

**POVEZAVA MED UPORABLJENIMI FUNGICIDI ZA ZATIRANJE  
BOLEZNI LISTOV IN KLASA PŠENICE TER VSEBNOSTJO  
MIKOTOKSINOV V ZRNJU**

Meta URBANČIČ ZEMLJIČ<sup>1</sup>, Neja MAROLT<sup>2</sup>, Metka ŽERJAV<sup>3</sup>

Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana

**IZVLEČEK**

V poljskem poskusu smo ugotavljali povezavo med uporabljenimi fungicidi za zatiranje bolezni listov in klasa pšenice ter vsebnostjo mikotoksinov v zrnju. Pri postopkih, kjer so bile za zatiranje pšenične listne pegavosti med kolenčenjem žita (BBCH 33-39) uporabljene aktivne snovi iz skupine zunanjih inhibitorjev kinona (QoI) in/ali inhibitorji sukcinat-dehidrogenaze (SDHI), je bila vsebnost mikotoksina deoksinivalenol (DON) v pridelanem zrnju višja v primerjavi s kontrolo, kjer fungicid ni bil uporabljen. Pri postopkih, kjer je bilo izvedeno dodatno škropljenje z azolnim fungicidom v klas ob začetku cvetenja (BBCH 61), je bila onesnaženost zrnja z DON-om manjša, ne glede na to, katere aktivne snovi so bile uporabljene med kolenčenjem žita. Ugotovljene vsebnosti DON-a so bile nižje od priporočene mejne vrednosti, ki znaša za zrnje 1,25 mg/kg, in značilno nižje od neškropljene kontrole.

**Ključne besede:** fungicidi, mikotoksini, deoksinivalenol, DON, pšenica

**ABSTRACT**

**THE LINK BETWEEN FUNGICIDES USED FOR LEAF AND EAR DISEASE  
CONTROL OF WINTER WHEAT AND THE MYCOTOXIN CONTAMINATION OF  
GRAIN**

In the field experiment the link between fungicides used for leaf and ear disease control in winter wheat and mycotoxin contamination of grain was studied. At treatments, where during leaf and stem development (BBCH 33-39) for *Zymoseptoria tritici* control, the fungicide active substances from the group of Quinone outside inhibitors (QoI) and/or Succinate dehydrogenase inhibitors (SDHI) were used, the content of deoxynivalenol (DON) in harvested grains was higher in comparison to the untreated control. Subsequent treatment with azole fungicides at the beginning of wheat flowering (BBCH 61) resulted in significantly reduced content of DON mycotoxin in grains regardless of the fungicide group that was used for first treatment during leaf and stem development. The values were below the permitted limit of 1,25 mg/kg and significantly lower compared to the untreated control.

**Key words:** fungicides, mycotoxins, deoxynivalenol, DON, wheat

<sup>1</sup> mag., univ. dipl. inž. agr., Hacquetova 17, SI-1000 Ljubljana

<sup>2</sup> mag. inž. hort., prav tam

<sup>3</sup> mag., univ. dipl. inž. agr., prav tam

## 1 UVOD

Škropljenje posevkov s fungicidi je osrednji ukrep varstva pšenice pred boleznimi. Izvaja se v obdobju od kolenčenja do cvetenja pšenice. Fuzarijske okužbe klasov so poleg pšenične listne pegavosti najpomembnejši povzročitelj bolezni pšenice pri nas. Povzročajo jih več vrst gliv iz rodu *Fusarium*. Pri nas so najpogostejše *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenaceum*, *F. culmorum* in *F. tricinctum* (Zemljich et al., 2008; Tavčar-Kalcher et al., 2014). Poleg vplivanja na slabši pridelek so okužbe s fuzariozami problematične zaradi tvorbe mikotoksinov, škodljivih za zdravje ljudi in živali. Pšenica je najpogosteje onesnažena s trihotecenom deoksinivalenol (DON), pogosto določeni so tudi nivalenol (NIV), T2-toksin ter zearalenon (ZON) (Jakovac-Strajn et al., 2010; Tavčar-Kalcher et al., 2014). Med uradnim nadzorom zrnja in izdelkov iz pšenice v Sloveniji med leti 2008-2012 je bilo kar 71 % analiziranih vzorcev onesnaženih z DON-om in v 6 % vzorcev so bile presežene najvišje dovoljene vrednosti (Tavčar-Kalcher et al., 2014).

Na okuženost klasov s fuzariozami in onesnaženost zrnja z mikotoksini vpliva več dejavnikov. Tveganje je veliko, kadar si v kolobarju sledijo koruza in žita, pri reducirani obdelavi tal, če ostanejo žetveni ostanki nepredelani na površju, pri setvi občutljivih sort, obilnem gnojenju z dušikom in v primeru deževnega vremena med cvetenjem pšenice. Kadar sovpada več dejavnikov, je zatiranje s fungicidi nujen ukrep za zmanjšanje okuženosti klasov s fuzariozami in znižanje vsebnosti mikotoksinov v zrnju. Številne raziskave so pokazale, da je učinkovitost fungicidov zelo odvisna od izbranih aktivnih snovi in od časa škropljenja. Najboljše učinke so dosegali s snovmi iz skupine triazolov (DMI fungicidi), zlasti s protiokonazolom in tebukonazolom, če so jih uporabili med cvetenjem (Haidukowski et al., 2012; Shah et al., 2018). Nasprotno pa je aplikacija QoI fungicida azoksistrobin vplivala na povečanje vsebnosti deoksinivalenola v zrnju pšenice v primerjavi s kontrolo (Oldenburg et al., 2001; Shah et al., 2018).

Na našem trgu so nekaj let dostopne aktivne snovi iz skupine SDHI v mešanih fungicidih. Odlikuje jih zelo dobro delovanje na različne listne pegavosti, primanjkuje pa podatkov o njihovem učinkovanju na fuzarijske okužbe klasov in njihov morebitni vpliv na tvorbo mikotoksinov v zrnju. V poskusu smo želeli ugotoviti morebitni vpliv različnih fungicidnih kombinacij za zatiranje bolezni listov in klasa na vsebnost mikotoksinov v zrnju.

## 2 MATERIAL IN METODE

Spomladi leta 2018 smo na poskusnem polju Kmetijskega inštituta Slovenije v Jabljah pri Trzinu izvedli poljski poskus na ozimni pšenici sorte 'Ingenio'. Poskus je bil zasnovan v naključnih blokkih s štirimi ponovitvami, velikost osnovne parcele je bila 3 x 8 m<sup>2</sup>. Sorta 'Ingenio' je srednje odporna proti boleznim listov, dobavitelj semena priporoča škropljenje s fungicidom v klas. Pšenica je bila izpostavljena naravni okužbi s pšenično listno pegavostjo in fuzariozami klasa.

V poskus smo vključili 9 fungicidnih kombinacij z aktivnimi snovmi iz različnih kemičnih skupin, pripravki so bili uporabljeni v treh terminih (T1, T2 in T3) ob porabi vode 230

l/ha. Poskus je bil škropljen s parcelno škroplilnico na stisnjen zrak (Euro pulve). Izbrane fungicide smo kombinirali po shemi, ki je prikazana v preglednici 1.

Preglednica 1: Shema poskusa.

Termin škropljenja / fungicid / aktivna snov / skupina			
	T1 (BBCH 33; 24. april 2018)	T2 (BBCH 39; 3. maj 2018)	T3 (BBCH 61; 17. maj 2018)
1	Kontrola		
2	Amistar opti 2,5 azoksistrobin+klorotalonil QoI + kontaktni	Elatus era 1,0 benzovindiflupir+protiokonazol SDHI + DMI	-
3	Archer max 1,0 fenpropidin+propikonazol morfolini + DMI	-	Magnello 1,0 difenokonazol+tebukonazol DMI+DMI
4	-	Elatus era 1,0 benzovindiflupir+protiokonazol SDHI+DMI	-
5	Zantara 1,5 biksafen+tebukonazol SDHI+DMI	-	Prosaro 1,0 protiokonazol+tebukonazol DMI+DMI
6	-	Zantara 1,5 biksafen+tebukonazol SDHI+DMI	Prosaro 1,0 protiokonazol+tebukonazol DMI+DMI
7	Seguris Xtra 1,0 azoksistrobin+ciprokonazol+ izopirazam QoI+DMI+SDHI	-	Prosaro 1,0 protiokonazol+tebukonazol DMI+DMI
8	Buzz ultra 0,33 Tebukonazol DMI	Seguris Xtra 1,0 azoksistrobin+ciprokonazol+ izopirazam QoI+DMI+SDHI	-
9	Opus 1 1,5 epoksikonazol+fenpropimorf DMI + morfolin	Priaxor 1,0 fluksapiroksad+piraklostrobin SDHI+QoI	-
10	Opus 1 1,5 epoksikonazol+fenpropimorf DMI + morfolini	-	Caramba 1,5 metkonazol DMI

465

Ocenili smo okuženost klasov s fuzarijskimi glivami. Na vsaki parcelici smo naključno izbrali po 100 klasov (4 x 25) in prešteli vse z znamenji bolezni (=incidenca), nato smo na bolnih klasih ocenili stopnjo okuženosti (v %). Oba podatka smo med seboj zmnožili, delili s 100 in dobili indeks okuženosti klasov s fuzariozami (v %) za vsako parcelo posebej. Ob žetvi smo z vsake parcelice odvzeli vzorce 2 kg zrnja za analizo na vsebnost mikotoksinov. Analize so opravili na Veterinarski fakulteti v Ljubljani, po metodi

z uporabo masne kromatografije z masno spektrometrijo. Dobljene rezultate smo statistično analizirali s programom Statgraphycs.

### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

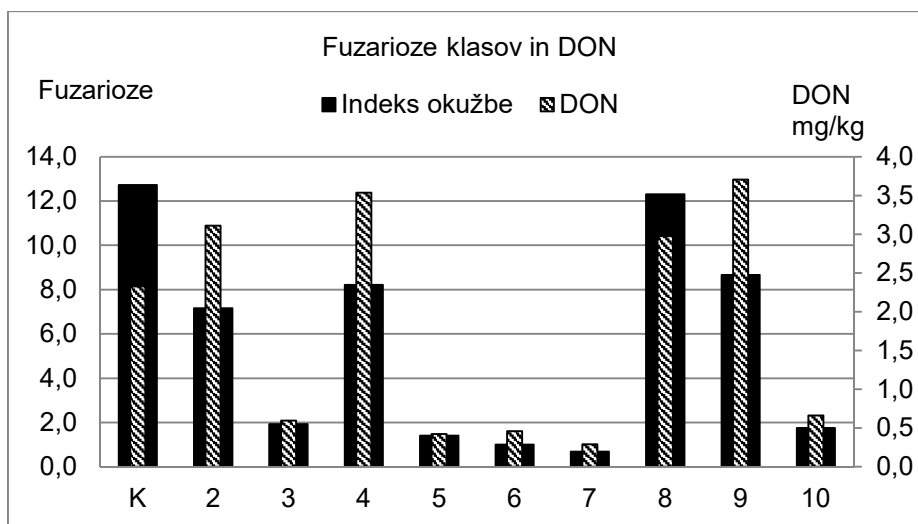
#### 3.1 Ocena okuženosti klasov s fuzarijskimi glivami

Po pričakovanjih so bile najmanj okužene parcele, kjer je bil triazolni fungicid uporabljen v terminu T3 (škropljenje v klas v začetku cvetenja, BBCH 61). Pri teh postopkih (3, 5, 6, 7 in 10) so bili povprečni indeksi okuženosti klasov od 0,7 % do 1,9 %. Vrednosti so bile značilno nižje ( $LSD_{95}=2,27$ ) v primerjavi s kontrolo (indeks okuženosti 12,7 %) in tudi nižje kot pri postopkih 2, 4, 8 in 9 (indeks okuženosti med 7,2 % in 12,3 %), kjer je bil fungicid uporabljen samo v terminu T1 in / ali T2 (slika 1).

#### 3.2 Vsebnost mikotoksinov v zrnju

V odvzetih vzorcih so bili nad mejo detekcije določeni trije toksini: DON, 15-AcDON in ZON. DON je bil določen v vseh analiziranih vzorcih, v koncentracijah od 0,146 mg/kg do 4,7 mg/kg. Povprečne vsebnosti so prikazane na sliki 1.

466



Slika 1: Indeks okuženosti klasov z glivami *Fusarium* sp. in vsebnost DON-a.

Analize so pokazale značilne razlike v vsebnostih DON-a med postopki. Po pričakovanjih so bile najnižje vsebnosti ugotovljene pri postopkih 3 (0,594 mg/kg), 5 (0,423 mg/kg), 6 (0,460 mg/kg), 7 (0,290 mg/kg) in 10 (0,662 mg/kg), kjer je bil DMI-fungicid škropljen v klas v terminu T3, po tem, ko so bile parcele že enkrat škropljene proti pšenični listni pegavosti v terminu T1 ali T2. Nasprotno pa so bile visoke

vrednosti DON-a ugotovljene pri postopkih 2 (3,110 mg/kg), 4 (3,536 mg/kg), 8 (2,976 mg/kg) in 9 (3,704 mg/kg), kjer fungicid v tretjem terminu ni bil uporabljen. Vrednosti so bile celo višje ( $LSD_{95} = 0,981$  mg/kg) v primerjavi s kontrolo, kjer je bila izmerjena koncentracija DON-a 2,324 mg/kg. Glede na rezultate lahko sklepamo, da smo z rabo fungicidov v obdobju kolenčenja spodbudili tvorbo DON-a v zrnju. Trditev se sklada z nekaterimi navedbami v literaturi, ko so z rabo fungicidov iz skupine QoI za zatiranje bolezni listov vplivali na višjo vsebnost mikotoksina DON v zrnju. Nismo pa zasledili podobne trditve za fungicide iz skupine SDHI, kot se je dogodilo v našem poskusu pri postopku 4.

#### 4 SKLEPI

Škropljenje pšenice s triazolnim (DMI) fungicidom v začetku cvetenja je bistveno zmanjšalo okužbe klasov s fuzariozami in znižalo vsebnost DON-a pod najvišjo dovoljeno vrednost (1,25 mg/kg), med pripravki ni bilo značilnih razlik v učinkovitosti. Vsebnosti DON-a v zrnju so bile višje pri postopkih, kjer so bile proti pšenični listni pegavosti uporabljene kombinacije QoI in SDHI fungicida, če ni bilo naknadne rabe triazolnega pripravka med cvetenjem. Omenjene snovi so torej vplivale na povečanje vsebnosti mikotoksina v zrnju.

V razmerah velikega pritiska bolezni listov in klasa pšenice so se glede količine in kakovosti pridelka kot najboljša izbira pokazale kombinacije SDHI fungicidov, apliciranih v času razvoja zastavičarja (BBCH 39), z obvezno aplikacijo triazolnega fungicida med cvetenjem pšenice (BBCH 61). Škropljenje v klas s pripravki, ki vsebujejo QoI in/ali SDHI aktivno snov se zdi manj primerna, predvsem v razmerah, ko je tveganje za okužbe klasov s fuzarijskimi glivami veliko.

#### 5 LITERATURA

- Haidukowski M., Visconti A., Perrone G., Vanadia S., Pancaldi D., Covarelli L., Balestrazzi R., Pascale M. 2012. Effect of prothioconazole-based fungicides on *Fusarium* head blight, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat under field conditions. *Phytopathologia Mediterranea* 51, 1, 236-246.
- Jakovac-Strajn B., Vengušt A., Ujčič-Vrhovnik I., Pavšič-Vrtač K., Tavčar-Kalcher G. 2010. The natural occurrence of toxigenic moulds and mycotoxins in Slovenian primary grain production. *Acta agriculturae Slovenica*, 95-1, 121-128.
- Oldenburg E., Weinert J., Wolf GA. 2001. Effects of strobilurin containing fungicides on the deoxynivalenol content in winter wheat. *Mycotoxin Research* 2001(17), Supplement 1, 10-14.
- Shah L., Ali A., Yahya M., Zhu Y., Wang S., Si H., Rahman H., Ma C. 2018. Integrated control of fusarium head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat. *Plant Pathology* 67, 532-548.
- Tavčar-Kalcher G., Jakovac-Strajn B., Kirinčič S., Celar F., Kos K., Šantavec I., Kocjan Ačko D., Kovač B., Rijavec Bregar A. 2014. Raziskava okuženosti/onesnaženosti žit, izdelkov iz žit in silaže s plesnimi in mikotoksini ter ukrepi za nujno zmanjšanje: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu V4-1110 v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) "Zagotovimo si hrano za jutri" Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, 105 str.
- Zemljič A., Rutar R., Žerjav M., Verbič J. 2008. Vpliv sorte, gnojenja z dušikom in razkuževanja semena na kontaminiranost zrnja pšenice s *Fusarium* spp. in onesnaženost z mikotoksini. V: Tajnšek, A. (ur.). Novi izzivi v poljedelstvu 2008. Rogaška Slatina, 4. in 5. december 2008. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo 2008, 257–262.