

**Bogdan CVJETKOVIĆ**  
 Veleučilište "Marko Marulić" Knin  
 bogdan.cvjetkovic@zg.t-com.hr

## UPRAVLJANJE RIZIKOM OD MIKOTOKSINA POČINJE U POLJU

### SAŽETAK

Kukuruz i pšenica najvažnije su naše žitarice. One u najvećem postotku sudjeluju u nas u ishrani ljudi i domaćih životinja. Kukuruz i pšenica su podložne napadu toksinogenih gljivica iz rodova *Fusarium*, *Penicillium* i *Aspergillus*. Nabrojene su *Fusarium* vrste nađene na zrnu pšenice u Hrvatskoj. Navedena je učestalost *Fusarium* vrsta u polju na kukuruzu i pšenici i važni mikotoksini koje oni proizvode. Kratko su opisani simptomi učestalijih *Fusarium* vrsta na kukuruzu i pšenici u polju. Nabrojene su *Penicillium* vrste koji su nađene na zrnu kukuruza u raznim tipovima skladišta u Hrvatskoj. Opisani su simptomi na zrnu kukuruza i navedeni toksikološki važniji mikotoksini *Penicillium* vrsta. Navedeni su simptomi koje može izazvati *Aspergillus flavus* na zrnu kukuruza. Preporučene su preventivne mjere koje se trebaju provesti u polju da bi se smanjila prisutnost toksinogenih gljiva na kukuruzu i pšenici.

**Ključne riječi:** pšenica, kukuruz, toksinogene gljivice, mikotoksini,

### UVOD

Nakon otkrića aflatoksina otkriveno je mnogo novih mikotoksina. Procjenjuje se da oko 350 gljivičnih vrsta može proizvesti do 3000 sekundarnih metabolita (Ožegović & Pepeljnjak 1995) a neki od njih jesu mikotoksini različite toksičnosti. Za neke metabolite nisu razjašnjene toksikološke karakteristike. Pojedine gljivice mogu proizvesti desetke različitih mikotoksina, a također isti mikotoksin mogu proizvesti gljivice različitih vrsta iz različitih rodova. Treba istaknuti da ne postoji korelacija između prisutnosti toksinogenih gljivica na biljnom materijalu i količine mikotoksina. U malih zaraza mogu biti prisutne veće količine mikotoksina i obratno (Stewart i sur. 2002). Najčešće su se mikotoksini izučavali u slučajevima trovanja hranom domaćih životinja i ljudi. Žitarice su najrasprostranjenije i najvažnije od svih kultiviranih biljaka za ishranu ljudi i domaćih životinja. Zrno žitarica sadrži ugljikohidrate kao energetske izvore, bjelančevine s potrebnim amino kiselinama, masti kao dodatni izvor energije, minerale, vitamine i druge bitne elemente i spojeve potrebne za rast i razvoj mikroorganizama, među kojima su najbrojnije gljivice. Na zrno žitarica već se u polju naseljava veliki broj gljivica kao paraziti, ali i kao saprofiti. Navodi se 35 gljivica na zrnu pšenice (Chowdhry 1998), a na kukuruzu oko 100 gljivica (Lević 2008). Lušin navodi 69 vrsta gljivica na uskladištenim žitaricama u Hrvatskoj (Lušin 1980). Jasno je da sve gljivice nisu

jednako važne kao patogeni a nisu sve niti toksinogene. U populaciji definiranih toksinogenih vrsta postoje fenotipovi koji pokazuju različitu toksinogenost a ima onih koje nisu toksinogene. Sirovine za proizvodnju hrane nastaju na polju. Stočarska proizvodnja ovisi o biljnoj proizvodnji pa su te dvije grane poljoprivrede usko povezane u proizvodnji namirnica. Tako i preko biljnih proizvoda a i preko stočarskih proizvoda (meso, mlijeko, mliječni proizvodi, jaja) mikotoksini ulaze u lanac prehrane ljudi i mogu izazvati neželjene posljedice u konzumentata. Na slici na naslovnici prikazano je kako mikotoksini ulaze u lanac prehrane.

## GLJIVICE IZ RODA FUSARIUM

Kao proizvođači mikotoksina, pogotovo na žitaricama, najinteresantnije su vrste iz rodova: *Fusarium*, *Penicillium* i *Aspergillus*. Od ta tri roda u našim područjima na polju na klipu i stabljici kukuruza i na klasu strnih žitarica najučestalije su *Fusarium* vrste. Na kukuruзу uz *Fusarium* vrste, dolaze *Penicillium* i *Aspergillus* vrste. Na zrnju kukuruza Lušin navodi ove *Fusarium* vrste: *F. anguoides* Sherb; *F. avenaceum* (Fr.) Sacc.; *F. bulbigenum* Cooke & Massee\*; *F. culmorum* (W.G. Sm.) Sacc.; *F. graminearum* Schwabe; *Fusarium maydiperdum* Bubák; *F. moniliforme* Sheld.; *F. oxysporum* Schltdl.; *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. redolens* var. *solani* Wollenw.,\*; *F. scirpi* Lambotte & Fautrey\*; *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.; *Fusarium sporotrichioides* Sherb.; *Fusarium subglutinans* (Wollenw. & Reinking) P.E. Nelson, Tousoun & Marasas, *Fusarium verticilloides* (Sacc.) Nirenberg (Lušin 1978 i Lušin, 1971). Kod nekih vrsta je došlo do promjena u nazivu\*.

U Hrvatskoj u većem broju analiza na zrnju pšenice registrirano 12 *Fusarium* vrsta. Ivić navodi ove vrste: *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.; *Fusarium cerealis* (Cooke) Sacc.; *F. graminearum* Schwabe; *Fusarium graminum* Corda; *Fusarium moniliforme* J. Sheld; *Fusarium oxysporum* Schltdl.; *Fusarium poae* (Peck) Wollenw., *Fusarium semitectum* Berk. & Ravenel, *Fusarium sporotrichioides* Sherb.; *Fusarium tricinctum* (Corda) Sacc., *Fusarium verticilloides* (Sacc.) Nirenberg (Ivić 2007), a drugi autori kao najučestaliju vrstu navode *Fusarium graminearum* Schwabe, a kao rjeđe prisutne vrste *Fusarium moniforme* (Sacc.) Nirenberg i *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking) P.E. Nelson, (Čosić & Vrandešić 2003). Na pšenici u bivšoj državi zabilježeno je 25 *Fusarium* vrsta na pšenici (Lević 2008).

Kao što vidimo, na kukuruзу i pšenici zastupljen je veliki broj *Fusarium* vrsta, a samo su neke učestalije te su navedene su u tablici 1. Ne smiju se zanemariti i ostale *Fusarium* vrste pogotovo kada se radi o loše pripremljenoj silaži.

Na klasovima pšenice posljednjih godina učestala je i gljivica *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett. [telemorf- *Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müll.] (Tomić 2003) opisana u starijoj literaturi pod nazivom *Fusarium nivale*. Prema novijim saznanjima gljivica *Microdochium nivale* nije toksinogena (Nakajima, & Naito 1995, Tronsmo 2001).

**Tablica 1.** Učestalije *Fusarium* vrste na pšenici i kukuruzu i učestaliji mikotoksini koje mogu sintetizirati

VRSTA	KUKURUZ	PŠENICA	UČESTALIJI MIKOTOKSINI (Logrieco i sur. 2003)
<i>Fusarium graminearum</i>	++	++++	<b>DON, NIV, ZEN, FUS</b> AcDON,
<i>Fusarium verticillioides</i> (ex. <i>F. moniliforme</i> )	+++	+++	<b>FB1, FB2, FB3</b>
<i>Fusarium avenaceum</i>	+	++	<b>MON, EN, FB, DON,</b> ZEN,
<i>Fusarium subglutinans</i>	++	+	<b>MON, BEA, FUP</b>

Legenda: + do ++++ = označava ascedentnu učestalost pojave gljivica na zrnu. AcDON=monoacetil; BEA=beauvericin; DON=deoksinivalenol; EN= eniatins; FB=fumonizin; FUS=fusarenon-X ; FUP=fuzaroproliferin; MON=moniliformin; NIV=nivalenol; ZEN=zearalenon. Boldirani su važniji mikotoksini

## FUSARIUM VRSTE NA KUKURUZU I PŠENICI

### *Fusarium graminearum* Schw.

Unutar vrste *F. graminearum* opisane su dvije grupe. *F. graminearum* grupa 1 koja u prirodi rijetko stvara savršeni stadij (*Gibberlla coronicola* T. Aoki & O'Donnell), a uzrokuje palež klijanaca i trulež korijena više vrsta žitarica (Burgess i sur. 1987) Palež klasa može izazvati samo u ekstremno vlažnim uvjetima (Bal G-H & Shaner G. 1966). U znanstvenoj se literaturi rabi i naziv *Fusarium pseudograminearum* O'Donnell & Aoki (Aoki & O'Donnell 1999). Rasprostranjen je u Australiji, Africi i sjeverozapadnom dijelu SAD-a U nas do sada na žitaricama nije dokazan, ali na soji jest (Ivić i sur. 2010). Sintetizira deoksinivalenol i zearalenon.

*Fusarium graminearum* grupa 2 obilno stvara peritecije u prirodi. Obično parazitira nadzemne dijelove biljaka i uzrokuje palež klasa pšenice, ječma, pšenoraži i trulež klipa i zrna kukuruza u SAD-u, Europi, u dijelu Australije, Afrike i Južne Amerike.

Prema podacima iz literature poznato je najmanje devet filogenetski srodnih speciosa, ali različitih na molekularnoj razini pa se često u znanosti rabi naziv *Fusarium graminearum* species complex (Goswami & Kistler 2005).

## SIMPTOMI NA KUKURUZU

*F. graminearum* može zaraziti korijen, stabljiku, klip i zrno. Pri zarazi podzemnog nodijalnoga korijenja na njemu nastaju sivkaste vodenaste pjege, koje kasnije postaju tamo smeđe. Na donjem dijelu stabljike tkivo postaje mekano u početku sivkaste boje. Unutrašnjost stabljike spužvaste je konzistencije, poprimaju ružičastocrvenu boju, a provodni snopovi ostaju neko vrijeme sačuvani (slika 1.a). Kao posljedica zaraze korijena i stabljike,

poremećen je primitak vode i hranjiva pa lišće vene, žuti i suši se. Na mjestu zaraze stabljika se lako prelomi. Na klipu zaraza se najčešće očituje na vršnom dijelu (slika 1.b).



**Slika 1.** a) zaražena stabljika; b) zaražen klip s oštećenjem od kukuruznog moljca  
c) zaražena i zdrava zrna (snimio B.Cvjatković)

U ranih zaraza klipa micelij potpuno proraste zrnje i prostor između zrnja, sljepljujući komušinu sa zrnjem te prelazi i na oklasak. Oklasak i zrno poprime ružičastu boju od micelija gljive. Zaraženo zrno je lomljivo. Infekcija nastaje u doba cvatnje i traje do mliječne zriobe. Gljivica može inficirati unutrašnjost zrna, ali može se nalaziti na površini zrna, što se drži kontaminacijom. Ako se gljivica kasno naseli na zrno, samo su pojedina zrna kontaminirana i to na osnovici oklasaka, pa se simptomi lako previde. Međutim, kao početni inokulum za širenje gljivice u skladištu važno je i kontaminirano i inficirano zrno. Češće se javlja u godinama u kojima u prvom dijelu vegetacije vlada suša, a zatim nastupe kiše.

**F. verticilloides** napada sve dijelove kukuruza. Ponajviše napada korijen, koji postaje sivkast i trune. Na stabljici infekcija nastaje u području nodija, napose nakon oštećenja (insekti, tuča). Na stabljici nastaju difuzne sivkaste mrlje. Tkivo postaje mekano, blijedo sive boje i trune. Na plojci i rukavcu nakon infekcije pojavljuju se vodenaste, zatim blijede pjege, a na koncu postaju papirnato bijele sa smeđim rubovima. Na koljencima i listovima nastaju sporulacije ružičaste boje. Rijetko je zaražen cijeli klip najčešće su zaražena pojedinačna zrna ili nekoliko njih u skupini. Na zrnju se javlja blijedo narančasta paučinasta prevlaka, a komušina se ubrzano suši. Zaraženo je zrno lomljivo, a može biti prekriveno blijedonarančastim micelijem. Zaraza se javlja na zrnju koje je oštećeno napose od kukuruznog moljca. *Fusarium verticillioides* uzrokuje sistemičnu zarazu od zaraženoga sjemena do zrna u klipu (Munkvold i

sur. 1997), dok *F. pseudograminearum* i *F. graminearum* na pšenici, dokazano u umjetnim infekcijama, su sistemični do trećeg koljenca (Xi i sur. 2008).

***F. subglutinans***. Štete na kukuruzu veće su u vrućim i sušnim godinama. Uzrokuje trulež stabljike i korijenja. Zbog poremećaja u primanju vode i hranjiva obično u toplim mjesecima biljke venu, a lišće se suši. Simptomi truleži javljaju se nakon svilanja a postaju izraženiji što se više približava berba. Pred kraj vegetacije mogu se na stabljici koja je požutjela primijetiti plavkasto zelene pjege, a i tkivo ispod kore ima plavkastu boju. Na površini pjega može nastati sporulacije baršunasta izgleda ružičaste boje.

***Fusarium avenaceum*** inficira mlade biljke, uzrokuje trulež stabljike i vrlo slabu trulež korijena. Na najdonjem djelu stabljike nastaju smeđe suhe pjege. Mlade zaražene biljke najčešće venu i propadaju. Klip također može biti zaražen. Infekcija nastaje u doba cvatnje i traje do mliječne zriobe. Zaražen je najčešće vršni dio klipa, ali u ranih zaraza klipa micelij potpuno proraste zrnje i prostor između zrnja te prelazi i na oklasak. Oklasak i zrno od micelija poprime ružičastu boju. Komušina se sljepljuje sa zrnjem. Micelij gljive može inficirati unutrašnjost zrna, ali može se nalaziti na i površini zrna. Kao inokulum za širenje gljivice u skladištu važna je i infekcija i kontaminacija zrnja. To vrijedi za sve *Fusarium* vrste na zrnju.

## SIMPTOMI NA PŠENICI

***F. graminearum*** na pšenici može izazvati više tipova simptoma: palež klijanaca, trulež vlati i palež klasa. Palež klijanaca nastaje ako se sije zaraženo ili kontaminirano sjeme, ali zaraza može potjecati iz tla. Zaraza iz tla najčešće nastaje kada klijanje i nicanje traje predugo zbog nepovoljnih klimatskih prilika. U nekim slučajevima klijanci niknu i formiraju jedan ili više listova. Listovi su svjetlije zeleni, često kraći, a kratko nakon nicanja u fazi 2-3 lista biljke venu. Katkada se biljke otmu zarazi, stvarajući novo korijenje, pa se ipak formira biljka.

Trulež korijena uzrokuje nekoliko *Fusarium* vrsta, a simptomi su gotovo isti. Najučestaliji je *F. graminearum*, znatno su rjeđe *F. verticilloides*, *F. subglutinans*, *F. avenaceum*. Trulež vlati rjeđe uzrokuju i druge *Fusarium* vrste (*F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. sporotrichoides*) ali u manjem postotku (Čosić & Vrandečić 2003). Simptomi truleži korijena i vlati mogu se pojaviti samostalno ili kao nastavak paleži klijanaca. Početni simptomi javljaju se na rukavcu listova ili pri dnu vlati u obliku smeđe obojenih zona. Za vlažna vremena korijen trune, a trulež prelazi i na bazu vlati. Biljke koje su napadnute u fazi busanja mogu propasti, ali mogu i preživjeti napad u toj fazi, ali se u stresnim situacijama najčešće nakon cvatnje osuše. Ako i prežive najčešće donose manji urod u sukladno oštećenju korijenova sustava.

Premda je iz klasova sa simptomima paleža izolirano veći broj *Fusarium* vrsta, drži se da u etiologiji paleža klasa sudjeluju vrste: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae* (Waalwijk 2002). U nas je dominantna vrsta *F. graminearum*, a rjeđe su izolirane vrste *F. moniforme* i *F. subglutinans*



Slika 2. Palež klasa pšenice  
(snimio B. Cvjetković)

zahvaćen čitav cvjetni klas formiraju se klasovi bez zrna. Ako infekcije nastane kasnije, zrno se formira ali bude smežurano. Na već formirana zrna mogu se naseliti spore *Fusarium* vrsta, što je opasnost za širenje gljive u silosu, ali su izravne štete obično male.

(Ćosić & Vrandešić 2003). *Fusarium* vrste se mogu naseliti na cvat u razdoblju cvatnje a i poslije cvatnje. Međutim, šteta je najveća ako infekcija nastupi u početku cvatnje. Simptomi su najuočljiviji u razdoblju završetka cvatnje pa do mliječne zriobe. Zahvaćeni dijelovi klasa (klasići), a rijetko čitav klas, promijene boju i postaje slamnatožuti. Ako je vlažno vrijeme na dijelu klasića dolazi do sporulacije u vidu narančastih nakupina (sporodohija) koju treba razlikovati od sorsa žute hrđe. Katkada je zaražen posljednji internodij tada se suši čitav klas i postaje slamnato žut. U takvoj zarazi ali i ako je rano

## GLJIVICE IZ RODOVA PENICILLIUM I ASPERGILLUS

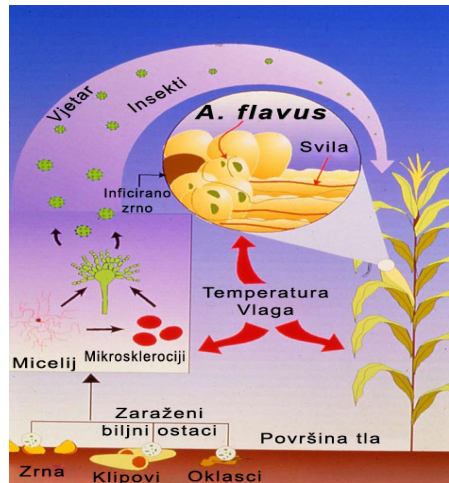
Na zrnju kukuruza iz raznih tipova skladišta u Hrvatskoj determinirano je 14 *Penicillium* vrsta (Lušin 1980). Poznato je da 11 vrsta sintetiziraju mikotoksine [*P. aurantiogriseum* Dierckx, *P. concentricum* Samson, Stolk. & Hadlok, *P. expansum* Link, *P. islandicum* Sopp., *P. miczynskii* K.M. Zalessky, *P. raistrickii* G. Sm., *P. rubrum* Grassberger, *P. rugulosum* Thom, *P. thomii* Maire, *P. variabile* Sopp., *P. simplicissimum* (Oudem.) Thom], a za tri vrste (*P. dierckxii* Takada & Udagawa, *P. implicatum* Biourge, *P. solitum* Westling) nema podataka o tome. Iz analiza zrna kukuruza obavljenim od 1996. i 1997. godine vidljivo je da su *Penicillium* vrste u raznim tipovima skladišta bile najčešće zastupljene (Jurjević 2000). Na neprimjereno uskladištenoj pšenici *Penicillium* često su najbrojniji uzroci pljenivoće zrnja (Vasilj 2004). Na biljkama u polju zaraze nisu česte. Ako se i pojavi zaraza, najčešće su zaražena zrna na vršnom dijelu klipa. Na klipju između redova zrna ovisno o *Penicillium* vrsti javlja se zelenkasti ili plavičasti, paučinasti micelij i sporonosni organi s konidijama. Zaražena zrna bljeđa su i time se razlikuju od zdravih. Zaraza je učestalija na oštećenim zrnima. *Penicillium* vrste su ubikvisti i saprofiti, a ima ih svuda u okolišu pa naseljavaju zrnje. Neke *Penicillium* vrste kontaminiraju zrno ne uzrokujući nikakve promjene u polju, ali tijekom berbe, transporta i dorade oštećuju zrna te se na ta mjesta naseljava gljivica pa zrna trunu. *Penicillium* vrste mogu sintetizirati više od 30 mikotoksina, među kojima je najopasniji okratoksin A i patulin.

## *Aspergillus flavus* Link

*Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus* su toksinogene vrste premda više vrsta roda *Aspergillus* mogu sintetizirati aflatoksine, ali te su vrste rjeđe zastupljene ili sintetiziraju manje aflatoksina. Izravne štete od vrste *A. flavus* u polju male su jer je na klipu zaraženo samo nekoliko zrna. Stoga su teško uočljive zaraze zrna prostim okom u polju ili neposredno nakon berbe. U mlječnovoštanom stadiju mogu uzrokovati trulež skuteluma. Ako se pojavi micelarna prevlaka ona je sivkastožute boje (slika 3.), a može se pojaviti u uvjetima visoke vlage i temperature, oko dva mjeseca nakon svilanja. Međutim, na neadekvatno uskladištenim klipovima ili zrnju, uz povišenu vlagu zrna i više temperature dolazi do stvaranja micelija i sponosnih organa sivkastožute boje. *A. flavus*, *A. parasiticus* su pretežno se ponašaju kao saprofiti a mogu inficirati sjeme. *A. flavus* nalazi se u okolišu, tlu na biljnim ostatcima i životinjskim ostatcima. Prezimljuje kao micelij ili u obliku sklerocija (slika 4.).



Slika 3. Simptomi na klipu kukuruza (internet)



Slika 4. Životni ciklus gljivice *A. Flavus* (internet-dopunjeno)

*A. flavus* na zrnju kukuruza u našem podneblju bila je rjeđa pojava i razlikovala se iz godine u godinu. U 40 analiza zrna kukuruza obavljenih 1996. i 1997. godine utvrđena je kontaminacija s *Aspergillus* vrstama od 0,3%, do 2,3% (Jurjević 2000). Ćosić i suradnici, analizirajući 6 genotipova kukuruza sa 4 lokacije ukupno 24 uzorka, utvrdili su zarazu s *Aspergillus sp.* od 0,5 % na 4 uzorka i 1 % na jednom uzorku. U istom radu analizama zrna 5 sorata ječma iz raznih uzgojnih područja utvrđena je zaraza od 0 - 4% ovisno o genotipu i podrijetlu. Analiza istih uzoraka je pokazala da je AF B1 bio ispod točke detekcije (Ćosić, i sur. 2012). Lušin navodi prisutnost *A. flavusa* u 79,1 % analiziranih uzoraka iz raznih tipova skladišta u Hrvatskoj (Lušin 1978). Analize Zavoda za sjemenarstvo i rasadničarstvo pokazuju trend porasta *Aspergillus* vrsta. U 2011. godini bilo je 6,5%; sjemena kukuruza kontaminirano s *Aspergillusom*; 2012 godine bilo je kontaminirano 2,6 %; a 2013. godine



10,0% (Špoljarić-Marković, osobna korespondencija). Većoj pojavi te termofilne vrste doprinosile su i klimatske prilike. Za njezin razvoj pogodne su temperature od 10 °C do 43 °C premda ima odstupanja kod pojedinih izolata. To isto vrijedi i za temperaturne amplitude kod sinteze mikotoksina (25-30 °C).

## PREVENTIVNE MJERE U POLJU

Mikotoksini mogu nastati u procesu proizvodnje hrane pa prevencija nastanka mikotoksina treba obuhvatiti cjelokupni proces proizvodnje. Biljka je živi organizam koja ima slijed vegetativnih i generativnih funkcija, što omogućava normalan razvojni ciklus biljke (sjeme, klica, cvatnja, oplodnja, plod) i održanje vrste. Čovjek treba agrotehničkim mjerama stvoriti biljci što povoljnije uvjete za rast i plodonošenje s što manje stresnih situacija posebice to vrijedi kada su pitanju mikotoksini. Primjena dobre gospodarske prakse za proizvodnju zdravoga kvalitetnoga zrna prva je mjera u smanjenju zaraza s toksinogenim gljivicama i u smanjenju mikotoksina. U sklopu dobre gospodarske prakse može se smanjiti pojava gljivičnih oboljenja kukuruza i pšenice u polju, uključujući i toksinogene gljivice.



Slika 5. Preventivne mjere u biljnoj proizvodnji za smanjene mikotoksina (M. Klix-dopunjeno)

Navodimo neke od mogućnosti smanjenja pojave mikotoksina u zrnju kukuruza i pšenice (slika 5.).

**Izbor hibrida ili sorte.** Treba izabrati one sorte ili hibride koje su manje osjetljive na toksinogene gljivice, a da uz to daju zadovoljavajući urod i kvalitetu. Tim podacima za pšenicu raspolaže Zavod za sjemenarstvo i rasadničarstvo Osijek. Izbor hibrida kukuruza treba odrediti na osnovi višegodišnjih klimatskih uvjeta i vremena dozrijevanja.



**Izbor staništa.** Pri izboru parcele treba voditi računa da mikroklimatski i edafski čimbenici mogu utjecati na pojavu bolesti. U depresijama u kojima se dugo zadržavaju rose i magle mnogo su povoljniji preduvjeti za infekcije gljivicama (toksinogenim).

**Sklop.** Visoki prinosi žitarica, uz ostale zahvate, realiziraju se i gušćim sklopom. U takvim gustim usjevima strnih žitarica relativna vlaga 80-95 % zadržava se 14-20 sati, što omogućuje infekcije. Najbolji prinosi dobiju se optimalnom sjetvenom normom za pojedini hibrid i sortu u edafskim i klimatskim prilikama toga područja. Međutim, u duljim sušnim razdobljima takvi usjevi podložni su stresu zbog nedostatka vlage, što može pospješiti tvorbu mikotoksina.

**Sjeme.** Sjetva zdravog i fungicidom tretiranog sjemena, dobre klijavosti i energije klijanja važan je preduvjet za ostvarivanje željenoga sklopa i početni razvoj biljke. Treba obvezatno koristiti certificirano sjeme jer se neke toksigene gljivice prenose sjemenom kukuruza i pšenice, pa čak sistemski prorastaju biljku.

**Plodosmjena** je jedna od važnih mjera u biljnoj proizvodnji, a osobito u zaštiti od štetnih organizama. Kukuruz se u nas često uzgaja u dvopolju, vrlo često iz pšenice, pa takva polja imaju visoki infekcijski potencijal. Iz tablice 1. vidi se da na kukuruza i pšenici parazitiraju isti uzročnici bolesti. Utvrđena je dva puta veća koncentracija DON- a u biljaka pšenice koja je posijana nakon kukuruza u odnosu kada je predkultura bila soja (Schaafsma i sur., 2001). Po našim iskustvima zaraza klasa s *Fusariumom* bila je uvijek jača na pšenici u koliko je predkultura bio kukuruz. U plodoredu se s aspekta zaštite bilja kao predusjev preporučuju: zrnate mahunarke (soja), suncokret, krumpir.

**Korovi.** Suzbijanje korova pridonosi smanjenju zaraze s *Fusarium* vrstama. Mnogi korovi domaćini su gljiva iz roda *Fusarium* (Jurković i sur. 2014) koji mogu biti izvor zaraze za kukuruz i pšenicu te ih treba suzbijati.

**Oštećenja zrna.** Oštećenja zrna od tuče, ptica i insekata olakšavaju zarazu parazitskim gljivicama a preduvjet su za naseljavanje saprofitskih gljivica u unutrašnjost zrna. Dokazano je da kroz oštećenja od insekata nastaju infekcije gljivicom *Aspergillus flavus* (McMillian i sur.1978). Kukuruzni moljac (*Ostrinia/Pyrausta nubilalis*) prenosi spore gljivica *F. verticillioides* i *F. subglutinans*. Četverotočkasti sjajnik (*Glischrochilus quadrisignatus*) i kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*) mogu biti prenosnici gljivica *F. verticillioides* (Kurtz B. 2010) i *F. subglutinans* (Gilberston i sur. 1986). Zaštitu od štetnika detaljno je opisao Maceljki (Maceljki 2002), pa te prepreke treba primjeniti.

**Gnojdba.** Jednostrana primjena dušika pospješuje bujan rast u vlažnim uvjetima produžava vegetaciju. U takvim okolnostima zrno sadrži povišen postotak vlage pa je podložno pljesnivoći ako se ne dosuši prije pohrane u silose.

**Navodnjavanje.** Ako nedostaje vode u tlu, smanjena je mikrobiološka aktivnost tla, pa u kompeticiji mikroorganizama prevladavaju kserofiti, kao što su *A. flavus* i *A. parasiticus*. U uvjetima suše smanjene su obrambene reakcije

biljke na infekcije (Pitt & Hockuing 2009). Sušu najčešće prate i povišene temperature koje odgovaraju termofilnim *Aspergillus* vrstama. Navodnjavanjem se može osigurati najpovoljniji razvoj kukuruza u sušnim godinama te tako smanjuju i posljedice stresa i sinteza mikotoksina.

**Fungicidi.** U Hrvatskoj nije registriran niti jedan fungicid za foliarno suzbijanje *Fusariuma* na kukuruзу. Međutim, za zaštitu klasa strnih žitarica od *Fusariuma* registrirani su u nas fungicidi na osnovi djelatnih tvari ili njihovih kombinacija: prokloraz + tebukonazol; propikonazol + ciproloazol; propikonazol + karbendazim; spiroksamin + tebukonazol + triadimenol; tebukonazol, tebukonazol + protiokonazol i karbendazim (Cvjetković i sur. 2014). Optimalan rok za zaštitu je u vrijeme kada se vidi oko 15% klasa u cvatnji (Feeke 10.5) (Wegulo i sur. 2008) Naša iskustva su da je optimalni rok za zaštitu pojava prvih antera uz uvjet da za infekcije postoje klimatski uvjeti. To se može previdjeti prognoznim modelima (De Wolf i sur. 2003) (Rossi, 2008).

**Žetva i berba.** Oštećenja na zrnju nastaju pri mehaničkoj berbi, transportu, sušenju i skladištenju otvorena su vrata za naseljavanje gljivica koje uzrokuju pljesnivost zrna. Strojeve i postupke u žetvi treba prilagoditi da se zrnje što manje ošteti. U silose treba pohraniti zdravo i neoštećeno zrnje odgovarajuće vlage za pojedinu vrstu zrna i dužinu skladištenja. To je jedan od preduvjeta da se gljivice ne umnažaju i šire u skladištu ili silosu.

## ZAKLJUČAK

Provođenje preventivnih mjera na poljoprivrednim površinama, pravilno skladištenje žitarica prvi su postupci u smanjivanju mikotoksina u namirnicama. Agronomi, tehnolozi, veterinari i medicinski stručnjaci trebaju pravilnom procjenom rizika i više nego do sada stalnom zdravstvenom kontrolom osigurati ispravnu hranu za prehranu ljudi i domaćih životinja.

## SUMMARY

### RISK MANAGEMENT OF MYCOTOXINS BEGINS IN THE FIELD

Corn and wheat are the most important cereal crops in Croatia. They participate with the highest percentage in diet of humans and domestic animals. Corn and wheat are subject to attack by toxigenic fungi of genera *Fusarium*, *Penicillium* and *Aspergillus*. *Fusarium* species found on wheat grain in Croatia are listed. Incidence of *Fusarium* species on corn and wheat is specified, as well as important mycotoxins they produce. Symptoms of frequent *Fusarium* species on corn and wheat in the field are briefly described. *Penicillium* species that are found in corn grain in different types of storage facilities in Croatia are listed. Symptoms in the grain are described and more important toxigenic species of *Penicillium* mycotoxins are stated. Symptoms caused by *Aspergillus flavus* on corn in field are presented. Recommendations for preventative measures for

implementation in the field in order to minimize the presence of toxigenic fungi on corn and wheat are given.

**Key words:** corn, wheat toxigenic fungi, mycotoxins.

## LITERATURA

**Aoki, T. & O'Donnell, K.** (1999). Morphological and molecular characterization of *Fusarium pseudograminearum* sp. nov. formerly recognized as the Group 1 population *F. graminearum*. *Mycologia* 91(4) 597-609.

**Bal G-H. & Shaner G.** (1966). Variation in *Fusarium graminearum* and Cultivar Resistance to Wheat Scab, *Plant Disease*, 80; 9, 975-979.

**Burgess, L.W., Klein, T.A., Bryden, W.L. Tobin, N.F.** (1987): Head blight of wheat caused by *Fusarium graminearum* Group 1 in New South Wales in 1983. *Australian Plant Pathology*, 16 (4) 72-78.

**Chowdhry M. A, Maqbool A, Mahmood & Nand Khaliq I.** (1998). Performance of pure and mixed stands for biomass and grain yield in hexaploid wheat. *Pak. J. Sci*;1:145-147.

**Cvjetković, B., Bažok, R., Igrc Barčić, J., Barić K., Ostojić, Z.** (2014). Pregled sredstava za zaštitu bilja, 1-2, 1-222.

**Ćosić, J., & Vrandečić, K.** (2003). Fuzarijske bolesti pšenice, *Glasilo biljne zaštite* 3, 284-287.

**Ćosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D., Abramović, B., Jajić, I., Jakšić, S.** (2012). Mycopopulation of cereals in Croatia, U „Occurrence of fungi and mycotoxins in cereals and medicinal plants from Romania-Serbia-Croatia area“, 88-106. EUROBIT, Timisoara, Romania

**De Wolf, E. D., Madden, L. V., Lipps, P. E.** (2003). Risk Assessment Models for Wheat *Fusarium* Head Blight Epidemics Based on Within-Season Weather Data *Phytopathology*, 93; 4, 428-435.

**Gilberston, R.L., Brown, W.M., Ruppel, Jr., E.G., Capinea, J.L.** (1986) Association of Corn Stalk rot *Fusarium* spp. and Western Corn Rootworm Beetles in Colorado, *Phytopathology*, 76; 12, 1309-1314.

**Goswami, R. S., & Kistler, H. C.** (2005). Pathogenicity and In Planta Mycotoxin Accumulation Among Members of the *Fusarium graminearum* Species Complex on Wheat and Rice, *Phytopathology Journal*, 95; 12, 1397-1404.

**Ivić, D.** (2007). Djelotvornost fungicida, patogenost i toksigena aktivnost *Fusarium* vrsta na zrnu pšenice, Magistarski rad Agronomski fakultet, Zagreb, 1-102

**Ivić D., Cvjetković, B., Peraica M., Miličević, T.** (2010). Pathogenicity and potential toxigenicity of seed – borne *Fusarium* spp. on soybean and pea. *Petria*, 20 (2); 443-444.

**Jurković, D., Ćosić, J., Vrandečić, K., Ilić, J.** (2014). Mikropopulacija korova istočne Slavonije i Baranje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 1.-91.

**Kurtz, B., Karlovsky, P., Vidal, S.** (2010). Interaction between western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae and root infecting *Fusarium verticillioides* *Environmental entomology*, 29-37

**Lević, J.** (2008). Vrste roda *Fusarium* u oblasti poljoprivrede veretinarske i humane medicine. Institut za kukuruz Zemun Polje

**Logrieco, A., Botallico, A., Mulè, G., Morreti, A., Perrone, G.** (2003). Epidemiology of oxygenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. *European Journal of Plant Pathology* 109; 645-667

**Lušin V.** (1971): Pregled bolesti kukuruza u svijetu, Republički sekretarijat za privredu SR Hrvatske- Zagreb, 29-34 i 107-114.

**Lušin, V.** (1980). Intenzitet zaraze uskladištenih žitarica nekim gljivama Glasnik zaštite bilja, 6. 187-191.

**Maceljki** (2002). Poljoprivredna entomologija II. dopunjeno izdanje, Zrinski Čakovec.

**McMillian, W. W., Wilson D. M., Widstrom N. W.** (1978). Insect Damage, Aspergillus flavus Ear Mold, and Aflatoxin Contamination in South Georgia Corn Fields in 1977 Journal of Environmental Quality, 7; 4,564-56.

**Munkvold, G.P., McGee, D.C, Carlton, W.M.** (1997). Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*, Phytopathology, 87 (2), 209-217

**Nakajima, T., Naito, S.** (1995). Reassessment of Mycotoxin Productivity of *Microdochium nivale* in Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 61:357-361.

**Ožegović, L., Pepeljnjak, S.** (1995): Mikotoksikoze , Školska knjiga Zagreb, 1- 279

**Pitt, J. I., Hocking, A. D.** (2009). Fungi and food spoilage (3rd ed.), New York: Springer.

**Rossi, V.** (2008). La Fusariosi della spiga: una annata favorevole alla malattia che conferma però l'affidabilità dei sistemi di previsione, Filiera grano duro news 2008; (8): 2-3. [<http://hdl.handle.net/10807/45912>] Pristupljeno 15.05. 2014.

**Schaafsma A.W, Tamburic-Ilinic, L., Miller, J.D., Hooker, D.C.** (2001). Agronomic consideration for reducing deoxynivalenol in wheat grain, Can. J.Plant Path., 23,279-285.

**Stewart, D.W, Reid, L.M, Nicol, R.W. and Schaafsma, A.W.** (2002). A mathematical simulation of growth of *Fusarium* in maize ears after artificial inoculation. Phytopathology, 92: 534–541.

**Tomić, Ž.** (2003). Sniježna plijesan, Glasilo biljne zaštite 5, 304-306.

**Tronsmo A. M., Hsiang, T., Okuyama H, Nakajima T.** (2001). Low Temperature Plant Microbe Interactions Under Snow". Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Japan poglavlje 7: Low temperature diseases caused by *Microdochium nivale* 75-85.

**Vasilj, V., Panža, A., Cvjetković, B., Ivić D** ( 2004). Microbial status of wheat kernel from storage to grinding preparation, Zbornik radova 1. međunarodnog i 18. hrvatskog kongresa tehnologa za poslijezetvenu tehnologiju "Zrnko 04", 93-100

**Wegulo, S. N., Jackson, T. A., Baenziger, P. S, Carlson, M. P., Nopsa, J. H.** (2008): *Fusarium* Head Blight of Wheat, <http://extension.unl.edu/publications>. Pristupljeno 15.05. 2014.

**Waalwijk** (2002). *Fusarium* species on wheat in the Netherlands inventory and molecular identification, J. Appl.Gen,43A,125-130.

**Xi K., Turkington T.K & Chen M.H.** (2008). Systemic stem infection by *Fusarium* species in barley and wheat, Canadian Journal of Plant Pathology, 30; 4, 588-594.

**Stručni rad**