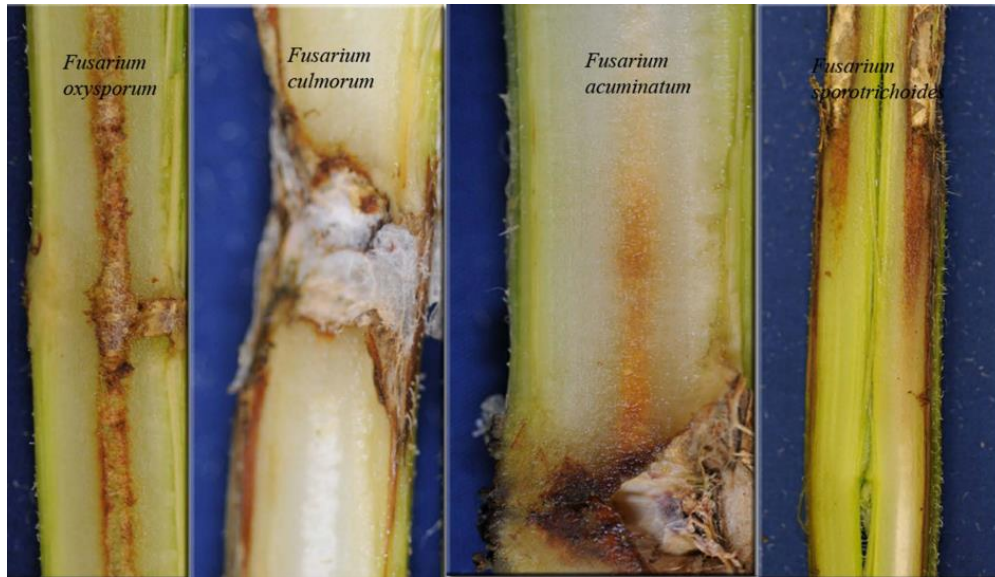


Slika 15. Biljke suncokreta zaražene *Fusarium* vrstama

(izvor: https://www.sunflowernsa.com/uploads/20/fusarium_mathew_2014.pdf)

Lišće zaraženih biljaka suncokreta počinje žutiti od prizemnog dijela. U početku zaraze lišće koje je izgubilo turgor preko noći se oporavi. Ukoliko su uvjeti nepovoljni za parazita, biljka ne propada već zaostaje u porastu (Radman i Batinica, 1984.).

Tek u stadiju cvjetanja biljka pokazuje jače simptome venuća, žućenja i ne dozrijeva. Gljiva zaražava biljke preko korijena, naročito ako je vlažno tlo temperature 25 do 30 °C. Na odumrlim biljkama razvijaju se makro i mikrokonidije za širenje tijekom vegetacije i održavanje gljiva. Trajne hlamidospore mogu ostati vitalne i više od 5 godina u tlu (Radman i Batinica, 1984.).



Slika 16. Različite *Fusarium* vrste kao uzročnici propadanja stabljike suncokreta
(izvor: https://www.sunflowernsa.com/uploads/20/fusarium_mathew_2014.pdf)

3.5. Fusarium kao uzročnik bolesti na krumpiru

3.5.1. Suha trulež krumpira

Suha trulež uzrokovana raznim *Fusarium* vrstama jedna je od najvažnijih gljivičnih truleži krumpira i bolest je svjetskog značaja. Infekcija gomolja odvija se preko rana nastalih uglavnom tijekom sadnje, mehaničke berbe ili razvrstavanja. Prisutnost truleži (slika 17) na gomoljima može isključiti cijelu zalihu iz prodaje, ali veća opasnost je trulež na sjemenskim gomoljima koji slabije niču. Najvažniji izvor zaraze su zaraženi gomolji. Stoga dobavljači sjemena često koriste tretmane fungicidima kao jednu od glavnih metoda suzbijanja. U cijelom svijetu je prisutno trinaest *Fusarium* vrsta koje uzrokuju suhu trulež, a najdominantnija je *Fusarium coeruleum* (sin. *F. solani* var. *coeruleum*) (Peters i sur., 2008.).

Du i sur. (2012.) u svom istraživanju navode suhu trulež krumpira kao ozbiljnu bolest koja uzrokuje značajne gubitke u Kini. Ukupno je sakupljeno 260 izolata *Fusariuma* iz 698 gomolja krumpira prikupljenih u šest važnih regija za proizvodnju krumpira sjeverne Kine. Determinirano je pet *Fusarium* vrsta: *Fusarium sambucinum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equiseti* i *Fusarium acuminatum* (tablica 3). Utvrđeno je da je *Fusarium sambucinum* dominantna vrsta koja čini 56% izolata.

Tablica 3. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na gomoljima krumpira (Du i sur., 2012.)

Vrsta	2007.	2009.	%
<i>F. sambucinum</i>	33	113	56.2
<i>F. avenaceum</i>	6	72	30.0
<i>F. oxysporum</i>	6	18	9.2
<i>F. equiseti</i>	1	7	3.1
<i>F. acuminatum</i>	3	1	1.5
Ukupno	49	211	100.0

Osim *Fusarium coeruleum*, važni uzročnici suhe truleži su i *Fusarium sambucinum*, *Fusarium avenaceum* i *Fusarium solani*. Karakteristični simptomi bolesti se javljaju nakon nekoliko tjedana skladištenja u obliku sitnih pjega smeđe boje na pokožici gomolja. Bolest se širi u unutrašnjost

gomolja, a pokožica iznad zaraženog tkiva ulegne i nabora, često u koncentričnim krugovima. Zaraženo tkivo odumire, tamnosmeđe je boje, zbog gubitka vode se stvaraju šupljine, djelomično ispunjene micelijem gljive, a nakupine konidija u obliku sporodohija pojavljuju se na površini gomolja. Cijeli zaraženi gomolj se na kraju smežura i istrune (Sever i Miličević, 2013.).



Slika 17. Suha trulež krumpira uzrokovana *Fusarium* vrstama

(izvor: https://cropwatch.unl.edu/potato/dry_rot)

Ako u skladištima ima gomolja zaraženih *Fusarium* vrstama tada se bolest širi brže što je viša temperatura u sskladištu. Pri temperaturi od 3 °C zaraza zahvaća samo 1,5 % gomolja, pri temperaturi 8 °C 16 % gomolja, a pri temperaturi 16 °C potrunu svi gomolji tijekom 60 dana. Zato u skladištima krumpira temperatura mora biti što niža, od 2 do 3 °C (Kantoci, 2007.)

3.6. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*

Ova *Fusarium* vrsta je strogo specijalizirana gljiva te se razvija samo na rajčici. Po svojim zahtjevima prema temperaturi, gljiva pripada grupi termofilnih mikroorganizama. Njezin razvoj potiču relativno visoke temperature tla, optimum 28 do 29 °C. Ovakav odnos prema temperaturi određuje geografsku rasprostranjenost i štetnost gljive (Aleksić i sur., 1980.).

Na starijim, prirodno zaraženim biljkama simptomi bolesti (slika 18) se ne razlikuju značajno od onih koje na rajčici izaziva *Verticillium albo-atrum*. Biljke zaostaju u porastu, na donjem lišću nastaju velike klorotične pjege koje kasnije prelaze u nekrotično tkivo, a drvenasti dio stabljike u zoni provodnih žila je tamno obojen. Venuće se javlja kasnije. Prvi put se može opaziti tijekom

dana, na jakoj sunčevoj svjetlosti. Bolest dalje napreduje sve dok cijela biljka ne uvene i potpuno se osuši. Proces propadanja biljaka je puno brži nego kod traheoveticilioze. Karakteristični simptomi nastaju na mladim biljkama. Inkubacijski period je vrlo kratak, već nakon 6 do 8 dana nakon zaraze se javljaju prvi simptomi.



Slika 18. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* kao uzročnik bolesti na rajčici

(izvor: <https://www.forestryimages.org/>)

Za toplih dana napadnute biljke gube čvrstoću tkiva, a obično venu nakon zretanja prvih plodova. Ako stabljiku takve biljke presiječemo, vidjet ćemo da su provodni snopovi smeđe boje (slika 19). Parazit zatvara provodne snopove te na taj način onemogućuje normalan protok vode i hranjivih tvari (Ćosić i Vrandečić, 2015.).



Slika 19. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* na stabljici rajčice (izvor:

<https://www.invasive.org/>)

Gljiva se razvija na umjetnim hranjivim podlogama na temperaturi od 9 do 34 °C, dok je optimum 28 °C. Temperatura tla ispod 20 i iznad 34 °C djeluju inhibitorno na gljivu. Parazit živi i održava se u tlu. Njegova sposobnost održavanja u ovoj sredini je gotovo neograničena. Razvoj gljive u tlu osim visoke temperature potiče i niska vlažnost tla, kratka dužina dana, slaba svjetlost, nedostatak dušika i fosfora, višak kalija te niža pH vrijednost tla. U ovim uvjetima hlamidospore masovno kličaju u začetak micelije. Pomoću klične cijevi gljiva se probija kroz epidermu u parenhim kore, zatim prodire u ksilem šireći se po cijeloj biljci sve do plodova i sjemena. Mikro i makrokonidije nastaju na zaraženom tkivu prizemnog dijela stabljike, a hlamidospore u zaraženim biljnim ostacima. Konidijama i hlamidosporama gljiva se može širiti i vodom za navodnjavanje, a zaraženim sjemenom širi se na puno veće udaljenosti (Aleksić i sur., 1980., Ćosić i Vrandečić, 2015.).

3.7. *Fusarium* vrste na tikvenjačama

Na biljkama iz porodice tikvenjača *Fusarium* vrste uzrokuju venuće odnosno bolest poznatu pod nazivom traheofuzarioza. Obično se gubitak turgora primjećuje na starijim listovima ili samo na nekim vriježama, ali ubrzo se simptomi javljaju na cijeloj biljci koja vene. Simptomi su izrazitiji za topla vremena. Provodni snopovi postaju tamnosmeđi, što se vidi na poprečnom presjeku stabljike. Neposredno prije venuća dolazi do promjene boje na stabljici, uz pojavu ljepljiva iscjetka. Baza stabljike postaje smeđa i lomljiva, a korijen trune. U pazušcima vriježa i prizemnom dijelu stabljike formira se micelij bijele do bijelo-ružičaste boje.

Jačina simptoma osjetljivosti domaćina, virulentnosti uzročnika bolesti, vremenu zaraze i količini inokuluma u tlu ili supstratu. U slučaju ranih zaraza, osjetljivih genotipova, virulentnih izolata uzročnika i velike količine inokuluma u tlu zaražene biljke mogu vrlo brzo potpuno propasti. U drugim slučajevima dolazi do usporavanja ili zastoja u razvoju plodova. Katkad se na zaraženim biljkama mogu razviti plodovi normalne veličine ili oblika, ali sadrže manje količine šećera i suhe tvari te mogu biti osjetno drugačijeg okusa od plodova s nezaraženih biljaka (Ivić, 2019.).

Fusarium oxysporum je specijaliziran za pojedine biljne vrste pa *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* parazitira krastavac, *F. oxysporum* f.sp. *niveum* lubenicu, a *F. oxysporum* f.sp. *melonis* dinju. Da bi došlo do infekcije *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* zahtjeva visoke temperature od 20 do 30 °C, dok ostale vrste ostvaruju zaraze kod temperature od 10 do 20 °C.



Slika 20. *Fusarium oxysporum f.sp. niveum* kao uzročnik bolesti na lubenici

(izvor: <https://www.forestryimages.org/>)



Slika 21. *Fusarium oxysporum f.sp. melonis* kao uzročnik bolesti na dinji

(izvor: <https://www.forestryimages.org/>)

3.7.1. *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*

Ova vrsta napada krastavac u zaštićenim prostorima, a tikve i tikvice u polju. Na prizemnom dijelu dolazi do prstenastog udubljenja i truleži stabljike. Na tom mjestu za vlažna vremena se formira bjeličasti do zelenkasti micelij. Napadnute biljke venu, osobito za topla vremena.

3.7.2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*

Krastavac (slika 22) i dinja su vrlo osjetljivi na *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*. Kod krastavca se početni simptomi manifestiraju šest do osam tjedana nakon sjetve kao blijedožute lezije na osnovi stabljike.



Slika 22. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* na krastavcu

(izvor: <https://www.seminis-us.com/>)

Te se lezije mogu proširiti uzrokujući truljenje korijena i stabljike. Kako bolest napreduje dolazi do razgradnje tkiva stabljike. Kod jakih zaraza na vanjskoj strani stabljike mogu se primijetiti ružičasto-narančaste mase makrokonidija i mikrokonidija ili rast micelija. Biljke koje nose velike plodove mogu na kraju postati smeđe i odumrijeti, posebno kad se uzgajaju pri visokim temperaturama (<https://www.seminis-us.com> 2015.).

3.8. *Fusarium* kao uzročnik bolesti na jabukama

Fuzarijska trulež se javlja na jabukama (slika 23) i ostalom voću prilikom skladištenja. Najistaknutiji simptomi su smeđa, meka, vodenasta i kružna nekroza koja se postupno širi po zaraženom tkivu koje postaje blago utonulo, ponekad s gustim, bjeličastim micelijem. Najčešći uzročnici truleži na jabukama i kruškama su *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium lateritium* i *Fusarium solani* (Sever i sur., 2012.).

Jabuke se drže u hladnjači s kontroliranom atmosferom 9 do 12 mjeseci i vrlo su podložne propadanju nakon berbe. *Fusarium avenaceum* je patogen za koji se pokazalo da je najčešći uzročnik truleži na plodovima jabuke. *F. avenaceum* proizvodi i niz mikotoksina, uključujući moniliformin, akuminatopiron i krizogin, koji su od primarne važnosti za industriju prerade jabuka (Kou i sur., 2014.)



Slika 23. Vlažna trulež jabuke „Elstar“ uzrokovana *Fusarium avenaceum*

(izvor: <https://www.researchgate.net/>)

Sørensen i sur. (2009.) u svom istraživanju navode kako je vlažna trulež jabuke dobro poznata bolest osjetljivih kultivara jabuke kao što su Gloster, Jonagold i Fuji. Istraživanjem u voćnjacima jabuka u Sloveniji determiniran je *Fusarium avenaceum* kao dominantni uzročnik ove bolesti, a poznat je i kao proizvođač nekoliko vrsta mikotoksina. Razvijena je metoda za istodobno otkrivanje trinaest metabolita *Fusarium avenaceum*, uključujući moniliformin, akuminatopiron,

krizogin, klamidospore, antibiotik Y, 2-amino-14,16-dimetiloktadekan-3-ol (2-AOD-3 -ol), aurofusarin i enijatini A, A1, B, B1, B2 i B3 iz umjetno i prirodno zaraženih jabuka. Razine moniliformina, antibiotika Y, aurofusarina i enijatina A, A1, B i B1 kvantitativno su ispitane u umjetno inokuliranim i prirodno zaraženim jabukama, dok su preostali metaboliti kvalitativno otkriveni. Proizvodnja metabolita ispitana je u umjetno zaraženim jabukama nakon 3, 7, 14 i 21 dana inkubacije. Većina metabolita otkrivena je nakon 3 ili 7 dana, a dostigli su značajno visoke razine unutar 14 ili 21 dan. Sedamnaest od dvadeset prirodno zaraženih jabuka sa simptomima vlažne truleži sadržavalo je jedan ili više metabolita.

4. FUSARIUM VRSTE NA KOROVIMA

U fitopatologiji zanimanje za korove raste sa spoznajama o njihovoj ulozi u epidemiologiji bolesti. Korovi mogu biti alternativni domaćini. Pod korovima podrazumijevamo bilo koje biljke uz glavnog domaćina koje nisu predmet uzgoja. Patogene gljive mogu na korovima uzrokovati simptome i patološke promjene jednake onima na uzgajanim vrstama. U nekim slučajevima, na korovima nema simptoma pa se inficirane biljke otkrivaju slučajno. Za takve biljke, čak iako su poznate kao alternativni domaćini za određene gljive, teško je procijeniti jačinu zaraze, odnosno količinu inokuluma (Jurković i sur., 2014.).

Na korovima gljive stvaraju spore i druge propagativne oblike i strukture za prezimljavanje koje značajno povećavaju zarazni potencijal patogenih vrsta. Korovi su sveprisutni i otporniji od uzgajanih biljaka na stresne uvjete (visoke ili niske temperature, sušu, dugotrajnu i obilnu vlagu ili kišu) te omogućavaju preživljavanje patogena u ekstremnim vanjskim uvjetima, ali i kada se glavni domaćin ne uzgaja na nekom polju više godina. S epidemiološkog gledišta korovi, odnosno alternativni domaćini povezuju vegetacijske godine, domaćine i lokacije te se često označavaju kao epidemiološki ili zeleni mostovi između vegetacija (Jurković i sur., 2014.).

Najčešće *Fusarium* vrste izolirane s korova u Hrvatskoj su *Fusarium graminearum* (20,3%), zatim *Fusarium verticillioides* (18,4%), *Fusarium oxysporum* (15,7%), *Fusarium subglutinans* (12,7%), *Fusarium proliferatum* (11%) i *Fusarium avenaceum* (7,7%) dok su najviše zastupljeni korovi s kojih su izolirane *Fusarium* vrste 7% *Abutilon theophrasti*, 6,4% *Chenopodium album* i 6% *Sorghum halepense*. S većine korovnih vrsta izoliran je veći broj *Fusarium* vrsta (Ćosić, 2001., Poštić i sur., 2011.).

U tablici 1 prikazane su *Fusarium* vrste (broj izolata) i korovi s kojih su izolirani, a prema Poštić i sur. (2011.).

Tablica 4. Korovi i Fusarium vrste koje su s njih izolirane (Poštić, 2011.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Abutilon theophrasti</i>	1		9	2	3		1	2	1	1	1			
<i>Agrostemma githago</i>	2	4				3				1				
<i>Amaranthus blitoides</i>			1	2					1					
<i>Amaranthus retroflexus</i>	3	1	2			1			1		1			
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>			3	1			1		1	1				
<i>Anthemis austriaca</i>					1									
<i>Arctium lappa</i>									1					1
<i>Avena fatua</i>		1												
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		1					2							
<i>Chenopodium album</i>	2	4	7	1	3	1		1						
<i>Convolvulus arvensis</i>							1							
<i>Datura stramonium</i>			1											
<i>Hibiscus trionum</i>			1	1					1					
<i>Matricaria inodora</i>			1				1							
<i>Medicago falcate</i>	2						1					1		
<i>Papaver rhoeas</i>		3				2								
<i>Polygonum lapathifolium</i>			3	1	2					1				
<i>Rumex crispus</i>				1	2									
<i>Setaria glauca</i>					1									
<i>Sonchus arvensis</i>			2		2				1					
<i>Sorghum halepense</i>	3	3	8					4						
<i>Xanthium strumarium</i>	2	2	3	1	3		1	1		1				

1 *F. graminearum*, 2 *F. verticillioides*, 3 *F. oxysporum*, 4 *F. subglutinans*, 5 *F. proliferatum*, 6 *F. avenaceum*, 7 *F. acuminatum*, 8 *F. solani*, 9 *F. semitectum*, 10 *F. equiseti*, 11 *F. venenatum*, 12 *F. sporotrichioides*, 13 *F. concolor*, 14 *F. crookwellense*.

4.1. *Fusarium* vrste izolirane s korova za pšenicu i kukuruz

Najpatogenija *Fusarium* vrsta za pšenicu i kukuruz je *Fusarium graminearum*. Izolati *Fusarium graminearum* iz *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* i *Chenopodium album* su vrlo patogeni za pšenicu i kukuruz (Ćosić, 2001.).

Fusarium avenaceum izoliran iz *Agrostemma githago* je patogen za klijance pšenice i vrlo patogen za klijance kukuruza.

Fusarium crookwellense izoliran iz *Arctium lappa* je vrlo patogen za klijance pšenice i kukuruza.

Fusarium oxysporum izoliran iz *Ambrosia artemisiifolia* uzrokovao je vrlo visok indeks bolesti klijanaca pšenice, dok za klijance kukuruza nisu patogene. *Fusarium oxysporum* izoliran iz *Abutilon theophrasti* je patogen za klijance pšenice i kukuruza.

Fusarium semitectum iz *Abutilon theophrasti* je vrlo patogen za klijance pšenice i umjereno patogen za klijance kukuruza.

Fusarium solani izoliran iz *Sonchus arvensis* ima vrlo visoki indeks bolesti za klijance pšenice, dok je s druge strane vrlo nizak za klijance kukuruza. Izolat *Fusarium solani* iz *Chenopodium album* je patogen za klijance pšenice, a apatogen za klijance kukuruza (Ilić i sur., 2012.).

5. ZAKLJUČAK

Fusarium je rod nesavršenih gljiva koje prema svom spolnom stadiju pripadaju u pododjel Ascomycota, razred Pyrenomycetes, a prema nespolnom stadiju u Deuteromycota, razredu Hypomycetes, redu Hyphales. Rod je prvi puta opisan 1809. godine. Brojne vrste ovog roda su biljni patogeni te proizvode širok spektar sekundarnih metabolita mikotoksina. Tradicionalna determinacija *Fusarium* vrsta temelji se isključivo na morfologiji. Velika sposobnost prilagođavanja na stresne okolišne čimbenike i rasprostranjenost u svim agroklimatskim područjima omogućavaju ovom rodu da parazitira veliki broj kultiviranih i korovnih vrsta. Ovisno o vremenu infekcije i dijelu biljke kod pšenice i kukuruza *Fusarium* uzrokuje palež klijanaca, trulež korijena i palež klasova, a kod kukuruza palež klijanaca i trulež stabljike i klipa. Izvor inokuluma je zaraženo sjeme, biljni ostaci u tlu te alternativni domaćini kao što su korovi. Najčešći uzročnik bolesti na pšenici u našoj zemlji je *Fusarium graminearum* dok su na kukuruзу najčešći *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans* te *Fusarium proliferatum*. *Fusarium solani* sve češće uzrokuje sindrom iznenadnog odumiranja soje, dok je *Fusarium oxysporum* vrsta koja najčešće parazitira suncokret i šećernu repu uzrokujući palež klijanaca. Neke vrste *Fusarium* su strogo specijalizirane i parazitiraju određenog domaćina. Jedna od njih je *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* koja uzrokuje traheofuzairozu na rajčici dok *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* i *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* parazitiraju lubenicu i dinju. *Fusarium* vrste na korovima ne uzrokuju nikakve simptome pa se njihova zaraza ovim patogenima utvrđuje samo laboratorijskim analizama. Korovi su najčešće otporniji od uzgajanih biljaka što omogućava preživljavanje *Fusarium* vrsta čak i na polju gdje se glavni domaćin ne uzgaja godinama. Najčešće vrste izolirane s korova su *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* te *Fusarium oxysporum*, a najčešći korovi na kojima se nalaze *Fusarium* vrste su *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium album* i *Sorghum halepense*. Širenje fuzarioza sprječava se sjetvom zdravog i dezinficiranog sjemena, dubokim zaoravanjem žetvenih ostataka te pravilnim plodoredom.

6. SAŽETAK

Fusarium vrste su mnogobrojne i neke od njih su poznate kao iznimno važni biljni patogeni. U ovom radu su opisane bolesti pšenice, kukuruza, soje, suncokreta, šećerne repe, krumpira, rajčice i tikvenjača uzrokovane vrstama roda *Fusarium*. Neke od bolesti uzrokovane Fusarium vrstama su palež klijanaca, palež klasa, trulež korijena, trulež stabljike i klipa te venuće. Kao najvažnije vrste koje izazivaju ove bolesti su navedene *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium solani* i *Fusarium verticillioides*. Alternativni domaćini za ove gljive su korovi koji svojom otpornošću na nepovoljne uvjete daju sposobnost patogenu da preživi i nekoliko godina. Kako bi spriječili širenje ove bolesti vrlo je važno sijati zdravo i dezinficirano sjeme te provoditi pravilan plodored.

Ključne riječi: biljni patogen, *Fusarium*, korov, simptomi

7. SUMMARY

Fusarium is a large genus and some of species which belongs to this genus are known as important plant pathogens. This paper describes diseases of wheat, corn, soybean, sunflower, sugar beet, potato, tomato and squash caused by species of the genus Fusarium. Some of the diseases caused by Fusarium species are seedling blight, ear blight, root rot, stem and cob rot and wilting. The most important species that cause these diseases are *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium solani* and *Fusarium verticillioides*. Important alternative hosts for these fungi are weeds which, with their resistance to adverse conditions, give the pathogen the ability to survive for several years. In order to prevent the spread of this fungi, it is very important to sow healthy and disinfected seeds and to carry out proper crop rotation.

Key words: *Fusarium*, plant pathogen, symptoms, weed

8. POPIS LITERATURE

1. Aleksić, Ž., Aleksić, D., Šutić, D. (1980.): Bolesti povrća i njihovo suzbijanje. Nolit, Beograd.
2. Arias, M.M.D., Leandro, L.F., Munkvold, G.P. (2013.): Aggressiveness of *Fusarium* Species and Impact of Root Infection on Growth and Yield of Soybeans. *Phytopathology*, 103(8): 822-32.
3. Balmas, V., Scherm, B., Marcello, A., Beyer, M., Hoffmann, L., Migheli, Q., Pasquali, M. (2015.): *Fusarium* species and chemotypes associated with fusarium head blight and fusarium root rot on wheat in Sardinia. *Plant Pathology*, 64: 972–979.
4. Booth, C. (1971.): *The Genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK.
5. Brown, DW., Proctor, RH. (2013.): *Fusarium, Genomics, Molecular and Cellular Biology*. Norfolk, UK.
6. Champeil, A., Doré, T., Fourbet, JF. (2004.): *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science*, 166: 1389-1415.
7. Chiotta, ML., Alaniz Zanon, M.S., Palazzini, J.M., Scandiani, M.M., Formento, A.N., Barros, G.G., Chulze S.N. (2016.): Pathogenicity of *Fusarium graminearum* and *F. meridionale* on soybean pod blight and trichothecene accumulation. *Plant Pathology*, 65: 1492-1497.
8. Chitarra, G.S., Breeuwer, P., Rombouts, F.M., Abee, T., Dijksterhuis (2005.): Differentiation inside multicelled macroconidia of *Fusarium culmorum* during early germination. *Fungal Genetics and Biology*, 42(8): 694–703.
9. Chongo, G., Gossen, B.D., Kutcher, H.R., Gilbert, J., Turkington, T.K., Fernandez, M.R., McLaren, D. (2001.): Reaction of seedling roots of 14 crop species to *Fusarium graminearum* from wheat heads. *Plant Pathology*, 23: 132–137.
10. Ćosić, J. (2001.): Taksonomija *Fusarium* vrsta izoliranih s kultiviranog bilja, korova i njihova patogenost za pšenicu. Doktorski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
11. Ćosić, J., Vrandečić, K., Svitlica, B. (2004.): *Fusarium* vrste izolirane s pšenice i kukuruza u istočnoj Hrvatskoj. *Poljoprivreda*, 10: 5-8.
12. Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. (2013.): Fuzarijska palež klasova. *Glasnik zaštite bilja*, 4: 64-67.

13. Ćosić, J., Vrandečić, K. (2015.): Fuzarijsko venuće rajčice – sve češći problem u hidroponskom uzgoju. *Glasilo biljne zaštite*, 15(1/2): 19.
14. Du, M., Ren, X., Sun, Q., Wang, Y., Zhang, R. (2012.): Characterization of *Fusarium* spp. Causing Potato Dry Rot in China and Susceptibility Evaluation of Chinese Potato Germplasm to the Pathogen. *Potato Research*, 55: 175–184.
15. Duvnjak, T., Sudarić, A., Matoša Kočar, M., Ćosić, J., Vrandečić, K. (2016.): First report of soybean *Fusarium* wilt caused by *Fusarium graminearum* in Croatia. *Plant Disease*, 100(3): 648-649.
16. Duvnjak, T., Sudarić, A., Matoša Kočar, M., Ćosić, J., Vrandečić, K. (2017.): First report of soybean *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* in Croatia. *Plant Disease*, 101(1): 249.
17. Ilić, J., Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K. (2012.): Pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from weeds and plant debris in Eastern Croatia to wheat and maize. *Poljoprivreda*, 2: 7-11.
18. Ivić, D. (2019.): Fuzarijska venuća tikvenjača. *Glasilo biljne zaštite*, 3: 400-406.
19. Jurković, D. (1981.): Proučavanje biologije i ekologije važnijih *Fusarium* vrsta kao uzročnika truleži korijena i stabla kukuruza na području Baranje. Doktorski rad. Sveučilište u Osijeku, Biotehnički znanstveno nastavni centar, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
20. Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K., Ilić, J. (2014.): Mikopolulacija korova istočne Slavonije i Baranje. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
21. Kantoci, D. (2007.): Štetnici i bolesti krumpira. *Glasilo biljne zaštite*, 3: 29-32
22. Kou, L.P., Gaskins, V.L., Luo, Y.G., Jurick, W.M. (2014.): First Report of *Fusarium avenaceum* Causing Postharvest Decay of 'Gala' Apple Fruit in the United States. *Plant Disease*, 98(5): 690.
23. Leslie, JF., Summerell, BA. (2006.): *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, USA.
24. Lević, J., Trkulja, V., Petrović, T. (2004.): Pojava i kontrola fuzarioza klipa i zrna kukuruza. *Glasnik zaštite bilja*, 3: 64-81.
25. Li, S., Hartman, GL. (2003.): Molecular detection of *Fusarium solani* f. sp. *glycines* in soybean roots and soil. *Plant pathology*, 52: 74-83.
26. Logrieco, A., Mulè, G., Moretti, A., Bottalico, A. (2002.): Toxigenic *Fusarium* Species and Mycotoxins Associated with Maize Ear Rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 597–609.

27. Martinelli, J.A., Bocchese, C.A.C., Xie, W., O'Donnell, K., Kistler, H.C. (2004.): Soybean pod blight and root rot caused by lineages of the *Fusarium graminearum* and the production of mycotoxins. *Fitopatologia Brasileira*, 29: 5.
28. Moretti, AN. (2009.): Taxonomy of *Fusarium* genus: A continuous fight between lumpers and splitters. *Matica Srpska Novi Sad*, 117: 7-13.
29. Peters, J. C., Lees, A. K., Cullen, D. W., Sullivan, L., Stroud, G. P., Cunnington, A. C. (2008.): Characterization of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. *Plant Pathology*, 57: 262-271.
30. Poštić, J., Ćosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D., Saleh, A.A., Leslie, J.F. (2011.): Diversity of *Fusarium* Species Isolated from Weeds and Plant Debris in Croatia. *Journal of Phytopathology*, 160: 76-81.
31. Radman, Lj., Batinica, J. (1984.): *Bolesti i štetočine industrijskih biljaka i mjere zaštite*. Zadrugar, Sarajevo.
32. Reid, L.M., Woldemariam, T., Zhu, X., Stewart, D.W., Schaafsma, A.W. (2002.): Effect of inoculation time and point of entry on disease severity in *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, or *Fusarium subglutinans* inoculated maize ears. *Plant Pathology*, 24: 162–167.
33. Sever, Z., Ivić, D., Kos, T., Miličević, T. (2012.): Identification of *Fusarium* species isolated from stored apple fruit in Croatia. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 4: 463-469.
34. Sever, Z., Miličević, T. (2013.): *Bolesti uskladištenih gomolja krumpira*. *Glasilo biljne zaštite*, 4: 361-367.
35. Sørensen, J.L., Phipps, R.K., Nielsen, K.F., Schroers, H.J., Frank, J., Thrane, U. (2009.): Analysis of *Fusarium avenaceum* metabolites produced during wet apple core rot. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4): 1632–1639.
36. Spampinato, CP., Scandiani, MM., Luque, AG. (2021.): Soybean sudden death syndrome: Fungal pathogenesis and plant response. *Plant pathology*, 70: 3-12.
37. Steinkellner, S., Mammerler, R., Vierheilig, H. (2005.): Microconidia germination of the tomato pathogen *Fusarium oxysporum* in the presence of root exudates. *Journal of Plant Interactions*, 1(1): 23-30.
38. Tomasović, S., Vlahović, V., Sesar, B. (1994.): Fuzarioze pšenice sa težištem na zarazu klasa. *Sjemenarstvo*, 11(6): 517-546.

INTERNETSKI IZVORI

<https://www.seminis-us.com>

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Razlike između mikro i makrokonidija roda *Fusarium*

(Izvor:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microconidia_and_Macroconidia_of_the_fungus_Fusarium_sp.jpg)

Slika 2: Klijanje makrokonidija *Fusarium culmorum* zabilježeno krio-elektronskom mikroskopijom (izvor: Chitarra i sur., 2005.)

Slika 3. Klijanje mikrokonidija *Fusarium oxysporum f. sp.lycopersici*

(izvor: Steinkellner i sur., 2005.)

Slika 4. Zrna pšenice zaražena *Fusarium graminearum* u cvatnji (izvor: Ćosić i sur., 2013.)

Slika 5. Simptomi zaraze *Fusarium spp.* (mliječna zrioba)

(izvor: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?/category/12>)

Slika 6. Fuzarijska trulež korijena i vlati

(izvor:[http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/BOLESTI%20RATARSKIH%20KULTURA%20\(diplomski%20studij%20Zastita%20bilja,%20II%20semestar\).pdf](http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/BOLESTI%20RATARSKIH%20KULTURA%20(diplomski%20studij%20Zastita%20bilja,%20II%20semestar).pdf))

Slika 7. Trulež klijanaca kukuruza u uvjetima umjetne zaraze zrna gljivom *Fusarium verticillioides* (izvor: Lević i sur., 2004.)

Slika 8. Trulež klijanaca kukuruza u uvjetima umjetne zaraze zrna gljivom *Fusarium proliferatum* (izvor: Lević i sur., 2004.)

Slika 9. Simptomi truleži klipa kukuruza uzrokovane gljivom *Fusarium graminearum* (izvor: Lević i sur., 2004.)

Slika 10. Simptomi truleži klipa kukuruza (izvor: Lević i sur., 2004.)

Slika 11. Simptomi truleži klipa kukuruza čiji su uzročnici *F. verticillioides*, *F. subglutinans* i *F. proliferatum* (izvor: Lević i sur., 2004.)

Slika 12. Trulež korijena kukuruza uzrokovana *Fusarium* vrstama

(izvor: <https://cropprotectionnetwork.org/resources/articles/diseases/root-rots-of-corn>)

Slika 13. Trulež stabljike kukuruza uzrokovana vrstama roda *Fusarium*

(izvor: <https://cropprotectionnetwork.org/resources/articles/diseases/fusarium-stalk-rot-of-corn>)

Slika 14. Simptomi na mahuni i zrnu soje uzrokovani *Fusarium graminearum*.

(izvor: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.12532>)

Slika 15. Biljke suncokreta zaražene *Fusarium* vrstama

(izvor: https://www.sunflowernsa.com/uploads/20/fusarium_mathew_2014.pdf)

Slika 16. Različite *Fusarium* vrste kao uzročnici propadanja stabljike suncokreta

(izvor: https://www.sunflowernsa.com/uploads/20/fusarium_mathew_2014.pdf)

Slika 17. Suha trulež krumpira uzrokovana *Fusarium* vrstama

(izvor: https://cropwatch.unl.edu/potato/dry_rot)

Slika 18. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* kao uzročnik bolesti na rajčici

(izvor: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1436102>)

Slika 19. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* na stabljici rajčice

(izvor: <https://www.invasive.org/collections/viewcollection.cfm?id=84002>)

Slika 20. *Fusarium oxysporum f.sp. niveum* kao uzročnik bolesti na lubenici

(izvor: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1436118>)

Slika 21. *Fusarium oxysporum f.sp. melonis* kao uzročnik bolesti na dinji

(izvor: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5556520>)

Slika 22. *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-cucumerinum* na krastavcu

(izvor: <https://www.seminis-us.com/resources/disease-guides/cucurbit/fusarium-root-stem-rot-cucumber/>)

Slika 23. Vlažna trulež jabuke „Elstar“ uzrokovana *Fusarium avenaceum*

(izvor: https://www.researchgate.net/figure/Wet-core-of-Elstar-apples-caused-by-Fusarium-avenaceum_fig4_331398040)

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Zastupljenost *Fusarium* na pšenici u Hrvatskoj (Ćosić i sur., 2004.)

Tablica 2. Zastupljenost *Fusarium* na kukuruзу u Hrvatskoj (Ćosić i sur., 2004.)

Tablica 3. Zastupljenost *Fusarium* vrsta na gomoljima krumpira (Du i sur., 2012.)

Tablica 4. Rasprostranjenost *Fusarium* vrsta izoliranih s korova (Poštić i sur., 2011.)

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, Zaštita bilja

Diplomski rad

FUSARIUM VRSTE KAO PATOGENI KULTIVIRANOG BILJA I KOROVA

Ana Šoštarčić

Sažetak:

Fusarium vrste su mnogobrojne i neke od njih su poznate kao iznimno važni biljni patogeni. U ovom radu su opisane bolesti pšenice, kukuruza, soje, suncokreta, šećerne repe, krumpira, rajčice i tikvenjača uzrokovane vrstama roda *Fusarium*. Neke od bolesti uzrokovane Fusarium vrstama su palež klijanaca, palež klasa, trulež korijena, trulež stabljike i klipa te venuće. Kao najvažnije vrste koje izazivaju ove bolesti su navedene *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium solani* i *Fusarium verticillioides*. Alternativni domaćini za ove gljive su korovi koji svojom otpornošću na nepovoljne uvjete daju sposobnost patogenu da preživi i nekoliko godina. Kako bi spriječili širenje ove bolesti vrlo je važno sijati zdravo i dezinficirano sjeme te provoditi pravilan plodored.

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Čosić

Broj stranica: 43

Broj slika i grafikona: 23

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 38

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: biljni patogen, Fusarium, korov, simptomi

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

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

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište u Osijeku, Vladimira Preloga

1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences
University Graduate Studies, Plant Protection**

Graduate thesis

FUSARIUM SPECIES AS PATHOGENS OF CULTIVATED PLANTS AND WEEDS

Ana Šoštarić

Summary:

The genus *Fusarium* belongs to the class Hypomycetes, order Hyphale, and the species of the genus are numerous and known as plant pathogens. This paper describes diseases of wheat, corn, soybeans, sunflowers, sugar beets, potatoes, tomatoes and squash caused by species of the genus *Fusarium*. Some of the diseases caused by *Fusarium* species are seedling blight, ear blight, snow mold, root rot, stem and cob rot, and loss of turgor, chlorosis, and necrosis of entire plants. The most important species that cause these diseases are *Fusarium graminearum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium solani* and *Fusarium verticillioides*. Important vectors of these diseases are weeds which, with their resistance to adverse conditions, give the pathogen the ability to survive for several years. In order to prevent the spread of this disease, it is very important to sow healthy and disinfected seeds and to carry out proper crop rotation.

Mentor: Jasenka Ćosić, PhD, full professor

Number of pages: 43

Number of figures: 23

Number of tables: 4

Number of references: 38

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: plant pathogen, *Fusarium*, weed, symptoms

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Karolina Vrandečić, PhD, full professor, president
2. Jasenka Ćosić, PhD, full professor, mentor
3. Jelena Ilić, PhD, associate professor, member

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