

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Alojz SREŠ

**VPLIV DELOVNE HITROSTI ŠKROPLJENJA PRI
ZATIRANJU FUZARIOZ KLASA (*Fusarium* spp.)
OZIMNE PŠENICE (*Triticum aestivum* L.) NA
POKRITOST KLASOV S FUNGICIDOM IN
PARAMETRE PRIDELANEGA ZRNJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**EFFECT OF SPRAYING SPEED IN THE WINTER WHEAT
(*Triticum aestivum* L.) FUSARIUM HEAD BLIGHT
(*Fusarium* spp.) CONTROL ON THE HEAD
COVERAGE WITH FUNGICIDE AND
THE GRAIN YIELD PARAMETERS**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana 2017

Doktorska disertacija je bila opravljena na Biotehniški fakulteti, Oddelku za agronomijo, Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, travništvo in pašništvo. Poljski poskus smo izvedli na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, mikološko analizo so za nas izvedli v laboratoriju EQUASA v Brestu v Franciji, analizo onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol smo izvedli na Kmetijsko gozdarskem zavodu Ptuj, ostale meritve in analize pa v okviru Katedre za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, travništvo in pašništvo.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Komisije za doktorski študij Univerze v Ljubljani z dne 10. 11. 2015 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za opravljanje doktorata znanosti na Interdisciplinarnem doktorskem študijskem programu Bioznanosti, znanstveno področje agronomija. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Filip Vučajnk.

Komisija za oceno in zagovor

Predsednik: doc. dr. Rok Mihelič

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Darja Kocjan Ačko

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Mario Lešnik

Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, katedra za fitomedicino

Datum zagovora: 12. januar 2017

Podpisani izjavljam, da je doktorsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Alojz Sreš

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 631.348:62-225:632.4:633.11:631.559 (043.3)
KG	delovna hitrost škropljenja/šobe/pokritost klasa/fuzarioze klasa/deoksinivalenol/pridelek pšenice
AV	SREŠ, Alojz
SA	VUČAJNK, Filip (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Interdisciplinarni doktorski študijski program Bioznanosti, znanstveno področje agronomija
LI	2017
IN	VPLIV DELOVNE HITROSTI ŠKROPLJENJA PRI ZATIRANJU FUZARIOZ KLASA (<i>Fusarium</i> spp.) OZIMNE PŠENICE (<i>Triticum aestivum</i> L.) NA POKRITOST KLASOV S FUNGICIDOM IN PARAMETRE PRIDELANEGA ZRNJA
TD	Doktorska disertacija
OP	XV, 122 str., 50 pregl., 58 sl., 113 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V letih 2011 in 2012 smo na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani izvedli poskus varstva pšenice pred fuzariozami klasa (FK) s fungicidom Prosaro® (protiokonazol in tebuko-nazol) pri različnih delovnih hitrostih škropljenja (DHŠ): 5, 8,5 in 12 km/h. Za škropljenje smo uporabili protizanašalne šobe z dvojnimi asimetričnim curkom TurboDrop® HiSpeed 110 03. Ugotavljali smo pokritosti klasa s škropilno brozgo, učinkovitost varstva pred FK, zmanjšanje onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol (DON) in vpliv varstva na parametre pridelanega zrnja. Poskusna zasnova so bili slučajni bloki s tremi ponovitvami. S povečanjem DHŠ se je statistično (stat.) značilno zmanjševal odstotek pokritosti sprednje in zadnje strani klasa. Pri vseh DHŠ smo ugotovili boljšo pokritost zadnje strani klasa. Učinkovitost varstva pred FK je bila v letu 2011 pri DHŠ 5 km/h stat. značilno večja kot pri DHŠ 8,5 in 12 km/h, v letu 2012 pa stat. značilnih razlik med obravnavanimi DHŠ nismo ugotovili. V obeh letih smo pri vseh DHŠ uspeli zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om pod 200 µg/kg suhe snovi zrnja, pri vseh obravnavanih DHŠ pa je bila onesnaženost stat. značilno enaka. V obeh proučevanih letih je bil pridelek na kontroli stat. značilno manjši kot na obravnavanih DHŠ. Stat. značilno razliko v pridelku med obravnavanimi DHŠ smo ugotovili v letu 2011, letu s slabšo okužbo pšenice s fuzarijskimi glivami (FG). V letu 2012, letu z močnejšo okužbo pšenice s FG, pa DHŠ ni imela stat. značilnega vpliva na pridelek. Pri hektolitrski masi požetega zrnja stat. značilnih razlik med obravnavanji v letu 2011 nismo ugotovili, v letu 2012 pa je bila hektolitrska masa na kontroli stat. značilno manjša kot pri obravnavanih DHŠ. Absolutna masa zrnja je bila v letu 2011 pri DHŠ 5 km/h stat. značilno večja kot pri ostalih obravnavanjih, med katerimi stat. značilnih razlik nismo ugotovili. V letu 2012 stat. značilnih razlik pri absolutni masi med obravnavanimi DHŠ nismo ugotovili, vendar pa je bila absolutna masa pri vseh obravnavanih DHŠ stat. značilno večja kot pri kontroli. S pomočjo regresijskih modelov smo potrdili odvisnost pokritosti klasa od DHŠ in odvisnost pridelka od pokritosti klasa ter rastline, pri vseh ostalih proučevanih medsebojnih odvisnostih pa so imeli rezultati s kontrole prevelik vpliv na regresijske modele.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd
 DC UDK 631.348:62-225:632.4:633.11:631.559 (043.3)
 CX spraying speed/nozzle/head coverage/*Fusarium* head blight/deoxynivalenol/
 wheat yield
 AU SREŠ, Alojz
 AA VUČAJNK, Filip (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Interdisciplinary Doctoral Programme
 in Biosciences, Scientific Field Agronomy
 PY 2017
 TI EFFECT OF SPRAYING SPEED IN THE WINTER WHEAT (*Triticum aestivum* L.)
 FUSARIUM HEAD BLIGHT (*Fusarium* spp.) CONTROL ON THE HEAD
 COVERAGE WITH FUNGICIDE AND THE GRAIN YIELD PARAMETERS
 DT Doctoral dissertation
 NO XV, 122 p., 50 tab., 58 fig., 113 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB In 2011 and 2012, a *Fusarium* head blight wheat control trial was performed on the trial field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana. Prosaro® fungicide was sprayed with asymmetric double flat fan antidrift nozzles TurboDrop® HiSpeed 110 03 nozzles at different spraying speeds: 5, 8,5 and 12 km/h. The aim of the trial was to study the following: head coverage with spray mixture, efficiency of *Fusarium* head blight control, reduction in the grain contamination with the mycotoxin deoxynivalenol (DON) and effect of different spraying treatments on the grain yield parameters. The trial base consisted of random blocks with three repetitions. The increase of spraying speed significantly reduced the coverage value of the front and rear sides of the head. The rear head side had better coverage values at all spraying speeds. In 2011, the *Fusarium* head blight control was significantly more efficient at the 5 km/h spraying speed when compared to 8.5 km/h and 12 km/h, whereas in 2012 no statistically significant differences occurred among the studied spraying speeds. In both years, we managed to lower the DON contamination of grains below 200 µg/kg of dry matter at all the studied spraying speeds, where it remained statistically equal. Furthermore, the yield on the unsprayed control treatment was significantly smaller than the yield on the plots treated at different spraying speeds. In 2011, the year with a lighter *Fusarium* head blight infection of wheat, there were statistically significant differences in the yields gained at different spraying speeds. In 2012, the year with a worse *Fusarium* head blight infection of wheat, the spraying speed did not significantly affect the yield. In 2011, the hectolitre mass of the harvested grains was statistically equal in all the treatments. In 2012, it was significantly smaller on the unsprayed control treatment than at the studied spraying speeds. In 2011, the thousand grain weight at the 5 km/h spraying speed was significantly bigger than in the other statistically equal treatments. In 2012, the thousand grain weight remained statistically equal at all spraying speeds. It was, however, bigger on the unsprayed control treatment. We used regression models to determine the link between the head coverage and the spraying speed, and the link between the yield and the head/plant coverage. With all the other studied interdependencies, the results of the unsprayed control excessively influenced the regression models.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO SLIK	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XV
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DELO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 RAZŠIRJENOST FUZARIJSKIH GLIV	4
2.2 EPIDEMIOLOGIJA FUZARIJSKIH GLIV	7
2.3 POSLEDICE OKUŽB S FUZARIJSKIMI GLIVAMI NA ZRNJU PŠENICE	12
2.4 VPLIV MIKOTOKSINOV NA KAKOVOST HRANE IN KRME TER ZDRAVJE LJUDI IN ŽIVALI	14
2.5 VARSTVO ŽIT PRED FUZARIOZAMI KLASA	18
2.5.1 Varstvo pšenice pred fuzariozami klasa s fungicidi	18
2.5.2 Pomen šob pri varstvu pšenice pred fuzariozami klasa	21
3 MATERIAL IN METODE RAZISKOVANJA	27
3.1 ZASNOVA POSKUSA	27
3.2 VRSTA ŠOB, UPORABLJENIH NA POSKUSU	28
3.3 ŠKROPILNA TEHNIKA	29
3.3.1 Traktor	29
3.3.2 Škropilnica	30
3.4 ŠKROPLJENJE V KLAS	32
3.4.1 Čas škropljenja in vremenske razmere v času škropljenja	32
3.4.2 Fungicid za škropljenje v klas	33
3.5 LOKACIJA POSKUSNEGA POLJA	34
3.6 AGROTEHNIČNA DELA NA POSKUSNI PARCELI	34
3.6.1 Analiza tal pred setvijo pšenice	34
3.6.2 Obdelava tal in gnojenje pred setvijo	35
3.6.3 Setev pšenice	35
3.6.3.1 Sorta pšenice	35
3.6.4 Spomladansko dognojevanje posevka pšenice	36
3.6.5 Varstvo posevka pšenice	36

3.7	VREMENSKE RAZMERE V ČASU IZVAJANJA POSKUSA	37
3.8	MERITVE IN ANALIZE NA POSKUSU PRED ŽETVIJO PŠENICE	38
3.8.1	Pokritost klasa in nosilca s škropilno brozgo	38
3.8.2	Okuženost klasov s fuzarijskimi givami	40
3.8.3	Učinkovitost zatiranja fuzarijskih gliv	41
3.8.4	Vrste fuzarijskih gliv, prisotnih na posevku pšenice	42
3.8.5	Onesnaženost zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol	43
3.8.6	Skupna okuženost in površinska onesnaženost zrnja s fuzarijskimi glivami	44
3.9	ŽETEV IN ANALIZA ZRNJA PO ŽETVI PŠENICE	44
3.9.1	Žetev pšenice	44
3.9.2	Analiza zrnja	46
3.9.2.1	Vlažnost in količina pridelanega zrnja	46
3.9.2.2	Hektolitrska masa	46
3.9.2.3	Absolutna masa	47
3.9.2.4	Velikostni razredi zrnja	47
3.9.2.5	Onesnaženost zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol	47
3.9.2.6	Skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega zrnja	47
3.10	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	47
4	REZULTATI	49
4.1	POKRITOST KLASA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE	49
4.1.1	Pokritost sprednje strani klasa	49
4.1.2	Pokritost zadnje strani klasa	49
4.1.3	Dvoletno povprečje pokritosti sprednje in zadnje strani klasa	50
4.2	POKRITOST NOSILCA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE	51
4.2.1	Pokritost sprednje strani nosilca v višini klasa	51
4.2.2	Pokritost zadnje strani nosilca v višini klasa	52
4.2.3	Dvoletno povprečje pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca v višini klasa	53
4.3	DVOLETNO POVPREČJE SKUPNE POKRITOSTI OBEH STRANI KLASA IN NOSILCA V VIŠINI KLASA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE	54
4.4	REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST POKRITOSTI KLASA OD ŠTEVILA ODTISOV KAPLJIC ŠKROPILNE BROZGE	55
4.4.1	Število odtisov kapljic na klasu, pokritost klasa in površina odtisov kapljic	55
4.4.2	Regresijski modeli za odvisnosti pokritosti klasa od števila odtisov kapljic/cm²	56
4.4.2.1	Odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od števila odtisov kapljic/cm ² pri DHŠ 8,5 km/h	57
4.4.2.2	Odvisnost pokritosti zadnje strani klasa od števila odtisov kapljic/cm ² pri DHŠ 8,5 km/h	58
4.4.2.3	Odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od števila odtisov kapljic/cm ²	59

4.5	POKRITOST KLASA IN LISTOV PŠENICE S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE	61
4.6	VARSTVO PŠENICE PRED FUZARIOZAMI KLASA	63
4.6.1	Okuženost klasov pšenice s fuzarijskimi glivami	63
4.6.2	Učinkovitost zatiranja fuzarijskih gliv	64
4.7	REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST UČINKOVITOSTI ZATIRANJA FUZARIJSKIH GLIV OD POKRITOSTI KLASA IN ŠOK/cm ² KLASA	65
4.7.1	Odvisnost učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv od pokritosti klasa	65
4.7.2	Odvisnost učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv od ŠOK/cm²	66
4.8	OKUŽENOST IN POVRŠINSKA ONESNAŽENOST ZRNJA PŠENICE S FUZARIJSKIMI GLIVAMI	68
4.8.1	Okuženost zrnja s posameznimi vrstami fuzarijskih gliv pred žetvijo pšenice	68
4.8.2	Skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s fuzarijskimi glivami po žetvi pšenice	69
4.8.3	Primerjava okuženosti in površinske onesnaženosti zrnja s fuzarijskimi glivami na kontroli pred žetvijo in po njej	70
4.9	ONESNAŽENOST ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL PRED ŽETVIJO	71
4.9.1	Onesnaženost zrnja	71
4.9.2	Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja	72
4.10	REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST ONESNAŽENOSTI ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL OD Odstotka OKUŽENIH KLASOV S FUZARIJSKIMI GLIVAMI, POKRITOSTI KLASA IN ŠOK/cm ² KLASA	73
4.10.1	Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od odstotka okuženih klasov s fuzarijskimi glivami	73
4.10.2	Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od pokritosti klasa	75
4.10.3	Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od ŠOK/cm²	76
4.11	PRIMERJAVA UČINKOVITOSTI ZATIRANJA FUZARIJSKIH GLIV IN ONESNAŽENOSTI ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL	77
4.11.1	Primerjava učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol pred žetvijo	77
4.11.2	Primerjava onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenolom pred žetvijo in po njej	78
4.12	PARAMETRI PRIDELANEGA ZRNJA	79
4.12.1	Količina pridelanega zrnja	79
4.12.2	Hektolitrska masa zrnja	80

4.12.3	Absolutna masa zrnja	81
4.12.4	Velikostni razredi zrnja	82
4.13	REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST PRIDELKA ZRNJA OD POKRITOSTI KLASA, ŠTEVILA ODTISOV KAPLJIC/cm ² KLASA IN POKRITOSTI RASTLINE	84
4.13.1	Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa in števila odtisov kapljic/cm²	84
4.13.2	Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline	87
5	RAZPRAVA	90
6	SKLEPI	102
6.1	POKRITOST KLASA IN NOSILCA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE	102
6.2	VARSTVO PŠENICE PRED FUZARIOZAMI KLASA S FUNGICIDOM PROSARO®	102
6.3	OKUŽENOST PŠENICE S FUZARIJSKIMI GLIVAMI IN ONE-SNAŽENOST ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL	103
6.4	PARAMETRI PRIDELANEGA ZRNJA	104
7	POVZETEK (SUMMARY)	106
7.1	POVZETEK	106
7.2	SUMMARY	109
8	VIRI	114
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Najpomembnejši mikotoksini, ki jih izločajo FG na določenih žitih, in optimalni pogoji za razvoj FG na zrnju žit (Doohan in sod., 2003: 761)	10
Preglednica 2: Mejne vrednosti mikotoksina DON v živilih (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 ..., 2006)	16
Preglednica 3: Delovne hitrosti škropljenja, porabljena količina škropilne brozge/ha in koncentracija FFS v škropilni brozgi pri posamezni DHŠ	27
Preglednica 4: Tehnični podatki za škropljenje v klas s šobo TurboDrop® HiSpeed 110 03 (TurboDrop® ..., 2015)	29
Preglednica 5: Meritev časa in določitev hitrosti škropljenja na 100 m dolgi škropilni poti	30
Preglednica 6: Tehnični podatki za batno-membransko črpalko BP 105 (Nošene traktorske ..., 2001)	31
Preglednica 7: Razvojne faze pšenice, pomembne za okužbo s FG	32
Preglednica 8: Vremenske razmere v času škropljenja (ARSO, 2015)	32
Preglednica 9: Rezultati analize vzorcev tal, odvzetih pred setvijo pšenice v letih 2011 in 2012	34
Preglednica 10: Osnovne lastnosti pšenice sorte Isengrain (Ozimna žita, 2010; Sorteninformationen ..., 2010)	36
Preglednica 11: Najpomembnejši povprečni mesečni vremenski podatki od setve do žetve pšenice v letih 2010/2011 in 2011/2012 (ARSO, 2015)	37
Preglednica 12: Tehnični podatki za kombajn Wintersteiger Classic v času žetve	45
Preglednica 13: Značilnost razlik v pokritosti sprednje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	49
Preglednica 14: Značilnost razlik v pokritosti zadnje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	50
Preglednica 15: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani klasa pri različnih DHŠ	51
Preglednica 16: Značilnost razlik v pokritosti sprednje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	51
Preglednica 17: Značilnost razlik v pokritosti zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	52
Preglednica 18: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ	54
Preglednica 19: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) skupne pokritosti obeh strani klasa in nosilca s škropilno brozgo pri različnih DHŠ	54
Preglednica 20: Vpliv povečanja hitrosti vožnje ob sočasnem zmanjšanju porabe škropilne brozge/ha na povprečno površino odtisov kapljic (povprečje let 2011 in 2012)	55

Preglednica 21: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm ²	56
Preglednica 22: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm ²	57
Preglednica 23: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm ²	60
Preglednica 24: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm ²	60
Preglednica 25: Pokritost klasa in listov pri različnih DHŠ v času škropljenja proti FG. Podatki so predstavljeni kot povprečje pokritosti pri različnih DHŠ ± standardna napaka	62
Preglednica 26: Značilnost razlik za odstotek klasov, okuženih s FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012	63
Preglednica 27: Značilnost razlik za učinkovitost zatiranja FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012	64
Preglednica 28: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012	66
Preglednica 29: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012	66
Preglednica 30: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm ² klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012	67
Preglednica 31: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm ² klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012	67
Preglednica 32: Značilnost razlik v odstotku okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG (brez sterilizacije površine zrnja) po žetvi pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	69
Preglednica 33: Značilnost razlik za onesnaženost zrnja z DON-om, nabranega neposredno pred žetvijo, pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	71
Preglednica 34: Značilnost razlik za učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	72
Preglednica 35: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG v letih 2011 in 2012	74
Preglednica 36: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG v letih 2011 in 2012	74
Preglednica 37: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012	75
Preglednica 38: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa v letih 2011 in 2012	75
Preglednica 39: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm ² klasa s Prosarom® v letih 2011 in 2012	76

Preglednica 40: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm ² v letih 2011 in 2012	77
Preglednica 41: Značilnost razlik za primerjavo učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om v letih 2011 in 2012	78
Preglednica 42: Značilnost razlik za onesnaženost zrnja z DON-om pred žetvijo in po njej pri različnih DHS v letu 2012	79
Preglednica 43: Značilnost razlik za pridelek zrnja pri različnih DHS v letih 2011 in 2012	80
Preglednica 44: Značilnost razlik v hektolitrski masi požetega zrnja pri različnih DHS v letih 2011 in 2012	81
Preglednica 45: Značilnost razlik v absolutni masi požetega zrnja pri različnih DHS v letih 2011 in 2012	82
Preglednica 46: Masni odstotek velikostnih razredov požetega zrnja pri različnih DHS v letih 2011 in 2012. Podatki so predstavljeni kot povprečje ± standardna napaka znotraj enega velikostnega razreda v istem letu	83
Preglednica 47: Značilnost razlik v masnem odstotku velikostnih razredov požetega zrnja pri različnih DHS v letih 2011 in 2012	83
Preglednica 48: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm ²	85
Preglednica 49: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm ²	85
Preglednica 50: Regresijska modela, ki opisujeta odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s fungicidom Prosaro [®]	88
Preglednica 51: Analiza variance za regresijska modela, ki opisujeta odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s fungicidom Prosaro [®]	88

KAZALO SLIK

Slika 1: Relativna stopnja onesnaženosti 3413 vzorcev zrnja z DON-om na Bavarskem v letih od 1993 do 1999 (Miedaner, 2012: 35)	6
Slika 2: Razvojni krog glive <i>F. graminearum</i> (spolni stadij imenovan <i>Giberella zae</i>), ene od povzročiteljic FK (Trail, 2009: 105)	7
Slika 3: Poti okužbe klasa (rdeče puščice) in bazipetalne rasti FG (modre puščice) po okužbi klasa (The Fusarium experience, 2003: 20)	9
Slika 4: Značilni znaki okužbe pšenice s <i>F. graminearum</i>	11
Slika 5: Primejava vpliva predposevka na relativno onesnaženost zrnja ozimne pšenice z DON-om (Miedaner, 2012: 38)	11
Slika 6: Oblika in velikost zrnja, okuženega s FG (zgornja vrsta), in zdravega zrnja (spodnja vrsta) (Miedaner, 2012: 72)	13
Slika 7: Vpliv okuženosti zrnja s FG na peko kruha: zgoraj kruh iz zrnja, okuženega s FG, spodaj kruh iz zdravega zrnja (The Fusarium experience, 2003: 45)	14
Slika 8: Pregled najpomembnejših bolezni, ki jih mikotoksini povzročajo pri prašičih (MYCOFIX ..., 2013: 1)	15
Slika 9: Vpliv okužb s FG na kalitev semena: levo okuženo netretirano seme, desno tretirano seme s fungicidom na osnovi aktivnih snovi protiokonazol in tebukonazol (250 g/l + 150 g/l)	17
Slika 10: Vpliv okužbe semena s FG na razvoj korenin mlade rastlinice: levo okuženo netretirano seme, desno tretirano seme s fungicidom na osnovi aktivnih snovi protiokonazol in tebukonazol (250 g/l + 150 g/l)	17
Slika 11: Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost varstva pšenice pred FG in onesnaženost zrnja pšenice z mikotoksini (Parkin et al., 2006: 5)	18
Slika 12: Odtisi kapljic na lističih, občutljivih na vodo, pri škropljenju z različnimi tipi šob (The Fusarium experience, 2003: 81)	21
Slika 13: Vpliv velikosti kapljic na pokritost pšenice s škropilno brozgo. Levo kapljice s PVP 200 µm, desno kapljice s PVP 400 µm (Friesleben, 2005: 14)	23
Slika 14: Vpliv kota škropilnega curka na pokritost klasa (Cereals ..., 2015: 1)	24
Slika 15: Šoba Turbo FloodJet® 2 (levo) in oblika curka, ki ga ta šoba proizvaja (Turbo FloodJet® ..., 2015)	25
Slika 16: Prikaz nanosa škropilne brozge na rastlino s pomočjo navadne špranjaste šobe TurboDrop® TD (levo) in špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnimi curki TurboDrop® HiSpeed 11003 (desno) (TurboDrop® HiSpeed ..., 2016)	26
Slika 17: Shema poskusa z vrisanimi škropilnimi stezami	28
Slika 18: Koti curkov pri šobi TurboDrop® HiSpeed 110 03	29
Slika 19: Traktor Fendt 208 z nošeno traktorsko škropilnico AGS 600 EN	31
Slika 20: Priprava na škropljenje v klas na poskusu v letu 2011	33

Slika 21: Povprečne dnevne temperature in skupna dnevna količina padavin v razvojnih fazah pšenice od konca klasenja (BBCH 59) do konca cvetenja (BBCH 69) v letih 2011 in 2012 (ARSO, 2015)	38
Slika 22: Mesta postavitve NVOL na rastlini pšenice (levo) in nosilcu (desno)	39
Slika 23: NVOL na klasu pšenice takoj po škropljenju	40
Slika 24: Analiza odtisov kapljic z NVOL s pomočjo sistema za zajem in analizo slik Optomax V. Image Analyser	40
Slika 25: Ocenjevanje odstotka okuženih klasov s FG	41
Slika 26: Značilna rast micelija na kalečem zrnju pšenice, okuženem s posameznimi vrstami FG (slike 1, 3, 4, 5, 6) in na žetvenih ostankih (slika 2): 1. <i>F. graminearum</i> , 2. <i>Gibberella zea</i> , 3. <i>F. culmorum</i> , 4. <i>F. avenaceum</i> , 5. <i>F. poae</i> , 6. <i>M. nivale</i> (The Fusarium experience, 2003: 12–17)	42
Slika 27: Oblika spor posameznih vrst FG (The Fusarium experience, 2003: 53)	42
Slika 28: Nabiranje vzorcev pšeničnih klasov za analizo na okuženost zrnja s FG	43
Slika 29: Žetev poskusnih parcelic s parcelnim kombajnom Wintersteiger Classic v letu 2012	45
Slika 30: Shopperjeva tehtnica za določanje HM	46
Slika 31: Povprečna pokritost sprednje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	49
Slika 32: Povprečna pokritost zadnje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	50
Slika 33: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani klasa pri različnih DHŠ	51
Slika 34: Povprečna pokritost sprednje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	52
Slika 35: Povprečna pokritost zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	53
Slika 36: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ	53
Slika 37: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) skupne pokritosti obeh strani klasa in nosilca s škropilno brozgo pri različnih DHŠ	55
Slika 38: Regresijski model za odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ pri DHŠ 8,5 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved	58
Slika 39: Regresijski model za odvisnost pokritosti zadnje strani klasa od $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ pri DHŠ 8,5 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved	59
Slika 40: Regresijski model za odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ pri DHŠ 12 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved	61

Slika 41: Odstotek pokritosti klasa in prvih štirih listov pšenice pri različnih DHŠ (povprečje pokritosti iz let 2011 in 2012)	62
Slika 42: Odstotek klasov, okuženih s FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012	63
Slika 43: Učinkovitost zatiranja FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012	64
Slika 44: Vrste FG in odstotek okuženega zrnja s posameznimi vrstami FG v letih 2011 in 2012	68
Slika 45: Skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG (brez sterilizacije površine zrnja) po žetvi pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	69
Slika 46: Odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG povprečnega skupnega vzorca s kontrole pred žetvijo in po njej v letih 2011 in 2012	70
Slika 47: Onesnaženost zrnja z DON-om, nabranega neposredno pred žetvijo, pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	71
Slika 48: Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	73
Slika 49: Primerjava učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om v letih 2011 in 2012	78
Slika 50: Onesnaženost zrnja z DON-om pred žetvijo in po njej pri različnih DHŠ v letu 2012	79
Slika 51: Pridelek zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	80
Slika 52: Hektolitrska masa požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	81
Slika 53: Absolutna masa požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	82
Slika 54: Masni odstotek velikostnih razredov pridelanega zrnja pšenice pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012	84
Slika 55: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasov s Proсарom [®] z vključenimi rezultati s kontrole v letu 2011	86
Slika 56: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasov s Proсарom [®] brez vključenih rezultatov s kontrole v letu 2011	87
Slika 57: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s Proсарom [®] z vključenimi rezultati s kontrole v letu 2011	88
Slika 58: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s Proсарom [®] brez vključenih rezultatov s kontrole v letu 2011	89

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

a. s. – aktivna snov

DHŠ – delovna hitrost škropljenja

DON – deoksinivalenol

FFS – fitofarmacevtska sredstva

FG – fuzarijske glive

FK – fuzarioze klasa

N/ha – dušik/hektar

NVOL – na vodo občutljivi lističi

OMAFRA – Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rurall Affairs

pokritost klasa – pokritost klasa s škropilno brozgo

PVP – povprečni volumski premer kapljic

s. p. – sterilizacija površine

SS – suha snov

stat. – statistično

ŠOK/cm² – število odtisov kapljic na cm²

učinkovitost zatiranja FG – učinkovitost zatiranja FG s fungicidom Prostaro®

VMD50 – Volume Median Diameter

WSP – Water Sensitive Papers

1 UVOD

Hrana je pomembna strateška dobrina. Do večje porabe hrane na prebivalca prihaja iz dveh razlogov: povečanja števila prebivalstva in povečanega zauživanja hrane posameznega prebivalca. V letu 1990 smo v razvitem svetu v povprečju dnevno zaužili 2700 kalorij/osebo, v letu 2020 pa bomo po predvidevanjih dnevno potrebovali 2900 kalorij/osebo (Aleksandratos in Bruinsma, 2012). Po napovedih naj bi se število prebivalcev do leta 2020 povečalo na skoraj 8 milijard, do leta 2040 pa že na 9 milijard. Da bi lahko prehranili tolikšno število ljudi, moramo pridelavo hrane z optimizacijo najsodobnejših agrotehničnih ukrepov dvigniti na nov, višji nivo. Po predvidevanjih Organizacije Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations) bi lahko do leta 2050 dosegli 90-odstotno povečanje pridelave hrane z intenzivnejšo kmetijsko pridelavo in samo 10-odstotno s povečanjem kmetijskih površin (How to feed ..., 2015). Na povečanje količine in kakovosti pridelka ima velik vpliv tudi primerno varstvo rastlin pred pleveli, boleznimi in škodljivci. Čeprav je na tem področju dosežen velik napredek, strokovnjaki ugotavljajo, da je z uporabo najnovejših spoznanj na področju varstva rastlin mogoče pridelke povečati za naslednjih 30 % (Aleksandratos in Bruinsma, 2012). Izgube v količini pridelane hrane zaradi rastlinskih bolezni so namreč še zmeraj zelo velike, do 40-odstotne. Nadaljnje izgube nastanejo zaradi manjše kakovosti pridelkov iz okuženih rastlin. Ena od skupin rastlinskih bolezni, ki močno zmanjšujejo količino in kakovost pridelanega zrnja žit, so tudi fuzarioze klasa (FK) (Grupp, 2007; Mesterházy, 2011).

1.1 POVOD ZA DELO

V rodu *Triticum* poznamo več vrst samonikle in gojene pšenice, po vsem svetu pa je najbolj razširjena heksaploidna navadna pšenica (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*) z golim zrnjem. Na začetku 20. stoletja so bili pridelki pšeničnega zrnja od 0,5 do 1,5 t/ha, sedaj pa znaša povprečni pridelek zrnja pšenice v Sloveniji, ki jo posejemo na 30.000 do 35.000 ha, 5 t/ha (Kocjan Ačko, 2015). V večletni raziskavi v okviru projekta DONcast, ki ga izvajamo v podjetju Bayer, smo ugotovili, da prihaja tudi v Sloveniji do močnejših okužb pšenice z glivami, ki povzročajo FK. Slovenija leži na tako imenovanem polmeseču največje onesnaženosti pšenice z mikotoksinom deoksinivalenol (DON), ki ga v zrnje izločajo določene vrste gliv iz rodu *Fusarium*, imenovane tudi FG. Razlogov za to je več, vendar so pomemben razlog, da prihaja do močnejših okužb pšenice s fuzarijskimi glivami (FG), ugodne klimatske razmere za njihov razvoj. Države in območja z največjo onesnaženostjo zrnja pšenice z DON-om so poleg Slovenije še Francija, severna Italija, vzhodna Avstrija in zahodna Madžarska. Strokovnjaki iz mnogih držav so že dosti pred nami opravili natančno analizo vrst FG, ki okužujejo žita na njihovem območju, prav tako pa tudi analizo onesnaženosti zrnja z mikotoksini. Prišli so do ugotovitev, da so izgube

količine in kakovosti pridelanega zrnja zaradi močnejših okužb s FG zelo velike. Pregled najbolj razširjenih vrst FG v Evropi sta povzela in podala Botalico in Perone (2002).

O izgubah količine pridelanega zrnja zaradi okužb s FG poročajo strokovnjaki že dalj časa, po letu 2000 pa smo začeli nekoliko bolj spremljati tudi vpliv onesnaženosti zrnja z mikotoksini na zdravje ljudi in domačih živali. Vse vrste FG, razen snežne plesni, izločajo v zrnje presnovne produkte, imenovane mikotoksini. Zaradi ugotovljenega toksičnega učinka na zdravje ljudi in domačih živali so postavljeni tudi določeni normativi za največjo dovoljeno onesnaženost zrnja z mikotoksini tako za prehranske namene kot za živinsko krmo. Pridelano zrnje žit, živila ali krma so neuporabni, če presegajo določeno stopnjo onesnaženosti z mikotoksini.

Eden od možnih načinov zmanjšanja onesnaženosti zrnja z mikotoksini je tudi učinkovito varstvo žit pred FK. Pri nas je bilo na tem področju do zdaj storjenega malo, kajti zdaj je cilj rastlinske pridelave zmanjšanje uporabe fitofarmaceutskih sredstev (FFS) in varovanje okolja. Tudi razvoj aplikacijske tehnike, predvsem šob, je šel v smer zmanjšanja zanašanja škropilne brozge izven ciljne površine. Vsekakor bo treba najti ravnotežje, da bomo lahko ohranjali čisto okolje ter uspešno pridelovali varno hrano. Pri zatiranju FG prihaja namreč do velikih napak ob aplikaciji, saj z obstoječimi aplikacijskimi tehnikami in pomanjkljivim znanjem o varstvu rastlin dostikrat ne uspemo učinkovito zatreti FG in zmanjšati onesnaženosti zrnja z mikotoksini. Z neprimernim FFS, napačnim časom varstva in slabo aplikacijo škropilne brozge ne uspemo preprečiti FK in ostalih rastlinskih bolezni, posledice pa so dvojne: potencialno smo onesnaževali okolje s FFS, zrnje pa je še vedno onesnaženo z mikotoksini. Ekonomika pridelave žit narekuje tudi hitrejše in učinkovitejše izvajanje agrotehničnih opravil. Da bi lahko izboljšali učinkovitost varstva rastlin, količino in kakovost pridelane pšenice z upoštevanjem vseh okoljskih zahtev ter ekonomskih normativov, moramo varstvo rastlin dvigniti na nov, višji nivo.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je bil ugotoviti vpliv različnih delovnih hitrosti škropljenja (DHŠ) pri varstvu pšenice pred FK na pokritost klasa s škropilno brozgo, fizikalne parametre pridelanega zrnja pšenice, zmanjšanje okuženosti zrnja z glivami iz rodu *Fusarium* in onesnaženosti zrnja z DON-om.

K raziskavi smo pristopili sistematično, saj določeni pridelovalni ukrepi posredno vplivajo tudi na poznejše rezultate. Na fizikalne parametre pridelanega zrnja, učinkovito zmanjšanje okuženosti zrnja s FG in onesnaženosti zrnja z DON-om ob primernih ostalih agrotehničnih ukrepih vpliva tudi uspešno varstvo pred FK. Na stopnjo pokritosti klasa lahko vplivamo tako s škropilno tehniko kot tehnologijo nanosa škropilne brozge na klas.

Z izvajanjem varstva pred FK z različnimi DHŠ in različno količino porabljene škropilne brozge ob uporabi najsodobnejše špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom in zmanjšanim zanašanjem TurboDrop® HiSpeed 110 03 smo želeli ugotoviti vpliv omenjenih dejavnikov na stopnjo pokritosti klasa, ki bi zagotovila zadovoljivo varstvo pred FK.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

O pomenu izbora šob, vozne hitrosti pri škropljenju in količine uporabljene vode za škropljenje pšenice pri varstvu pred boleznimi klasa je bilo opravljenih že več raziskav. Vendar pa avtorji ne poročajo o medsebojnem vplivu povečane DHŠ in sočasnem zmanjšanju porabe vode pri uporabi najsodobnejše špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom ter zmanjšanim zanašanjem TurboDrop® HiSpeed 110 03 na kakovost nanosa FFS na klas pšenice. Z našim poskusom bomo prišli do novih ugotovitev in predvidevamo, da bo:

1. pri uporabi šob TurboDrop® HiSpeed 110 03 nanos škropilne brozge na zadnjo stran klasa pšenice značilno boljši (večji odstotek pokritosti) pri manjših DHŠ (5,0 in 8,5 km/h) v primerjavi z DHŠ 12 km/h;
2. pri uporabi šob TurboDrop® HiSpeed 110 03 nanos škropilne brozge na obeh straneh klasa značilno boljši pri DHŠ 5 in 8,5 km/h kot pri večji DHŠ (12 km/h);
3. pri manjših DHŠ (5,0 in 8,5 km/h) v primerjavi z 12 km/h odstotek okuženih klasov s FG značilno manjši. Zaradi tega bo onesnaženost zrnja z DON-om tik pred žetvijo značilno manjša;
4. pri uporabi šob TurboDrop® HiSpeed 110 03 pri večjih DHŠ (12 km/h) zaradi manjšega odstotka pokritosti klasa s škropilno brozgo učinkovitost varstva pred FG slabša. Zato bosta skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega pridelanega zrnja (zrnje po žetvi) s FG ter onesnaženost z DON-om značilno večja, kakovostni parametri pridelanega zrnja pa bodo pri večji DHŠ značilno slabši.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RAZŠIRJENOST FUZARIJSKIH GLIV

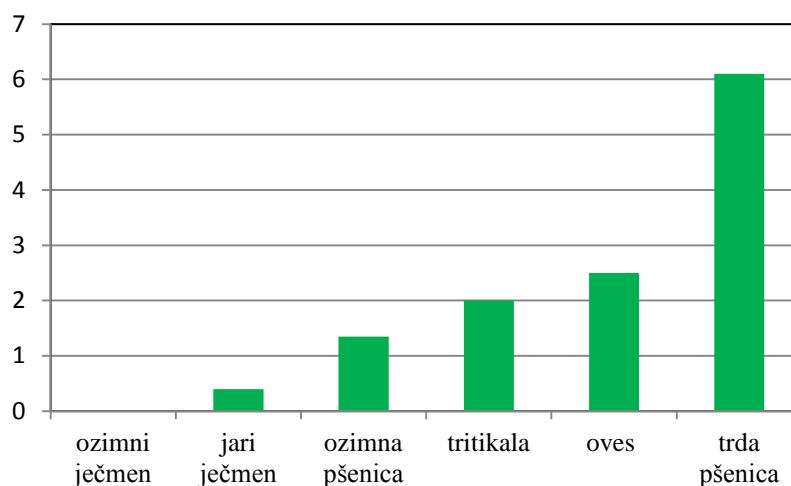
Znanih je že več kot 100.000 vrst gliv, 20.000 od teh je sposobno okužiti kmetijske rastline in povzročiti večjo gospodarsko škodo. Na pšenici, ki je v svetovnem merilu tretja (tako za rižem in koruzo), v Sloveniji pa druga najbolj razširjena poljščina (tako za koruzo), je znanih približno 200 povzročiteljev glivičnih bolezni, v povprečju jih zatiramo le okrog 10 (Aleksandratos and Bruinsma ..., 2012; Grupp, 2007). Skupina bolezni klasa žit, ki jih s skupnim imenom imenujemo FK, postaja gospodarsko pomembnejša v primerjavi z drugimi povzročiteljicami glivičnih obolenj pšenice. FK povzroča več vrst gliv iz rodu *Fusarium* (*F.*), ki okužujejo številne rodove iz družine trav (Poaceae). Prevladujoča vrsta FG mnogih okuženih območij je fuzarijska pegavost pšeničnih in rženih klasov (*Fusarium graminearum* Schwabe (*F. graminearum*), telemorf: *Gibberella zea* (Schwein.) Petch). Pomembnejše povzročiteljice FK pšenice v Evropi so še vrste *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc., *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. sporotrichoides* Scherb., *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. tricinctum* (Corda) Sacc., *F. cerealis* (Cooke) Sacc. in snežna plesen (*Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müller). Vse te glive, razen snežne plesni, v zrnje izločajo različne mikotoksine. *F. graminearum* in *F. culmorum* izločata tudi mikotoksin DON (Bottalico in Perrone, 2002; Goswami in Kistler, 2004; Leslie in Summerel, 2006; Desjardin, 2006), mikotoksin našega preučevanja. *F. graminearum* prevladuje na večini žitnih pridelovalnih območij, ostale *Fusarium* vrste pa se pojavljajo bolj lokalno (Mesterházy, 2003). McMullen in sod. (1997) navajajo, da je najpomembnejši povzročitelj FK v Združenih državah Amerike, Kanadi in Evropi prav vrsta *F. graminearum*.

O pojavu FK je prvi poročal Smith (1884, cit. po Trail, 2009). Do prvih močnejših okužb pšenice s FG in natančnejših raziskav, povezanih s to boleznijo pšenice, je prišlo v sredini osemdesetih let prejšnjega stoletja v Severni Ameriki (Gilbert in Tekauz, 2000). V Evropi pa je do močnejših okužb s FG in povečano vsebnostjo DON-a v zrnju prišlo ob koncu devetdesetih let prejšnjega stoletja. Pregled najpogostejših *Fusarium* vrst na žitih v Evropi sta podala Bottalico in Perrone (2002). Iz nam bližjih držav, kot je npr. Srbija, iz katere uvažamo tudi seme pšenice, poročajo o prvih raziskavah in vsebnosti DON-a v žitih v letu 2004, ko je bilo 37,5 % vzorcev pšenice pozitivnih na vsebnost DON-a (Jajić in sod., 2008), v letu 2011 pa je bilo na DON pozitivnih 73,2 % vzorcev pšenice (Stepanić in sod., 2011). Tudi na Hrvaškem o vsebnosti DON-a v rastlinskih pridelkih, hrani in krmi poročajo po letu 2000 (Pepeljnjak in Šegvić, 2004). O prisotnosti *F. graminearum* na pšenici in ječmenu so poročali Čosić in sod. (2006). Z omenjeno glivo je bilo okuženih 52,7 % vzorcev pšenice in 39,9 % vzorcev ječmena od skupaj 1352 vzorcev ozimne pšenice in 494 vzorcev ječmena (vzorci, nabrani od leta 1998 do leta 2005). Na

Madžarskem se z raziskavami na področju fuzarioz intenzivno ukvarja Mesterházy, ki je vrste fuzarioz, prisotne na pšenici v južni Madžarski, opisal leta 1984 (Mesterházy, 1984). Zaradi vse pogostejšega pojavljanja okuženosti pšeničnih klasov s FG prihaja do izgub v količini in kakovosti pridelane pšenice tudi v Sloveniji. V Sloveniji začnemo z natančnejšimi raziskavami razširjenosti različnih vrst fuzarioz in vsebnosti mikotoksinov v hrani in krmi po letu 2005. V letih 2005 in 2006 je bilo na različnih krajih Slovenije pri pridelovalcih pšenice vzeti 17 vzorcev pšenice. DON je vsebovalo 13 vzorcev, povprečna vsebnost DON-a pa je bila 910 µg/kg suhe snovi (SS) zrnja (Jakovac-Strajn in sod., 2009). V letu 2009 je bilo od 18 vzorcev pšenice na DON pozitivnih 15 vzorcev oz. 83 % (Jakovac-Strajn in sod., 2010). Zemljič in sod. (2008) so ugotavljali vsebnost DON-a v vzorcih pšenice iz Jabelj in Škofje Loke, kjer noben vzorec ni presegal največje dovoljene vsebnosti DON-a za žita (1250 µg/kg SS zrnja). Poleg tega so opravili še mikološko analizo in ugotovili prisotnost vrst *F. graminearum*, *F. avenaceum* in *F. poae*. Na vsebnost DON-a so analizirali še tri vzorce pšenice s posebej izbranih njiv z zelo okuženimi klasi pšenice s FG. Vsebnost DON-a v zrnju pšenice s teh njiv je močno preseгла dovoljeno mejo, saj so bile vrednosti od 9005 do 32.757 µg/kg SS zrnja. Prisotnost DON-a v zrnju pri odkupu žit je začela ugotavljati tudi mlinarska industrija. V Mlinotestu iz Ajdovščine so opravili test na prisotnost onesnaževalcev (mikotoksini in pesticidi) v 18 vzorcih pšenice, požetih v letih 2006, 2007 in 2008. Prisotnost DON-a so ugotovili v treh vzorcih (Kovač, 2008).

Tavčar Kalcher in sod. (2015) so primerjali tudi okuženost s FG in onesnaženost zrnja pšenice z DON-om med Jabljami in Rakičanom. V letih 2012 in 2013 so bile v povprečju sorte pšenice, ki so rasle v Jabljah, mnogo bolj okužene s FG, medtem ko leta 2014 med lokacijama ni bilo bistvene razlike. Tako je bila okuženost zrn s FG v Jabljah v posameznih letih od 2012 do 2014 12,9 %, 13,9 % in 2,2 %, medtem ko je bila okuženost vzorcev pšenice iz Rakičana v istih letih 5,1 %, 5,2 % in 2,3 %. Vrstna sestava fuzarioz in njihov delež med okuženimi zrnji se je spreminjal med lokacijami ter leti. Skupni povprečni odstotek vrst *F. graminearum* in *F. culmorum*, ki potencialno izločata DON, je bil v sezonah od 2012 do 2014 v okuženih zrnih sort pšenice iz Jabelj 10 %, 4,9 % in 1,7 %, v Rakičanu pa 2 %, 2,4 % in 1,1 %. Poleg omenjenih dveh vrst FG so ugotovili še prisotnost vrst *F. avenaceum*, *F. tricinctum* in *F. poae*. Povprečna vsebnost DON-a v zrnju se med letoma 2012 in 2013 ni, ali vsaj ne bistveno, spremenila. V Rakičanu je bila v obeh letih 120, v Jabljah leta 2012 747, leta 2013 pa 785 µg/kg SS zrnja. Prišli so tudi do zaključka, da če se okuženost zrn z glivama *F. culmorum* in *F. graminearum* poveča za 10 %, se onesnaženost pšenice z DON-om poveča za 822 µg/kg SS zrnja. Med okuženostjo klasov in vsebnostjo mikotoksina DON v zrnju pšenice ni bilo ugotovljene značilne povezave (Celar in sod., 2015).

Ker je gliva *F. graminearum* med vsemi povzročitelji FK v srednji in južni Evropi najbolj razširjena gliva, dosti bolj kot *F. culmorum*, je tudi najpomembnejša proizvajalka DON-a v zrnju žit. Goswami in Kistler (2004) navajata, da gliva *F. graminearum* okužuje pšenico (*Triticum* sp.), ječmen (*Hordeum* sp.), riž (*Oryza* sp.), oves (*Avena* sp.) in koruzo (*Zea mays* L.). Poleg omenjenih lahko okužuje še rodove *Agropyron*, *Agrostis*, *Bromus*, *Calamagrostis*, *Cenchrus*, *Cortaderia*, *Cucumis*, *Echinochloa*, *Glycine*, *Hierochloe*, *Lolium*, *Lycopersicon*, *Medicago*, *Phleum*, *Poa*, *Schizanchyrum*, *Secale*, *Setaria*, *Sorghum*, *Spartina* in *Trifolium*. Čosić in Vrandečić (2002) sta glivo *F. graminearum* izolirala tudi s korenine baržunastega osleza (*Abutilon theophrasti* MEDIK.), lista *Abutilon hybridum* hort. ex Voss, stebela navadnega plešca (*Capsela bursa-pastoris* (L.) MEDIK.) in lista velike koprive (*Urtica dioica* L.). Postić in sod. (2012) poročajo o določitvi glive *F. graminearum* še na srhkodlakavem ščiru (*Amaranthus retroflexus* L.) in beli metliki (*Chenopodium album* L.) ter o prvi določitvi omenjene glive na navadnem kokalju (*Agrostemma githago* L.), srpasti meteljki (*Medicago falcata* L.) in bodiču (*Xanthium strumarium* L.).



Slika 1: Relativna stopnja onesnaženosti 3413 vzorcev zrnja z DON-om na Bavarskem v letih od 1993 do 1999 (Miedaner, 2012: 35)

Figure 1: Relative level of contamination of 3,413 grain samples with deoxynivalenol in Bavaria between 1993 and 1999 (Miedaner, 2012: 35)

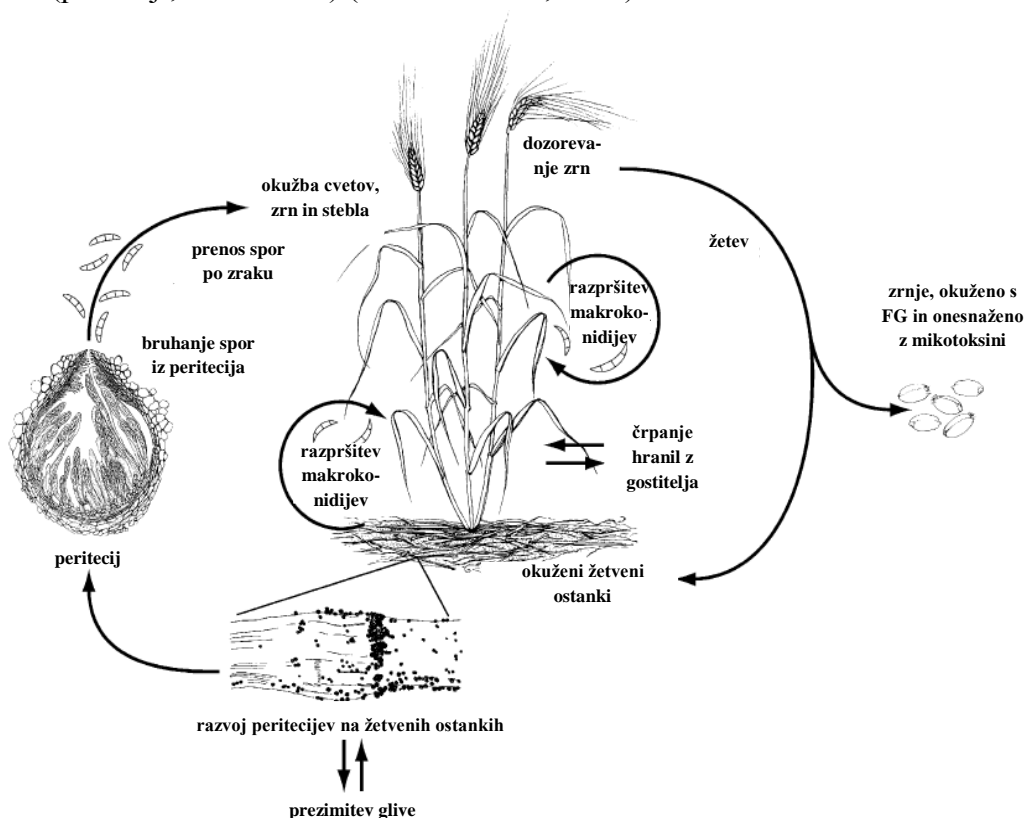
Med vrstami žit obstajajo velike razlike v občutljivosti na okužbo s FG in onesnaženost zrnja z DON-om. Miedaner (2012) navaja, da je zrnje ječmena najmanj onesnaženo z DON-om, sledijo navadna pšenica, tritikala in oves. Največjo onesnaženost zrnja z DON-om pa lahko najdemo pri trdi pšenici (slika 1). Kovalina in sod. (2011) so ugotavljali onesnaženost zrnja z DON-om pri različnih vrstah pšenice: enozrna pira (*Triticum monococum* L.), dvozna pira (*Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl), piri (*Triticum spelta* L.) in sortah navadne pšenice (*Triticum aestivum* L.). Veliko onesnaženost zrnja z DON-om so ugotovili pri navadni pšenici, pri ostalih vrstah pšenice je bila onesnaženost zrnja z

DON-om zelo majhna. Do močnejših okužb s FG in onesnaženosti zrnja z DON-om pa v zadnjem času prihaja tudi pri nekaterih novejših sortah ječmena.

2.2 EPIDEMIOLOGIJA FUZARIJSKIH GLIV

Da bi se lažje lotili reševanja problema FK in onesnaženosti zrnja z DON-om, moramo poznati biologijo in epidemiologijo gliv *F. graminearum* in *F. culmorum*, ki edini izločata DON. Čeprav obstaja veliko znanstvenih raziskav, je na tem področju še vedno precej nejasnosti.

Glivo *Gibberella zea* (Schwein.) Petch (anamorph: *Fusarium graminearum* Schwabe), najpomembnejšo povzročiteljico fuzarijske pegavosti klasa, in njeno virulentnost je opisal že Anderson (1948). Gliva *Gibberella zea* spada med glive iz debla Ascomycota (Ascomycetes), za katerega je značilno, da ima večina gliv spolni (telemorf) in nespolni (anamorf) stadij. Spolni organi, v katerih nastajajo spolne spore (askospore), imajo obliko mehov (askov). Nespolne spore (konidiji) se oblikujejo na prostih hifah ali v nespolnih trosiščih (piknidiji, acervuli ...) (Celar in Trdan, 2000).



Slika 2: Razvojni krog glive *F. graminearum* (spolni stadij imenovan *Giberella zea*), ene od povzročiteljic FK (Trail, 2009: 105)

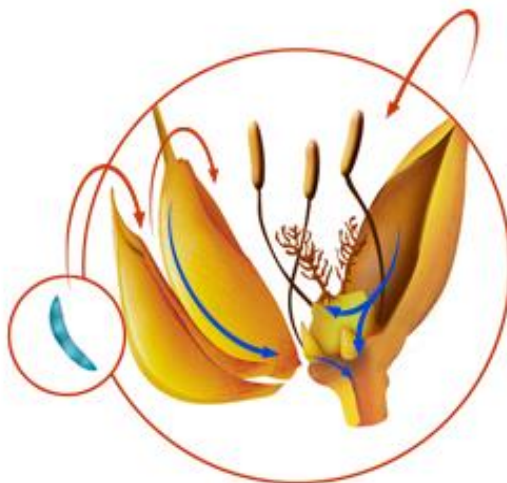
Figure 2: The lifecycle of *F. graminearum* (sexual phase, *Giberella zea*), causal agent of *Fusarium* head blight (Trail, 2009: 105)

Razvojni krog omenjene glive sta med drugimi opisala Osborne (2007) in Trail (2009) (slika 2). Tudi pri glivi *F. graminearum*, tako kot pri ostalih glivah iz debla Ascomycota, poznamo spolni in nespolni razvojni stadij. Nespolni stadij glive proizvaja spore, ki jih imenujemo makrokonidiji in nastajajo na nespolnih trosiščih, sporodohijih. Nespolni razvojni stadij (anamorf) glive imenujemo *F. graminearum*, spolni stadij (telemorf) glive pa *Giberella zea*. Prezimi v obliki micelija na okuženih žetvenih ostankih. Razvoj glive se začne spomladi ob ugodnih vremenskih pogojih. Na okuženih žetvenih ostankih se na miceliju spomladi tvorijo periteciji in sporodohiji. Najprej na sporodohijih proizvaja makrokonidije, ki jih na listje in naprej do klasa pšenice zanese s pomočjo dežnih kapelj ali vetra. Iz peritecijev se razvijejo askusi, v katerih poteka spolni stadij glive. Spolni stadij glive poteka s pomočjo mejoze in se začne v toplih in vlažnih pogojih (visoka zračna vlaga in padavine). Klas lahko okužuje s konidiji in askosporami. Ker večino časa preživi v obliki nespolnega stadija, jo pogosteje imenujemo *F. graminearum*. Natančno sta najprimernejše pogoje za posamezno razvojno fazo FG opisala Osborn in Stein (2007).

Do okužbe pšenice s FG lahko pride s konidiji in sporami, ki jih prinese veter z večjih razdalj, ali pa z žetvenih ostankov na njivi. Do okužb klasa z glivami iz rodu *Fusarium* prihaja v času cvetenja pšenice, saj *Fusarium* vrste najprej okužujejo prašnike v pšeničnih cvetovih. S prašnikov se okužba razširi na klasek in nato na klasno vreteno (Miller in sod., 2004; Beyer in sod., 2006). Osborn in Stein (2007) navajata, da prašniki cvetočih žit, ki vsebujejo stimulirajoče snovi za rast fuzarioz, omogočajo in pospešujejo okužbe s *F. graminearum*. Da prihaja do začetnih okužb s FG preko okužbe prašnikov, domnevajo tudi Skinnes in sod. (2010). Razlog za to naj bi bil v dejstvu, da glive iz rodu *Fusarium* večino časa preživijo v saprofitski obliki in zato lažje kolonizirajo propadajoča ali odmrta tkiva. Zelo pomembno za stopnjo okužbe je tudi dejstvo, kje so prašniki v času cvetenja žit. Če ostanejo v cvetu med plevami, prihaja do močnejših okužb klasa pšenice s FG, če pa so prašnikove niti daljše in prašniki izstopijo iz cveta, so okužbe s FG in vsebnost DON-a v zrnju pšenice manjše. Gilsinger in sod. (2004) so ugotovili, da široko odprt cvet in daljši čas cvetenja pšenice omogočata lažji vstop spor ter s tem vplivata na močnejše okužbe tako s *F. graminearum* kot ostalimi FG. Na stopnjo odprtosti cvetov pšenice poleg sorte lastnosti vplivajo še vremenske razmere v času cvetenja. Nižja temperatura in deževno vreme povečujeta delež bolj odprtih cvetov (Devries, 1971), visoka temperatura in suša pa delež odprtih cvetov zmanjšujeta (Obermayer, 1916).

Gliva *F. culmorum* (W.G. Smith) Sacc., prav tako gliva *Gibberella zea*, spada med glive iz debla Ascomycota (Ascomycetes). Pri *F. culmorum* je razvit samo nespolni stadij razmnoževanja, zato lahko pšenico okužuje samo s konidiji (Wagacha in Muthomi, 2007). Potek okužbe klasa je enak kot pri *F. graminearum*.

Proces okužbe klasa, razvoj in širjenje po rastlini gliv *F. graminearum* in *F. culmorum* so opisali Günther in Trail (2005) ter Beccari in sod. (2011). Takoj po okužbi razvijeta glivi *F. graminearum* in *F. culmorum* gene za biosintezo DON-a (Jansen in sod. 2005). DON je edini mikotoksin, ki v žitih deluje kot virulentni dejavnik, saj v rastlini povzroča odmiranje tkiva (Desjardin in sod., 1996) in s tem glivi omogoča širjenje po klasu. Kolonizacija *F. graminearum* in *F. culmorum* razvijajočih zrn pšenice je tako odvisna od predhodnega kopičenja DON-a v zrnju. Prve znake okužbe na klasku lahko opazimo po petih dneh po okužbi, do klasnega vretena pa hife prodrejo v 10 do 12 dneh (Günther in Trail, 2005). Klas se nad okuženim delom klasnega vretena začne sušiti. Dva do tri tedne po okužbi se obarva belo-rjavo, kar je prvi vidni in značilni simptom okužbe s FG. Drugi tipičen simptom za okužbo s FG je oranžni micelij, ki se razvije na klasnem vretenu (slika 3). Znamenja okužb sta natančno opisala tudi Goswami in Kistler (2004), Wagacha in Muthomi (2007) pa povzemata po raznih avtorjih, da imajo lahko različni sevi iste glive različno sposobnost sintetiziranja DON-a.



Slika 3: Poti okužbe klasa (rdeče puščice) in bazipetalne rasti FG (modre puščice) po okužbi klasa (The Fusarium experience, 2003: 20)

Figure 3: Infection ears with fusarium head blight (FHB) (red arrows) and the consequent basipetal FHB fungus growth (blue arrows) (The Fusarium experience, 2003: 20)

FG se razvijajo v času rasti in dozorevanja zrnja, dokler vlažnost zrnja ne pade pod 15 %. Če skladiščeno zrnje ni zadosti posušeno (pod 15 % vlage), se njihov razvoj in izločanje mikotoksinov v zrnje nadaljujeta tudi v skladišču.

Domneva se, da v sosednjih državah gliva *F. graminearum* izpodriva ostale vrste gliv FK zaradi ugodnejših vremenskih pogojev za njen razvoj in zaradi večje agresivnosti ter patogenosti. *F. graminearum* se pogosteje pojavlja v toplejših in vlažnejših, *F. poae* v toplejših in bolj suhih, *F. culmorum* in *F. avenaceum* pa v hladnejših in vlažnejših območjih (Xu in sod., 2008; Doohan in sod., 2003). Parry in sod. (1995) navajajo, da do okužb klasa pšenice s *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* in *F. avenaceum* prihaja pri

temperaturah nad 15 °C in vsaj 24-urni omočenosti klasa. Optimalna temperatura za okužbe in s tem hitrejši razvoj pa je 25 °C. Čosić in Vrandečić (2002) ter Hope in sod. (2005) so ugotovili najmočnejši razvoj gliv *F. graminearum* in *F. culmorum* pri temperaturi 25 °C. Po Bothu (1971) je optimalna temperatura za razvoj glive *F. graminearum* med 24 in 26 °C pri pH 6,7 do 7,2, Hope (2005) navaja še optimalno vodno aktivnost, ki za razvoj obeh gliv in proizvodnjo DON-a znaša 0,95 do 0,99. Xu in sodelavci (2008) so natančneje opisali vpliv okoljskih dejavnikov na stopnjo okužbe pšenice s FG na Madžarskem in Irskem ter v Italiji in Veliki Britaniji. Doohan in sod. (2003) pa so zbrali ugotovitve posameznih raziskovalcev in navedli optimalne pogoje za razvoj FG na klasu žit (Pregl. 1).

Preglednica 1: Najpomembnejši mikotoksini, ki jih izločajo FG na določenih žitih, in optimalni pogoji za razvoj FG na zrnju žit (Doohan in sod., 2003: 761)

Table 1: The mayor classes of Fusarium mycotxin, their principal producers and optimal production conditions on cereal grains (Doohan et al., 2003: 761)

Vrsta mikotoksinov	Vrsta fuzarijskih gliv	Vrsta žit	Optimalne razmere za razvoj*	Vir
Tip A trihoteceni (T2, HT2, NEO, DAS)	<i>F. sporotrichoides</i> <i>F. poae</i>	pšenica, riž, oves, koruza, ječmen	20 do 25 °C v. a. = 0,99	Mateo in sod. (2002) Miller (1994) Rabie in sod. (1986)
Tip B trihoteceni (NIV, DON, 3-acetyl DON, 15-acetyl DON)	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i>	pšenica, riž, ječmen, koruza	25 do 28 °C, v. a. = 0,97	Greenhalgh in sod. (1983) Lori in sod. (1990) Beattie in sod. (1998) Homdork in sod. (2000)
Zearelenon	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i>	pšenica, riž, koruza	17 do 28 °C, v. a. = 0,97 ali 90 % RZV	Jiménez in sod. (1996) Lori in sod. (1990) Ryu in Bullerman (1999) Homdork in sod. (2000) Martins in Martins (2002)
Fumonizini	<i>F. moniliforme</i> <i>F. proliferatum</i> <i>F. subglutinans</i>	koruza	15 do 30 °C, v. a. = 0,98	Cahagnier in sod. (1995) Marin in sod. (1999a, b)
Moniliformin	<i>F. subglutinans</i> <i>F. moniliforme</i> <i>F. avenaceum</i>	pšenica, rž, ječmen, oves	25 do 30 °C	Kostecki in sod. (1999) Schütt (2001)

*Optimalna temperatura in vlažnost za razvoj sta odvisni od vrste žita in vrste izolata.

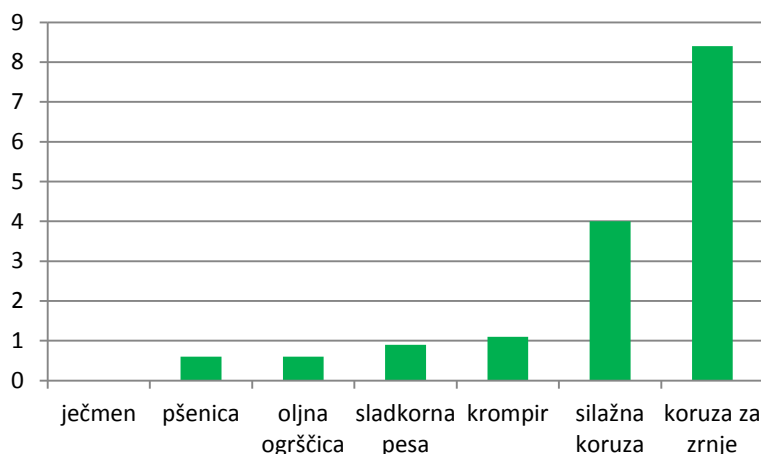
v. a. – vodna aktivnost, RZV – relativna zračna vlaga, DAS – diacetksiscirpenol, DON – deoksinivalenol, NEO – neosolaniol, NIV – nivalenol.

Po navedbah Magana in sod. (2002) glive *F. culmorum*, *F. poae* in *F. sporotrichoides* izločajo še mikotoksinom fuzarenon, *F. verticilloides* izloča fusarin C, *F. sambucinum* sambutoksin in gliva *F. oxisporum* mikotoksina vortmanin ter fuzarijsko kislino. Klas lahko okuži tudi gliva *Microdochium nivale*, vendar ta ne izloča mikotoksinov.

O pogojih za okužbo žit in razvoj gliv povzročiteljic FK je bilo opravljenih že mnogo raziskav. Windels (2000) navaja, da omogočajo močnejše okužbe s FG tudi padavine (dež, megla), visoka zračna vlažnost in primerne temperature v času cvetenja pšenice, setev občutljivih sort in naraščajoča minimalna obdelava tal, ki omogoča razvoj fuzarioz na žetvenih ostankih. Na jakost okužb pšenice s FG vplivata tudi predposevek (Sl. 5) in način obdelave tal. Do največjih okužb pšenice s FG je prišlo, kadar je bila opravljena direktna setev ali setev pšenice po minimalni obdelavi tal, predposevek pa je bila koruza, pšenica ali oljna ogrščica (Beyer in sod., 2006; Guo in sod., 2010).



Slika 4: Značilni znaki okužbe pšenice s *F. graminearum*
Figure 4: Typical symptoms of *F. graminearum* wheat infection



Slika 5: Primejava vpliva predposevka na relativno onesnaženost zrnja ozimne pšenice z DON-om (Miedaner, 2012: 38)
Figure 5: Comparison of the effect of previous crop on the relative DON contamination of winter wheat grain (Miedaner, 2012: 38)

2.3 POSLEDICE OKUŽB S FUZARIJSKIMI GLIVAMI NA ZRNJU PŠENICE

Okužba pšenice s FG povzroča neposredno in posredno ekonomsko škodo. Neposredno ekonomsko škodo predstavljata zmanjšana količina in kakovost pridelka. Pridelek zrnja je manjši zaradi manjših in/ali zakrnelih zrn z manjšo absolutno maso (AM) ter hektolitrsko maso (HM), zmanjšana sta tudi kalivost in življenjska sposobnost (vigor) semena. OMAFRA – Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (Cereals ..., 2015) navaja, da se pri 10 % okuženih klaskov količina pridelka zrnja lahko zmanjša za 10 %, močno zmanjšana pa je tudi uporabnost zrnja. Hollingsworth in sod. (2006) so ugotovili za 8,27 % večji pridelek pšenice zaradi opravljenega varstva pred FK, AM zrnja pa je bila v primerjavi z AM zrnja brez opravljenega varstva pšenice pred FK večja za 17,36 %.

Znanih je več primerov, ki dokazujejo gospodarsko škodo zaradi močnejših okužb pšenice s FG. V osrednjem in severnem delu Argentine so FK v zadnjih 60 letih zmanjšale pridelek v povprečju od 20 % do 50 %. Na Kitajskem je s FG okuženih več kot 7 milijonov hektarjev pšenice, ob močnejših okužbah pa se lahko skupni pridelek zrnja zmanjša tudi za milijon ton (Leonard in Bushnel, 2003). V ZDA so FK in okuženost zrnja z mikotoksini med leti 1998 in 2000 zmanjšale količino ter kakovost pridelka pšenice in ječmena v vrednosti 800 milijonov dolarjev, v letih od 1998 do 2002 pa v vrednosti 2,7 milijard dolarjev (Nganje in sod., 2004). Na Madžarskem so FK v letu 1998 zmanjšale pridelek v vrednosti 100 milijonov dolarjev (Mesterházy, 2003), v Sloveniji pa takih raziskav še nimamo opravljenih.

Na triletnem poskusu varstva pred FK (2006 do 2008) s pripravkom na podlagi aktivne snovi metkonazol je bil pridelek zrnja na škropljenih obravnavanjih v povprečju večji za 25,92 %, HM za 2,13 % in AM za 5,52 % (Blandino in sod., 2011). Natančnejša analiza pokaže, da je bil pridelek v letu 2008 pri škropljenih obravnavanjih na parcelah s slabšim potencialom za okužbo večji od 23 do 32 %, na parcelah z močnejšim potencialom za okužbo pa celo od 53 do 60 % v primerjavi s pridelkom na kontroli. Zrnje so analizirali po žetvi pšenice s parcelnim kombajnom Walter Wintersteiger. Do podobnih rezultatov so Blandino in sod. (2009) prišli tudi že v predhodnih raziskavah. Prav tako sta do podobnih ugotovitev prišla Ransom in McMullen (2008), saj sta ugotovila razliko v pridelku med 5 in 11 % pri slabši in od 27 do 44 % pri močnejši okužbi s FG v korist obravnavanja z opravljenim varstvom pšenice pred FK. Močnejše okužbe s FG lahko pridelek zrnja pšenice celo prepolovijo (Mesterházy, 2003). Miedaner (2012) poudarja, da v zrnju za prehrano ali krmo naj ne bi bilo več kot 5 % vidno okuženih zrn s FG. Gre za drobna zrna, nezadostno razvita zrna, obeljena zrna s topo površino in rdečkasto obarvana zrna. Tako lahko določimo približno 80 % okuženih zrn, saj je preostalih 20 % okuženih zrn brez vidnih znakov okužbe. Dodaja še, da če je odstotek okuženih zrn s FG pod 1 %, je stopnja onesnaženosti zrnja z DON-om pod 0,5 mg/kg. Če pa je odstotek okuženih zrn s FG med 2

in 5 %, je stopnja onesnaženosti zrnja z DON-om med 1,2 in 3,0 mg/kg zrnja. Pomen varstva pšenice pred FK za povečanje količine in kakovosti pridelka zrnja navajajo še mnogi drugi avtorji.



Slika 6: Oblika in velikost zrnja, okuženega s FG (zgornja vrsta), in zdravega zrnja (spodnja vrsta) (Miedaner, 2012: 72)

Figure 6: Shape and size of the FHB-infected (upper row) and healthy grains (lower row) (Miedaner, 2012: 72)

Posredna ekonomska izguba nastane z zmanjšanjem ali celo izgubo tržne vrednosti zrnja zaradi onesnaženosti z mikotoksini (Windels, 2000; Nganje in sod., 2004). Mikotoksini, strupeni presnovki, ki jih FG izločajo v zrnje, močno zmanjšujejo varnost hrane in živinske krme (Goswami in Kistler, 2004).

Mikotoksini, ki se pojavljajo v zrnju žit, so sekundarni presnovni izločki, imenovani tudi presnovki, gliv plesnivk iz rodov *Aspergillus*, *Penicillium* in *Fusarium*. Določenih je bilo že več kot 300 sekundarnih presnovkov omenjenih gliv, vendar jih ima le okrog 30 toksični učinek na ljudi in živali. Glive plesnivke, ki izločajo toksične presnovke, se lahko razvijajo na vlažnih pridelkih, še posebej žitih, ko je vodna aktivnost nad 0,6, ter na hrani in krmi. Mikotoksine izloča okrog 45 vrst *Aspergillus*, 75 vrst *Penicillium* in 25 vrst *Fusarium*. Vrste gliv iz rodov *Aspergillus* in *Penicillium* se razvijajo predvsem na skladiščnem zrnju in izločajo tako imenovane skladiščne mikotoksine, vrste gliv iz rodu *Fusarium* pa se razvijajo na zrnju v času rasti in dozorevanja zrnja ter v zrnje izločajo mikotoksine, ki jih imenujemo tudi poljski mikotoksini (Review ..., 2009; Sweeney in Dobson, 1998).

Glive iz rodu *Fusarium* v zrnju pšenice razgrajujejo beljakovine in škrob. S tem slabšajo tudi pekovske lastnosti moka, zato moka iz okuženega zrnja ni primerna za pekarsko industrijo (Sl. 7). Ker kruh iz take moka ne more normalno vzhajati, je precej nižji, tepkast. Boyacioglu in Hettiarachchy (1995) sta ugotavljala vpliv okužb pšenice s FG na vsebnost beljakovin, ogljikovih hidratov in maščob v zrnju. Pri manjšem številu okuženih zrn (do 4 %) razlik med okuženim in neokuženim zrnjem ni bilo, pri večjem odstotku okuženih zrn (20 %) pa je že prišlo do opaznih razlik pri proučevanih lastnostih zrnja. V okuženem zrnju se je povečala vsebnost beljakovin za 6 % in vsebnost maščob za 13 %, vsebnost ogljikovih hidratov, predvsem amiloze, celuloze in hemiceluloze, pa se je zmanjšala za

16,2 %. Do povečane vsebnosti beljakovin je prišlo predvsem zaradi razvoja micelija gliv *Fusarium* sp., ki vsebuje 42 % surovih beljakovin. Drugi razlog za povečanje vsebnosti beljakovin je odziv rastlin na patogena z razvojem obrambnega mehanizma rastlin, ki je sestavljen iz odpornostnih proteinov (Breiteneder in Radauer, 2004). Te novo nastale beljakovine so nekoristne, kar dokazuje tudi za 15 % manjša sedimentacijska vrednost okuženega zrnja. Do povečanega deleža maščob najverjetneje pride predvsem zato, ker glive za svoj razvoj porabljajo določene snovi v zrnju, maščob pa ne (Boyacioglu in Hettiarachchy, 1995). Povečan delež beljakovin zaradi okužb s FG na ječmenu pa so ugotovili Hollingsworth in sod. (2006).



Slika 7: Vpliv okuženosti zrnja s FG na peko kruha: zgoraj kruh iz zrnja, okuženega s FG, spodaj kruh iz zdravega zrnja (The Fusarium experience, 2003: 45)

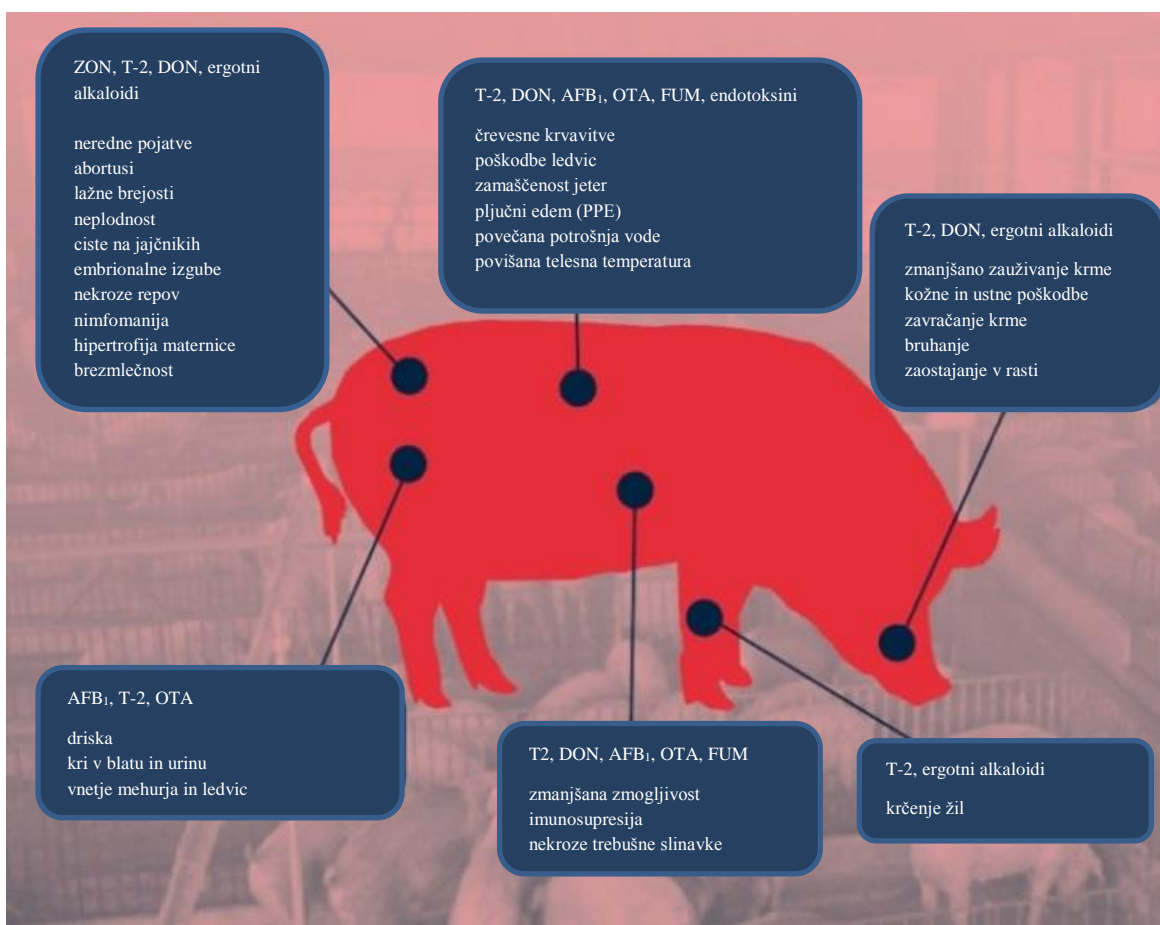
Figure 7: Effect of the FHB-infected grains on bread-baking; above: bread made of flour from the FHB-infected grains, below: bread made of flour from healthy wheat grains (The Fusarium experience, 2003: 45)

2.4 VPLIV MIKOTOKSINOV NA KAKOVOST HRANE IN KRME TER ZDRAVJE LJUDI IN ŽIVALI

Fusarium vrste v glavnem tvorijo mikotoksine, imenovane trihoteceni (tip A in tip B), zearelenon, fumonizine in moniliformin. K trihotecenom prištevamo več kot 100 različnih glivičnih presnovkov z zelo podobno kemično zgradbo. Imajo negativen vpliv na zdravje ljudi in živali, saj zmanjšujejo naravno odpornost in povzročajo različne vrste obolenj. Vplivajo na delitev celic predvsem v prebavnem traktu in koži ter delitev limfnih in eritroidnih celic. Negativni vpliv trihotecenov se kaže v odmiranju ustne sluznice in kože ter akutnih posledicah na prebavni trakt in kostni mozeg (Zain, 2010).

Mikotoksin DON je eden od mikotoksinov iz skupine trihotecenov tipa B, ki jih izločajo glive iz rodu *Fusarium*. Je najmanj nevaren, vendar najpogosteje prisoten mikotoksin v zrnju pšenice. DON izločata glivi *F. graminearum* (Bottalico, 1998; Kushiro, 2008, Miedaner, 2012) in *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. (Bottalico, 1998). Prvi so ga opisali Morooka in sod. (1972; cit. po Bryden, 2012), že kmalu po tem pa so ga Vesonder in sod. (1973) poimenovali mikotoksin bruhanja. DON zavira biosintezo proteinov v celicah evkariontskih organizmov (Rotter in sod., 1996; Opinion of the ..., 2007), kar ima velik negativen vpliv na zdravje ljudi in živali. Soborova (2010) še navaja, da DON povzroča slabost, bruhanje, drisko, bolečine v trebuhu, glavobol, vrtoglavico in vročino. Vpliva tudi

na reprodukcijsko sposobnost ljudi in živali. Negativni vpliv DON-a na zdravje ljudi in živali (akutna toksičnost, sinergistični učinki, citotoksičnost, vpliv na reprodukcijo, genotoksičnost, imunotoksičnost) so poleg Soborove (2010) opisali še nekateri drugi strokovnjaki (Desjardin, 2006; Leslie and Summerel, 2006; Surai in sod., 2009). Wolf-Hall in Schwarz (2002) navajata, da se majhen delež DON-a iz zaužite krme, onesnažene z DON-om, lahko prenese tudi v živalske proizvode, v pivovarski industriji pa lahko iz okuženih žit preide tudi v pivo. Posledica je čezmerno penjenje piva, varjenega iz okuženega zrnja.



Slika 8: Pregled najpomembnejših bolezni, ki jih mikotoksini povzročajo pri prašičih (MYCOFIX ..., 2013: 1)

Figure 8: Overview of the most significant diseases caused by mycotoxins in pigs (MYCOFIX ..., 2013: 1)

Zaradi velike vsebnosti DON-a (čez 2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$) v pšenici in pšeničnih izdelkih na Nizozemskem v letih 1998 in 1999 je bila napravljena ocena tveganja za DON v hrani in krmi za posamezno vrsto živali (Pieters in sod., 2001). Pri oceni tveganja so upoštevali dnevno zaužitje DON-a s hrano v višini 1,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ telesne teže. Zaradi škodljivosti mikotoksinov je na nivoju Evropske unije z regulativo (Mejne vrednosti ..., 2006) določena največja dovoljena vsebnost DON-a v zrnju in nekaterih žitnih izdelkih za prehrano ljudi

(Pregl. 2). Prav tako so določene najvišje dovoljene orientacijske vrednosti nekaterih mikotoksinov v proizvodih, namenjenih za krmo (Priporočilo komisije ..., 2006). Zrnje in žitni izdelki, kjer je najvišja dovoljena vsebnost DON-a ali ostalih mikotoksinov presežena, niso primerni niti za prehrano ljudi niti za živinsko krmo.

Preglednica 2: Mejne vrednosti mikotoksina DON v živilih (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 ..., 2006)
Table 2: Maximum DON mycotoxin levels in foodstuffs (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 ..., 2006)

2.4	Deoksinivalenol	Mejne vrednosti ($\mu\text{g}/\text{kg}$) SS
2.4.1	nepredelana žita, razen trde pšenice, ovsa in koruze	1250
2.4.2	nepredelana trda pšenica in oves	1750
2.4.3	nepredelana koruza	1750
2.4.4	žita, namenjena neposredni prehrani ljudi, žitna moka (vključno s koruzno moko ter finim in grobim koruznim zdrobom), otrobi kot končni proizvod, ki se daje v promet za neposredno prehrano ljudi, ter kalčki, razen živil iz točke 2.4.7	750
2.4.5	testenine (suhe)	750
2.4.6	kruh (vključno z majhnimi pekovskimi izdelki), pecivo, piškoti, prigrizki iz žita in žitni proizvodi za zajtrk	500
2.4.7	žitne kašice in otroška hrana za dojenčke ter majhne otroke	200

Soborova (2010) navaja, da se DON pojavlja celo v 90 % vzorcev hrane in živinske krme ter da na podlagi prisotnosti DON-a lahko sklepamo tudi na prisotnost nekaterih drugih mikotoksinov v hrani in živinski krmi. V pšenični moki se DON pojavlja pogosteje in v večjih koncentracijah kot ostali do sedaj znani mikotoksini (Schollenberger in sod., 2002). Ker s temperaturno obdelavo DON-a ne moremo popolnoma uničiti, lahko določeno količino tega mikotoksina zaužijemo tudi s pečenimi izdelki. Pacin in sod. (2010) so prišli do ugotovitve, da je bila vsebnost DON-a v pečenem kruhu v primerjavi z vsebnostjo DON-a v moki zmanjšana za od 33 % do 58,5 %. Lešnik (2008) navaja, da pri industrijski peki kruha (70 minut pri temperaturi od 195 do 235 °C) dosežemo povprečno 47,2-odstotno zmanjšanje vsebnosti DON-a v kruhu v primerjavi z vsebnostjo DON-a v moki.

Okuženost zrnja s FG ima velik vpliv tudi pri pridelavi semenske pšenice, saj okuženemu semenu zaradi onesnaženosti z DON-om močno pade kalivost (Sl. 9 in 10). Ismaiel in Pappenbrock (2015) navajata, da pri pšenici DON zmanjšuje kakovost semena. Slabša kakovost semena se odraža v slabši kalivosti, vitalnosti in vigorju semena ter počasnejši

rasti korenin in kalčka, lahko pa DON kalitev semena tudi popolnoma prepreči. Poleg zmanjšanega pridelka zaradi okuženosti semena s FG in onesnaženosti zrnja z DON-om so okuženo seme in iz njih zrastle ter čez čas propadle rastlinice tudi potencialni vir za nove okužbe v posevku.



Slika 9: Vpliv okužb s FG na kalitev semena: levo okuženo netretirano seme, desno tretirano seme s fungicidom na osnovi aktivnih snovi protiokonazol in tebukonazol (250 g/l + 150 g/l)

Figure 9: Effect of the FHB infections on grain germination; on the left: infected grains left untreated, on the right: grains treated with prothiconazole + tebuconazole fungicide (250 g/l + 150 g/l)



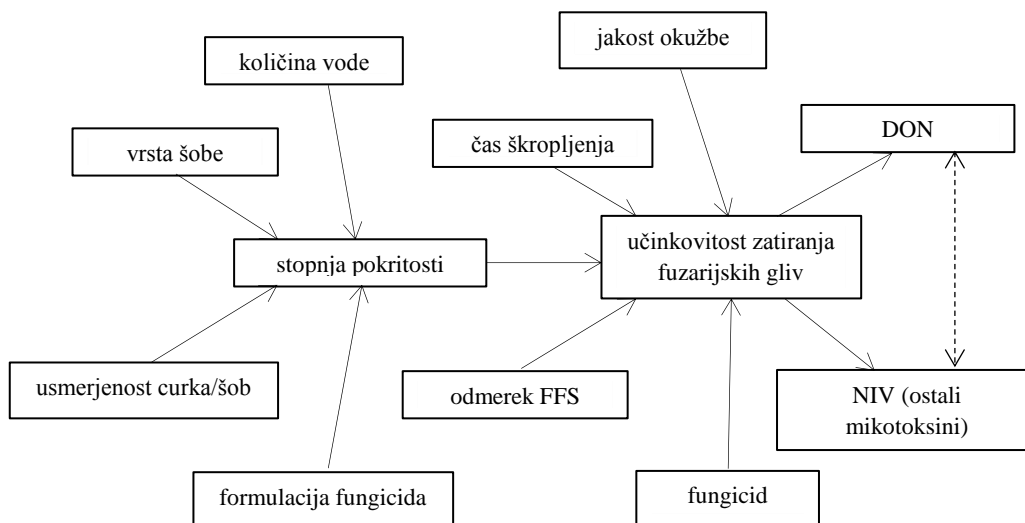
Slika 10: Vpliv okužbe semena s FG na razvoj korenin mlade rastlinice: levo okuženo netretirano seme, desno tretirano seme s fungicidom na osnovi aktivnih snovi protiokonazol in tebukonazol (250 g/l + 150 g/l)

Figure 10: Effect of the FHB grain infections on the root development in young plants: on the left: infected grains left untreated, on the right: grains treated with prothiconazole + tebuconazole fungicide (250 g/l + 150 g/l)

2.5 VARSTVO ŽIT PRED FUZARIOZAMI KLASA

Cilj varstva rastlin s FFS je zmanjšati izgubo količine in kakovosti pridelka zaradi negativnega vpliva plevelov, bolezni in škodljivcev na gojeno rastlino. Za uspešno varstvo rastlin s FFS moramo izbrati najprimernejši čas varstva in najprimernejše FFS ter zagotoviti optimalno pokritost ciljnega organizma s FFS. Upoštevati moramo morfologijo rastline, lastnosti ciljne površine, formulacijo pripravka, velikost kapljic, usmerjenost curka in lokacijo na rastlini, kjer okužbe ali škodljivci na rastlini povzročajo največjo škodo.

Okužbe pšenice s fuzarijsko pegavostjo klasa so čedalje močnejše, onesnaženost zrnja pšenice z DON-om pa čedalje večja. Možnosti za zmanjšanje okužb s FG in onesnaženost zrnja pšenice z DON-om sta predstavila Yuen in Schoneweis (2007), eden od načinov za uspešno varstvo pšenice pred FK pa je varstvo pšenice s fungicidi. Za uspešno varstvo pšenice pred FK s fungicidi moramo uskladiti kar nekaj dejavnikov. Natančneje so dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost zatiranja FG, prikazani na naslednji strani (Sl. 11).



Slika 11: Dejavniki, ki vplivajo na učinkovitost varstva pšenice pred FK in onesnaženost zrnja pšenice z mikotoksini (Parkin in sod., 2006: 5)

Figure 11: Interactions between the inputs and outputs involved in the control of FHB and mycotoxins in wheat (Parkin et al., 2006: 5)

2.5.1 Varstvo pšenice pred fuzariozami klasa s fungicidi

Ključni dejavnik pri preprečevanju epifitocij FK je pravočasna uporaba primernih fungicidov. Mesterházy (2011) celo navaja, da je prav uporaba fungicidov tudi ključni dejavnik za zmanjšanje onesnaženosti zrnja z mikotoksini. Odločitev o uporabi fungicidov za preprečevanje okužb s FG pa mora temeljiti predvsem na občutljivosti sorte na okužbo s

FG, načinu obdelave tal (brez obdelave, minimalna obdelava, oranje), kolobarju (predposevek korusa, žita, oljna ogrščica ali soja), učinkovitosti fungicida, času škropljenja s fungicidom, tipu šob, vremenskih razmerah (mokro in toplo vreme) in stroških varstva pred omenjeno boleznijo klasa.

Eden od dejavnikov za uspešno zatiranje FG, na katerega lahko vplivamo, je pravočasna uporaba fungicida. Blandino in sod. (2009) so zatirali FG v sredini cvetenja (BBCH 65). Prav tako naj bi bilo za uspešno zmanjšanje onesnaženosti klasa z mikotoksini primerno tudi dvakratno škropljenje v klas, z uporabo strobilurinskega fungicida pred cvetenjem in triazolnega fungicida v času cvetenja. Schneider in sod. (2009) pa so ugotovili, da je škropljenje pred cvetenjem ali po njem manj učinkovito kot škropljenje v času cvetenja pšenice. Osborne in Stein (2007) navajata, da je pšenica najobčutljivejša na okužbo s FG tik pred cvetenjem ali v začetku cvetenja, ko prašniki dozori. McMullen in sod. (1997) dodajajo, da lahko do okužb s FG pšenice pride tudi še ob koncu cvetenja. Lechoczki in Krsjak (2008) priporočata varstvo pred FK v času cvetenja, vendar pa mora biti opravljeno pred okužbo (preventivno). OMAFRA (Cereals ..., 2015) je natančnejša, saj kot optimalni čas uporabe fungicida za varstvo pšenice pred FK svetuje 2 do 4 dni po tem, ko se 75 % klasov na glavnem poganjku popolnoma izvije iz zastavičarja, kar je okvirno v razvojni fazi začetek cvetenja (BBCH 60–62). Ob neprimernih vremenskih razmerah za škropljenje v optimalnem času, npr. 6 dni poznejšem škropljenju od optimalnega časa, se učinkovitost najboljših fungicidov (Prosaro® in Caramba®) zmanjša za 50 %. S tem se strinjajo tudi Mesterházy in sod. (2003), Biandino in sod. (2009) ter Schneider in sod. (2009). Omenjeni avtorji še navajajo, da imajo najučinkovitejši fungicidi za varstvo žit pred FK največ do dva dni kurativnega delovanja in da dosežemo najboljše varstvo pšenice pred FK, če jo škropimo v začetku cvetenja, ko ob ugodnih vremenski razmerah prihaja do najmočnejših okužb. Po osebnih izkušnjah in navedbah Mesterházyja (2011) zagotavljajo učinkoviti triazolni pripravki, uporabljeni preventivno, do 3 tedne varstva pred FK, FFS na osnovi ostalih aktivnih snovi pa precej manj. Čas opravljenega varstva pred FK je pomemben tudi zaradi načina (kurativno ali preventivno) in dolžine delovanja (rezidualni učinek) izbranega fungicida.

Primerni fungicidi za zatiranje FG so fungicidi na osnovi aktivnih snovi iz skupin triazoli, imidazoli in triazolinthioni, ki zavirajo biosintezo ergosterola, najučinkovitejši pa so fungicidi na osnovi aktivnih snovi iz skupine triazolov. Pri uporabi neprimernih fungicidov (npr. pripravki na podlagi aktivnih snovi iz skupine strobilurinov) pa se lahko vsebnost mikotoksinov v pšenici celo poveča. Beyer (2006) je ugotovil, da so za zatiranje FG najučinkovitejše aktivne snovi tebukonazol, metkonazol in bromukonazol. Novejše raziskave na tem področju je opravil Mesterházy (2011), ki k omenjenim trem aktivnim snovem dodaja še protiokonazol, najnovejšo aktivno snov iz skupine triazolov. Z aktivnima snovema metkonazol in protiokonazol dosežemo tudi največje zmanjšanje

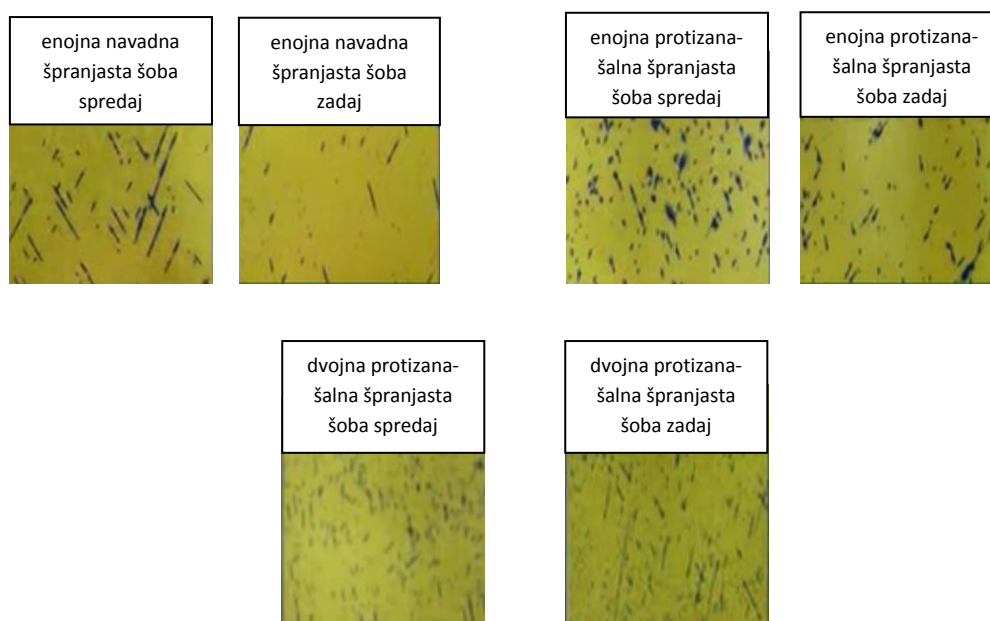
onesnaženosti zrnja pšenice z DON-om. Kot samostojna aktivna snov omogoča najboljše varstvo pred FK aktivna snov protiokonazol, med registriranimi pripravki pa fungicid na osnovi aktivnih snovi protiokonazol (125 g/l) in tebukonazol (125 g/l). Enako so že prej ugotovili tudi Hollingsworth in sod. (2006) ter Paul in sod (2008). Mesterházy (2011) pa še dodaja, da če je pri naravni okužbi na netretiranem delu onesnaženost zrnja z DON-om nad 10 mg/kg, potem tudi z varstvom ne moremo pričakovati zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pod 1,25 mg/kg zrnja.

Po navedbah različnih avtorjev lahko s pravočasno uporabo najboljšega fungicida onesnaženost zrnja pšenice z DON-om zmanjšamo tudi za od 80 % do 90 %. Mesterházy (2011) celo navaja od 89- do 98-odstotno učinkovitost zatiranja FG s pripravkom na osnovi aktivnih snovi protiokonazol in tebukonazol ob uporabi odbojne šobe Turbo Floodjet. Podobno so ugotovili tudi Lehoczki-Krsjak in sod. (2008). Pri zatiranju FG z omenjenim pripravkom so ugotovili v povprečju 91,7-odstotno zmanjšanje števila okuženih zrn s FG in 92,4-odstotno zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om. Blandino in sod. (2011) so opravili poskus s fungicidom na osnovi aktivne snovi metkonazol. Ugotavljali so delež okuženih klasov s FG in pri slabšem potencialu za okužbo pšenice ugotovili 55-odstotno učinkovitost, pri močnejšem potencialu za okužbo pa 81-odstotno učinkovitost zatiranja FG. V povprečju so z aktivno snovjo metkonazol zmanjšali onesnaženost zrnja z DON-om pri slabšem potencialu za okužbo s FG za 70 % in pri močnejšem potencialu za okužbo za 50 %.

Triazolni pripravki imajo le delno sistemično delovanje, saj se razporejajo po poškrpljenem rastlinskem organu (npr. po listu ali plevi), ne prehajajo pa iz listov v klas ali iz posameznega klaska v drugi klasek (Mauler-Machnik in Zahn, 1994). Zato je pri škropljenju v klas treba zagotoviti dober nanos fungicida na vsak posamezen klasek v klasu. Do podobnih zaključkov je prišel tudi Mesterházy (2011), saj je ugotovil, da je za učinkovito varstvo pred FK poleg uporabe najboljšega fungicida pomemben tudi dober nanos fungicida. Dober nanos pomeni dobro pokritost posameznega klaska s fungicidom, na pokritost klasa s fungicidom pa vpliva tudi hitrost vožnje med škropljenjem. Wolf in Caldwell (2004) navajata, da je pomanjkljivo varstvo pred FK zelo povezano z neprimerno aplikacijo fungicida na klas. Najpomembnejši dejavniki za učinkovito varstvo s FFS so tako uporaba najučinkovitejšega fungicida, optimalen čas in optimalna DHŠ ter izbira primernih šob. Pomembno je tudi dejstvo, da mora biti klasje v času škropljenja suho, da škropilna brozga ne bo odtekala. Škropivo se mora na klasu posušiti, zato v času škropljenja in vsaj eno do dve uri po škropljenju ne sme biti nobenih padavin (Cereals ..., 2015). Vsekakor zaradi stalnega izpopolnjevanja šob zahteva to področje vedno nove raziskave.

2.5.2 Pomen šob pri varstvu pšenice pred fuzariozami klasa

Za učinkovito varstvo žit pred FK moramo zagotoviti čim boljšo in izenačeno pokritost vsakega posameznega klasa s fungicidom, saj bodo pri slabi pokritosti neučinkoviti tudi najboljši fungicidi. Prvotne škropilne sisteme so razvili za varstvo vodoravno rastočih rastlinskih organov, zato s škropljenjem dosežemo njihovo dobro pokritost relativno enostavno. V preglednem članku so Gossen in sod. (2008) poskušali zbrati vse možnosti za izboljšanje nanosa FFS na klas pšenice in ostale pokončno rastoče organe različnih vrst rastlin, na katerih je še posebej težko doseči dobro in izenačeno pokritost s FFS. Prišli so do zaključka, da učinkovitost fungicidov in ostalih FFS lahko močno izboljšamo z optimiziranjem parametrov škropljenja, predvsem z velikostjo kapljic in usmeritvijo šob.



Slika 12: Odtisi kapljic na lističih, občutljivih na vodo, pri škropljenju z različnimi tipi šob (The Fusarium experience, 2003: 81)

Figure 12: Footprints of droplets on the water-sensitive paper depending on the type of nozzle used (The Fusarium experience, 2003: 81)

O pomenu kota škropilnega curka na pokritost klasa s fungicidom so poročali že Bryant in sod. (1984, cit. po Parkin in sod., 2006). Do konca prejšnjega stoletja so z najboljšimi tehnologijami škropljenja dosegali okrog 20-odstotno pokritost sprednje in okrog 10-odstotno pokritost zadnje strani klasa (Halley in sod., 1999). Prvotni škropilni sistemi so bili primerni predvsem za varstvo listja, ne pa pokončno rastočih rastlinskih organov.

Z vrtničnimi šobami, ki proizvajajo manjše kapljice, v večini primerov dosežemo boljšo pokritost klasa kot s šobami, ki proizvajajo ploski curek. Boljšo pokritost pokončno rastočih rastlinskih organov v primerjavi s konvencionalnimi metodami aplikacije FFS

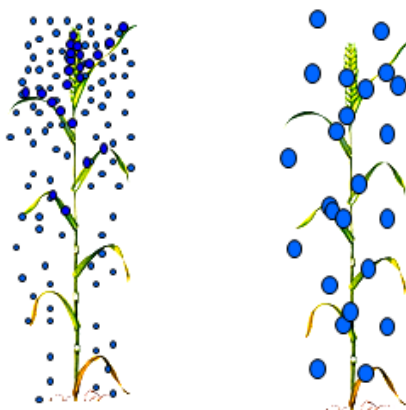
omogoča tudi kombinacija uporabe protizanašalnih špranjastih šob z dvojnimi ploskim curkom (en curek usmerjen naprej in drugi nazaj glede na smer vožnje). Kapljice, ki priletijo iz dvojnih špranjastih šob, lažje zadenejo vertikalno rastoče organe, imajo boljšo sposobnost prodiranja proti klasnemu vretenu in oprijemanja na klaske.

Za uspešno varstvo pred FK moramo uporabiti primerne šobe s primerno usmerjenim curkom. Z uporabo enojne špranjaste šobe, s curkom usmerjenim navzdol, je skupna pokritost klasa slaba, še slabša pa je izenačenost pokritosti klasa. Najboljšo pokritost klasa omogočajo dvojne špranjaste šobe, kjer je en curek usmerjen naprej, drugi pa nazaj glede na smer vožnje (Sl. 12). Razdalja med šobami in klasjem v času škropljenja pa mora biti čim manjša, vendar pa ne manjša, kot je navedena v navodilih za uporabo šob (Cereals ..., 2015). Ruden in sod. (2005, 2007) so ugotovili, da je za uspešno zatiranje FG enako kot pokritost zunanega dela klasa pomembno tudi prodiranje fungicida navzdol do klasnega vretena. Dobra pokritost vsakega posameznega klasa s primernim fungicidom je tako najpomembnejši dejavnik za uspešno varstvo žit pred FK. Boljša kot je pokritost posameznega klasa, večja je učinkovitost. OMAFRA (Cereals ..., 2015) navaja podatek, da če je pokritost z najboljšimi fungicidi 50 %, je njihova učinkovitost samo 30 %. Hooker in sod. (2004) navajajo, da lahko pri aplikaciji določenega fungicida z različnimi škropilnimi tehnikami pride do različne stopnje nanosa na klas in celo do trikratne razlike v učinkovitosti zatiranja FG. Pri aplikaciji s helikopterjem ali letalom namreč dosežemo le od 2- do 3-odstotno povprečno pokritost klasa. Z uporabo špranjastih šob z enojnim ploskim curkom lahko na sprednji strani klasa dosežemo od 10- do 30-odstotno, na zadnji strani pa le od 3- do 8-odstotno pokritost. Z uporabo šob Turbo FloodJet[®] pa lahko na obeh straneh klasa dosežemo od 30- do 40-odstotno pokritost. Podobno pokritost, kot jo navajajo za šobe Turbo FloodJet[®], so dosegli tudi s špranjastimi šobami, na škropilni letvi izmenično obrnjenimi naprej in nazaj glede na smer vožnje. Pri teh dveh vrstah škropilnih tehnik je bila pokritost enaka tako pri vozni hitrosti škropljenja 10 km/h kot tudi 19 km/h. Pokritost klasa so ugotavljali podobno kot mnogi drugi s pomočjo na vodo občutljivih lističev, zavrtih okrog klasa pšenice. Parkin in sod. (2006) pa navajajo, da pokritost in učinkovitost zatiranja FG pri šobah z enojnim ploskim curkom izboljšamo z usmeritvijo curka nekoliko nazaj glede na smer vožnje ali z uporabo šob z dvojnimi ploskim curkom.

Za oceno spektra velikosti kapljic uporabljamo tujo enoto VMD₅₀ (Volume Median Diameter), ki jo po slovensko imenujemo povprečni volumski premer (PVP) kapljic. Vrednost PVP je izražena v mikrometrih (µm) in pomeni, da so kapljice polovice izbrizgane tekočine večje od vrednosti PVP, kapljice preostale polovice izbrizgane tekočine pa manjše od vrednosti PVP. Pri kakovostnih šobah morajo biti sproščene kapljice velikosti ± 20 % od vrednosti PVP. Za oceno zanašanja je primernejši podatek količina (v odstotkih) kapljic manjših od 141µm. Te kapljice so najbolj podvržene

zanašanju. Večje kapljice so težje in zato tudi manj podvržene zanašanju (A Summary of ..., 2001).

Do zanimivih ugotovitev pri testiranju šob, ki proizvajajo različno velike kapljice, so prišli Krašovec in sod. (2010). S testiranjem treh različnih tipov šob proizvajalca Lechler® (standardna vrtnična šoba TR 80-03 C, standardna špranjasta šoba ST 110-03, injektorska špranjasta šoba IDK 120-03 C) in protizanašalne špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom AVI-TWIN 110-03 proizvajalca Albuz® so najboljšo povprečno pokritost klasa, 38-odstotno (46-odstotno sprednjega dela in 26-odstotno zadnjega dela klasa), dosegli s standardno vrtnično šobo TR 80-03 C. Domnevajo, da je to predvsem posledica stožčaste oblike curka in zelo majhnih kapljic, ki jih proizvaja omenjena šoba. Stožčasti curek dobro omoči klas z vseh strani, prav tako pa majhne kapljice (PVP 100 do 200 μm), ki jih proizvajajo šobe TR 80-03 C, omogočajo boljšo pokritost kot večje kapljice. Poskus so opravil v idealnih vremenskih razmerah za škropljenje in pri zelo majhni vozni hitrosti škropljenja, 4,1 km/h. Za škropljenje pri večji vozni hitrosti in slabših vremenskih razmerah pa vseeno priporočajo uporabo protizanašalne špranjaste šobe z dvojnimi ploskim asimetričnim curkom AVI-TWIN 110-03. Po navedbah Lešnika (2007) je namreč pri šobah, ki tvorijo zelo majhne kapljice (PVP pod 144 μm), podvrženih morebitnemu zanašanju izven ciljne površine kar od 50 do 60 % kapljic, pri šobah z majhnimi kapljicami (PVP 144 do 235 μm) pa je takih kapljic med 20 in 50 %.



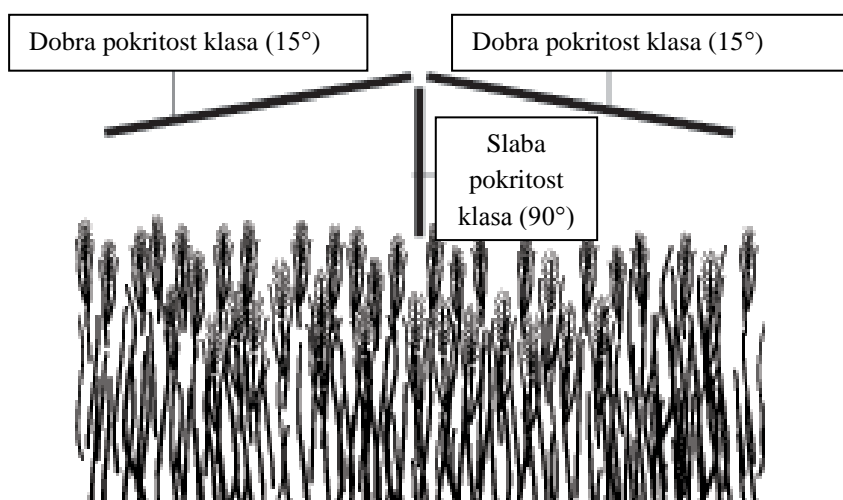
Slika 13: Vpliv velikosti kapljic na pokritost pšenice s škropilno brozgo. Levo kapljice s PVP 200 μm , desno kapljice s PVP 400 μm (Friesleben, 2005: 14)

Figure 13: Effect of droplet size on the coverage of wheat with spray mixture; on the left: volume median diameter of droplets – 200 μm , on the right: VMD – 400 μm (Friesleben, 2005: 14)

Zaradi potrebe po čim večji ekonomičnosti pridelave poljščin in skrbi za zmanjšano zanašanja FFS izven ciljne površine danes več ne sme biti vprašanja uporaba protizanašalnih šob da ali ne. Vse raziskave o nanosu FFS na rastlino s škropljenjem morajo biti usmerjene v smer optimizacije nanosa FFS z uporabo protizanašalnih šob.

Ugotoviti moramo, katere protizanašalne šobe so najprimernejše za doseg dobre pokritosti klasa ob aplikaciji pri določeni vozni hitrosti škropljenja.

Natančno raziskavo pomena nanosa FFS na klas pšenice s takrat razpoložljivimi šobami so opravili tudi Mesterházy in sod. (2006) ter Lechoczki-Krsjak in sod. (2008). Ugotavljali so učinkovitost zatiranja FG na manjših poskusnih parcelah, škropljenih z nahrbtno škropilnico, in na večjih površinah, škropljenih s traktorskimi škropilnicami. V obeh primerih so prišli do podobnih ugotovitev. V poskus je bilo vključenih 9 različnih fungicidov, škropljenih s 4 različnimi vrstami šob. Povprečna učinkovitost zatiranja FG (zmanjšanje št. okuženih klaskov) vseh 9 fungicidov je bila pri šobah AIC TeeJet in TeeJet XR 60-odstotna. S šobami Turbo TeeJet Duo so dosegli 70-odstotno in s šobami Turbo FloodJet® 80-odstotno učinkovitost zatiranja FG. Vožna hitrost škropljenja je bila med 7 in 8 km/h, poraba vode pa 250 L/ha. Čeprav so se šobe Turbo FloodJet® pokazale kot najprimernejše za zatiranje FG, so na neravnem terenu prav pri teh šobah dobili zelo neizenačeno učinkovitost.



Slika 14: Vpliv kota škropilnega curka na pokritost klasa (Cereals ..., 2015: 1)
Figure 14: Effect of spraying angle on the head coverage (Cereals ..., 2015: 1)

S šobami Turbo FloodJet® (Sl. 15) dosežemo najboljše rezultate, če je razdalja v času škropljenja med šobami in klasjem od 20 do 30 cm. S škropljenjem nad in pod to višino pa učinkovitost močno pada. Bolj prilagodljive neravnim tlom so šobe z dvojnimi ploskim curkom. Kljub različni učinkovitosti fungicidov so pri vseh šobah dosegli najboljšo povprečno učinkovitost s fungicidom Prosaro® v odmerku 1 L/ha. Tudi Mesterházy in sod. (2006) ter Lechoczki-Krsjak in sod. (2008) so ugotavljali izenačenost nanosa oz. pokritost klasa s fungicidom ob škropljenju s pomočjo na vodo občutljivih lističev, ki je najbolj razširjena metoda za ugotavljanje pokritosti rastline s FFS.



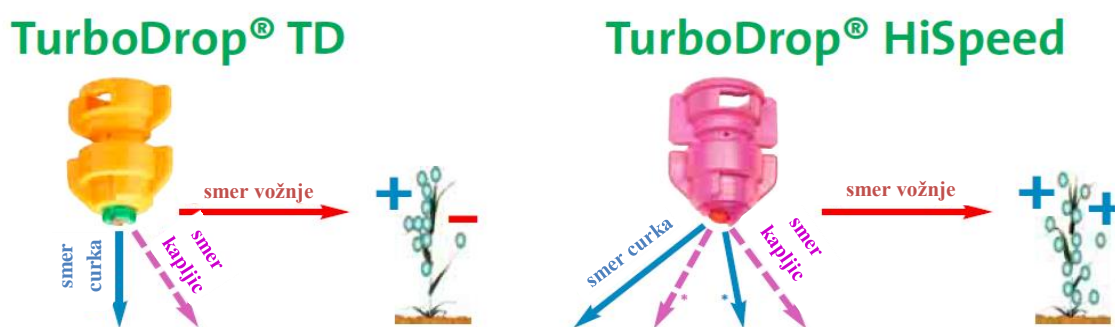
Slika 15: Šoba Turbo FloodJet® 2 (levo) in oblika curka, ki ga ta šoba proizvaja (Turbo FloodJet® ..., 2015)
Figure 15: Turbo FloodJet® 2 nozzle (on the left) and its spray pattern (Turbo FloodJet® ..., 2015)

Vajs in sod. (2008) so ugotavljali vpliv velikosti kapljic na pokritost klasa s FFS in učinkovitost zatiranja FG. Preizkušali so navadne in protizanašalne špranjaste šobe. Najboljšo pokritost klasa so dosegli s šobami Albus API 110-03 (PVP 170 μm), najslabšo pa s šobami Lechler IDK 120-03. Prišli so do ugotovitve, da z uporabo šob z enojnim ploskim curkom dosežemo z manjšimi kapljicami boljšo pokritost klasa kot z večjimi. To se je odrazilo tudi v učinkovitosti zatiranja FG pšenice. Večjo učinkovitost zatiranja FG so dosegli pri uporabi navadnih (manjše kapljice) kot pri uporabi protizanašalnih špranjastih šob (večje kapljice). Z uporabo protizanašalnih špranjastih šob z dvojnimi ploskimi curki Agrotop DF 110-015 (curek naprej in nazaj pod kotom 30°) pa so Marshal in sod. (2000) močno izboljšali tako pokritost klasa kot tudi učinkovitost zatiranja FG. Navajajo tudi, da so v primerjavi s kontrolo dosegli največje povečanje pridelka na obravnavanju, kjer so uporabili protizanašalne špranjaste šobe z dvojnimi ploskimi curki Agrotop DF 110-015 pri povečani hitrosti vožnje (16 km/h) in zmanjšani porabi vode (110 L/ha).

Mesterházy (2011) je primerjal pokritost klasa s fungicidom ob uporabi šob Turbo FloodJet® in TeeJet® XR. Z analizo na vodo občutljivih lističev je pri šobah TeeJet® XR ugotovil na sprednjem delu klasa 35-, na desni strani 18-, na levi 15- in na zadnji strani klasa samo 8-odstotno pokritost. S šobami Turbo FloodJet® je dosegel precej višjo pokritost, saj je bila pokritost na sprednji strani klasa 52-, na desni strani 37-, na levi strani 36- in na zadnji strani klasa 22-odstotna. Z uporabo šob TeeJet® XR je dosegel povprečno 12- in z uporabo šob Turbo FloodJet® 37-odstotno povprečno pokritost klasa s fungicidom. Prav tako je prišel do ugotovitve, da z uporabo šob Turbo FloodJet® dosežemo večjo učinkovitost zatiranja FG in posledično manjšo onesnaženost zrnja pšenice z DON-om kot z uporabo šob TeeJet® XR.

Pokritost klasa ob uporabi različnih šob so ugotavljali tudi Villalba in sod. (2011). Primerjali so pokritost klasa s fungicidom pri uporabi protizanašalnih špranjastih šob AI 11002, navadnih špranjastih šobo XR 11002 in šob z dvojnimi ploskimi curki TJ60 8002 (proizvaja kapljice PVP 136 do 177 μm). Vozna hitrost škropljenja je bila 8 km/h, delovni tlak škroplilnice 3 bare, porabljena količina vode za škropljenje pa 118,5 L/ha. Najboljšo pokritost klasa so dosegli s šobo TJ60 8002, pokritost pa je bila večja za 50 % kot pri ostalih dveh šobah.

Večletna preizkušanja so pokazala, da je pokritost klasa s fungicidom pri večini šob skoraj enaka pri vozni hitrosti škropljenja 9,5 km/h in 19 km/h. Hitrost vožnje ni odločilen dejavnik niti za dobro pokritost klasa s fungicidom niti ne vpliva na razvrstitev šob (Cereals ..., 2015). Na stopnjo pokritosti vpliva tudi porabljena količina vode. Derksen in sod. (2012) so ugotovili boljši nanos na pšenični klas in list zastavičar pri porabi večje količine vode. McMullen in sod. (1999) pa so ugotovili, da če podvojimo porabo vode na hektar, se podvoji tudi stopnja pokritosti klasa, delež okuženih klasov s FG pa se zmanjša za 50 %. Vendar ob dobri aplikacijski tehnologiji pri zatiranju FG ne smemo preseči porabe vode 200 L/ha (Cereals ..., 2015). Pri škropilnicah s šobami Turbo FloodJet® je najprimernejša višina šob v času škropljenja približno 30 cm nad klasjem pšenice, pri škropilnicah z dvojnimi ploskimi šobami pa je primerna višina šob v času škropljenja pšenice 50 cm nad klasjem. Če se razdalja med škropilnimi letvami in klasjem pšenice v času škropljenja povečuje, se pokritost klasa s fungicidom zmanjšuje. Če se višina škropljenja podvoji, se pokritost klasa s fungicidom prepolovi.



Slika 16: Prikaz nanosa škropilne brozge na rastlino s pomočjo navadne špranjaste šobe TurboDrop® TD (levo) in špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom TurboDrop® HiSpeed 110 03 (desno) (TurboDrop® ..., 2016)

Figure 16: Spray mixture deposition on a plant when spraying with a TurboDrop® TD standard flat fan nozzle (on the left) compared to a TurboDrop® HiSpeed 110 03 asymmetric double flat fan nozzle (on the right) (TurboDrop® ..., 2016)

Izboljšanje aplikacijske tehnologije bo izboljšalo tudi učinkovitost varstva rastlin pred boleznimi in škodljivci. Glede na vse lahko pri zatiranju FG šobe razdelimo na dve skupini: primerne in preostale. Primerne šobe omogočajo dober nanos FFS na sprednjo in zadnjo stran klasa, dobro ter izenačeno pokritost klasa pa omogočajo pri manjših in večjih hitrostih (10–20 km/h) DHS (Cereals ..., 2015). Za uspešno zatiranje FG pri večjih delovnih hitrostih škropljenja podjetje Agrotop priporoča uporabo šob z dvojnimi asimetričnim curkom, TurboDrop® HiSpeed 110 03, vendar znanstvenih raziskav za zatiranje FG s to šobo še ni bilo opravljenih.

3 MATERIAL IN METODE RAZISKOVANJA

3.1 ZASNOVA POSKUSA

V letih 2011 in 2012 smo izvedli poskus škropljenja v klas s šobo TurboDrop® HiSpeed 110 03. Primerjali smo vpliv treh različnih delovnih hitrosti škropljenja (DHŠ) v klas na pokritost klasa s škropilno brozgo (pokritost klasa) in učinkovitost zatiranja FG (Pregl. 3). Da bi pri vsaki DHŠ porabili enak odmerek FFS (1 L/ha), smo imeli pri vsaki DHŠ v škropilni brozgi drugačno koncentracijo FFS. Tlak škropljenja pri vseh DHŠ je bil enak in je znašal 5 barov.

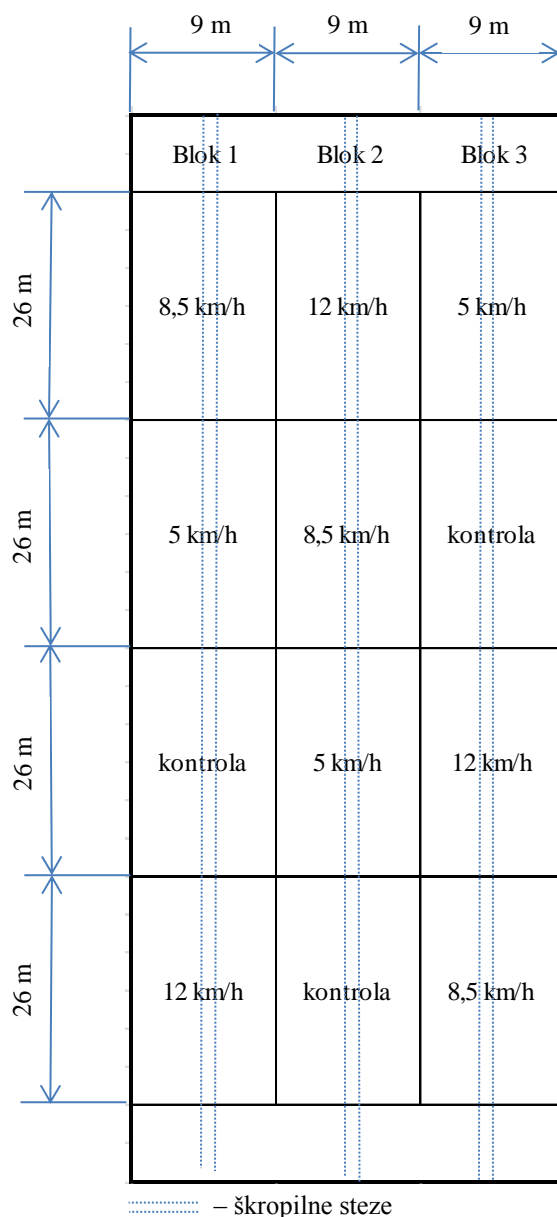
Preglednica 3: Delovne hitrosti škropljenja, porabljena količina škropilne brozge/ha in koncentracija FFS v škropilni brozgi pri posamezni DHŠ

Table 3: Different spraying speeds studied in the trial, amount of spray mixture/ha and concentration of PPP in the spray mixture according to individual spraying speeds

Obravnavanja (DHŠ)	Količina škropilne brozge (L/ha)	Koncentracija FFS za odmerek 1 L/ha (%)
Kontrola	0	0
5 km/h	360	0,28
8,5 km/h	215	0,47
12 km/h	150	0,67

Poskusna zasnova so bili slučajni bloki s tremi ponovitvami (Sl. 17). Dolžina posameznega bloka je bila 104 m, širina 9 m, velikost posamezne poskusne parcelice pa je znašala 26 m x 9 m. Na začetku in na koncu posamezne parcelice, škropilnih poteh in na robovih posameznih poskusnih parcelic smo upoštevali robni pas, ki ga nismo niti vključili v ocenjevanje na polju niti ga nismo poželi za tehtanje pridelka in nadaljnjo analizo zrnja.

Shemo poskusa (Sl. 17) z vrisanimi škropilnimi stezami smo prikazali na naslednji strani.



Slika 17: Shema poskusa z vrisanimi škropilnimi stezami
 Figure 17: Trial design with spraying paths

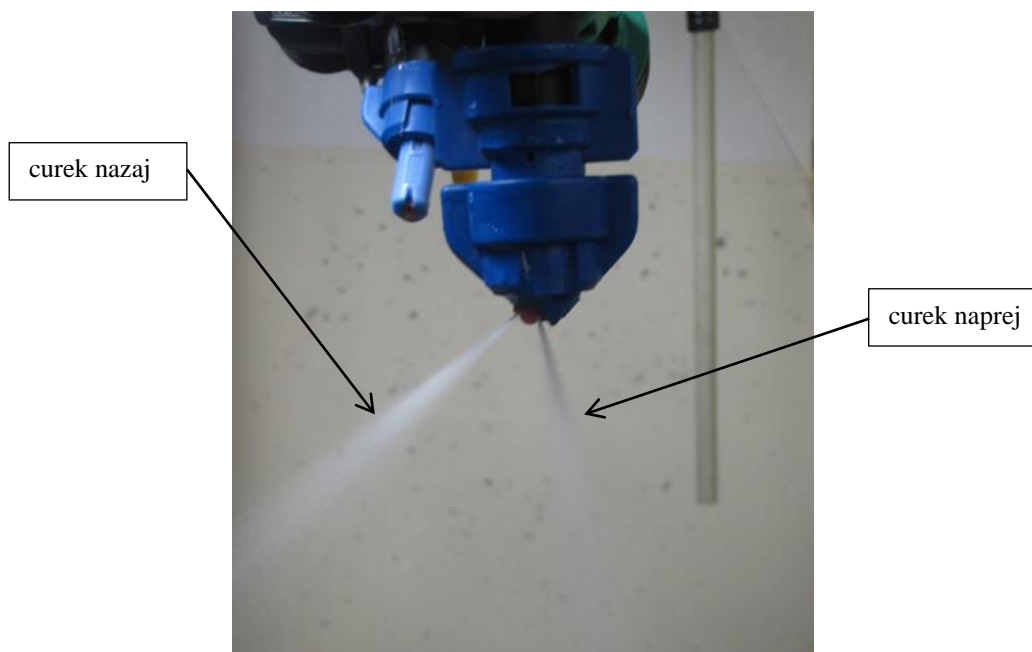
3.2 VRSTA ŠOB, UPORABLJENIH NA POSKUSU

Za škropljenje v klas smo uporabili protizanašalne špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom TurboDrop® HighSpeed 110 03 podjetja Agrotop. Tehnični podatki za škropljenje v klas z omenjeno šobo so navedeni v preglednici 4. Po klasifikaciji ASAE/BCPC (The American Society of Agricultural Engineers/British Crop Protection Council) spadajo kapljice s PVP 340 µm med srednje velike kapljice. Optimalni tlak za škropljenje s šobo TurboDrop® HiSpeed 110 03 je od 4 do 8 barov.

Preglednica 4: Tehnični podatki za škropljenje v klas s šobo TurboDrop® HiSpeed 110 03 (TurboDrop® ..., 2015)

Table 4: Technical specifications for the TurboDrop® HiSpeed 110 03 nozzle head-spraying (TurboDrop® ..., 2015)

Tlak škropljenja (bar)	Pretok ene šobe (L/min)	Povprečni volumski premer kapljic (μm)	Kot curka ($^{\circ}$)		Vertikalna razdalja do klasov (cm)
			50	10	
5	1,55	340	50	10	50



Slika 18: Koti curkov pri šobi TurboDrop® HiSpeed 110 03
Figure 18: TurboDrop® HiSpeed 110 03 nozzle spraying angles

3.3 ŠKROPILNA TEHNIKA

3.3.1 Traktor

Za škropljenje smo uporabili traktor Fendt 208 S s 60 kW imenske moči (Sl. 19). Masa praznega traktorja znaša 3300 kg. Za škropljenje s tem traktorjem smo se odločili, ker ima vgrajen sinhronski menjalnik veliko število prestavnih stopenj in je lažje nastaviti želeno hitrost traktorja v sorazmerju z vrtilno frekvenco priključne gredi ter tlakom škropljenja. Za izvedbo škropljenja smo prednje in zadnje široke pnevmatike zamenjali z ožjimi. Na sprednji osi smo imeli pnevmatike brez zračnice z oznako 9,5 R24 in tlakom 1,6 bara. Na zadnjo os smo namestili radialne pnevmatike brez zračnice z oznako 230/95 R40 in tlakom 1,6 bara. Kolotek traktorja je bil spredaj 149 cm, zadaj pa 150 cm.

Pri škropljenju smo uporabili ekonomsko priključno gred (750 E). Tako smo lahko škropili z manjšo vrtilno frekvenco motorja in posledično dosegli manjšo porabo gorivo. Vrtilna frekvenca motorne gredi je pri DHŠ 5 km/h znašala 1400 vrtljajev/min (prestava 1S), pri DHŠ 8,5 km 1480 vrtljajev/min (prestava 2S) in pri DHŠ 12 km/h 1600 vrtljajev/min (prestava 3M).

Za določitev natančne DHŠ smo na njivi, na kateri smo izvedli poskus, najprej izmerili in označili 100 m dolgo škropilno pot. Nato smo izmerili čas, ki smo ga za DHŠ 5,0 km/h, 8,5 km/h in 12,0 km/h potrebovali, da smo s traktorjem prevozili izmerjeno razdaljo 100 m (Pregl. 5). Meritve smo izvajali toliko časa, da smo dosegli zelen čas in s tem hitrost pri škropljenju. Za potrditev vsake DHŠ smo izvedli tri ponovitve merjenja hitrosti in tako dosegli dejanske DHŠ 5,0 km/h \pm 0,1 km/h, 8,5 km/h \pm 0,1 km/h in 12,0 km/h \pm 0,2 km/h. Iz variabilnosti rezultatov meritev časa za posamezno DHŠ smo pridobili tudi podatek o odstopanju od zelene DHŠ $v \pm$ km/h. Vrtilna frekvenca motorne gredi pri DHŠ 5,0 km/h je znašala 1400 vrtljajev/min (prestava 1S), pri DHŠ 8,5 km 1480 vrtljajev/min (prestava 2S) in pri DHŠ 12,0 km/h 1600 vrtljajev/min (prestava 3M). Hitrost na traktometru je bila nekoliko večja od dejanske.

Celotno parcelo posamezne ponovitve smo poškopili s konstantno hitrostjo za proučevano obravnavanje. Da smo lahko v času škropljenja dosegli konstanto DHŠ za posamezno obravnavanje, smo zeleno DHŠ za določeno obravnavanje pridobili že pred posamezno ponovitvijo.

Preglednica 5: Meritev časa in določitev hitrosti škropljenja na 100 m dolgi škropilni poti

Table 5: Time measurement and spraying speed setting on the 100 m spraying path

Pot (m)	Čas (s)	DHŠ (m/s)	Delovna hitrost škropljenja (km/h)	Hitrost na traktometru (km/h)
100	72,0	1,39	5,0	5,2
100	42,4	2,36	8,5	8,8
100	30,0	3,33	12,0	12,3

3.3.2 Škropilnica

Škropljenje smo opravili z nošeno traktorsko škropilnico AGS 600 EN z imenskim volumnom rezervoarja 600 L proizvajalca Agromehanika. Čeprav lahko s škropilnico škropimo 12 m delovne širine, smo v poskusu škropili samo z 9 m delovne širine. Ker ima škropilnica trojne nastavke za šobe, smo zadnje tri šobe na vsaki strani lahko zaprli.



Slika 19: Traktor Fendt 208 z nošeno traktorsko škropilnico AGS 600 EN
Figure 19: Fendt 308 with an AGS 600 EN tractor-mounted sprayer

Pretok škropilne brozge po sistemu škropilnice omogoča vgrajena nizkotlačna batno-membranska črpalka tipa BP 105. Črpalka je primerna za prečrpavanje škropilne brozge in tekočih gnojil, ki se uporabljajo v kmetijstvu (Pregl. 5). Menjavo olja se svetuje po 300 urah obratovanja.

Preglednica 6: Tehnični podatki za batno-membransko črpalko BP 105 (Nošene traktorske ..., 2001)
Table 6: Technical specifications for the BP 105 piston diaphragm pump (Nošene traktorske ..., 2001)

Tehnični podatek	Vrednost
Pretočna količina (l/min)	104
Delovni tlak max. (bar)	20
Št. vrtljajev max. (o/min)	550
Potrebna moč (kW)	4
Število tlačnih membran (kos)	3
Teža (kg)	12,3
Motorno olje SAE 30 W (l)	0,7

Škropilna garnitura (škropilne letve, cevi, šobe, nastavki za šobe) je opremljena s trapeznim sistemom za prilagajanje garniture konfiguraciji terena, varovalnim mehанизmom, popolno zaščito šob in bajonetnimi šobami z membranskim protikapnim sistemom. Štiritočkovni trapezni sistem omogoča normalno delovanje tudi pri nagibu terena do 5°.

Škropilna garnitura visi vpeta preko dvigalko na natezni vzmeti, ki blaži vertikalna nihanja. Dvigovanje in spuščanje škropilne garniture lahko opravimo z ročno dvigalko, ki je trdno vpeta na ogrodje škropilnice. Mehka vertikalna nastavitve višine šob se izvede preko vertikalnih vodil s štirimi koleščki. Škropilnica ima hidravlično zapiranje škropilnih letev, razmik med šobami na škropilnih letvah pa znaša 50 cm.

3.4 ŠKROPLJENJE V KLAS

3.4.1 Čas škropljenja in vremenske razmere v času škropljenja

Pšenica (sorta Isengrain) je dosegla razvojno fazo konec klasenja (BBCH 59) v obeh letih 20. maja (preglednica 6). Škropljenje v klas na proučevanih obravnavanjih pa smo opravili v razvojni fazi pšenice BBCH 61 (začetek cvetenja). V letu 2011 je bil začetek cvetenja pšenice 23. maja in konec 2. junija, v letu 2012 pa je bil začetek cvetenja pšenice 25. maja in konec 5. junija. Škropljenje smo opravili popoldne, v letu 2011 24. maja, v letu 2012 pa 26. maja. Leta 2011 je bila povprečna dnevna temperatura 22,2 °C, leta 2012 pa 15,2 °C.

Preglednica 7: Razvojne faze pšenice, pomembne za okužbo s FG
Table 7: Wheat development stages, important for the FHB infections

Leto	Konec klasenja (BBCH 59)	Začetek cvetenja (BBCH 61)	Konec cvetenja (BBCH 69)
2011	20. maj	23. maj	2. junij
2012	20. maj	25. maj	5. junij

Preglednica 8: Vremenske razmere v času škropljenja (ARSO, 2015)
Table 8: Weather conditions at spraying time (ARSO, 2015)

Leto	Datum škropljenja	Temperatura v času škropljenja	Povprečna RV v času škropljenja (%)	Hitrost vetra v času škropljenja (m/s)	Zadnje padavine pred škropljenjem (datum; mm)	Prve padavine po škropljenju (datum; mm)
2011	24. maj	25 °C	47 %	< 1 m/s	16. maj; 47,7	25. maj; 5,6
2012	26. maj	20 °C	41 %	< 1 m/s	25. maj; 1,7	28. maj; 0,3



Slika 20: Priprava na škropljenje v klas na poskusu v letu 2011

Figure 20: Preparation for spraying in the 2011 trial

3.4.2 Fungicid za škropljenje v klas

Za zatiranje FG in ostalih boleznih v času škropljenja v klas smo uporabili sistemski fungicid Prosaro[®]. Prosaro[®] vsebuje dve aktivni snovi: 125 g/L protiokonazola in 125 g/L tebukonazola. Aktivna snov (a. s.) protiokonazol spada v skupino triazolintionov, a. s. tebukonazol pa v skupino triazolov. Obe aktivni snovi zavirata pri glivah demetilacijske procese v procesu biosinteze sterolov. Fungicide s takšnim načinom delovanja imenujemo zaviralci demetilacije, s kratico DMI (DMIs – demethylation inhibitors). Fungicidi, zaviralci demetilacije, so učinkoviti pri zatiranju številnih rastlinskih boleznih, zato jih uporabljamo za varstvo skoraj vseh gojenih rastlin po vsem svetu.

Fungicid Prosaro[®] je v evropskih državah standard za zatiranje FG in ostalih boleznih žit. Deluje preventivno in kurativno. Za uspešno zatiranje FG ga moramo uporabiti po sklasi pšenice (BBCH 59), preventivno ali pa najpozneje 2 dni po okužbi. Pri poznejši uporabi bo še zmeraj zmanjšal potencialno onesnaženost zrnja z DON-om, vendar pa bo uspešnost slabša. Po rastlini se, kot večina ostalih sistemskih fungicidov, prenaša po ksilemu, zato je potrebna dobra omočenost s škropilno brozgo tudi nižjih oz. delov pšenice bližje stebelu (spodnji deli klaskov, klasno vreteno, listna osnova ...).

Navpična razdalja med šobami in pšeničnimi klasi v času škropljenja je bila 50 cm.

3.5 LOKACIJA POSKUSNEGA POLJA

Poljski poskus škropljenja smo izvedli na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, 46°03' severne geografske širine in 14°31' vzhodne geografske dolžine, na nadmorski višini 298 m. Zaradi dobre kmetijske prakse in upoštevanja načrtovanega kolobarjenja na njivah smo izvedli poskus vsako leto na drugi njivi. Poskusni njivi sta bili medsebojno oddaljeni približno 150 m. Predposevek na obeh poskusnih njivah je bila v obeh letih semenska koruza za zrnje. Tehnologija pridelave predposevka je bila v obeh letih enaka, prav tako je bila v obeh letih enaka tehnologija pridelave pšenice na poskusnem polju.

3.6 AGROTEHNIČNA DELA NA POSKUSNI PARCELI

3.6.1 Analiza tal pred setvijo pšenice

Pred pripravo tal za setev smo na obeh poskusnih parcelah napravili analizo tal. Iz predhodnih analiz smo vedeli, da tla na poskusnih parcelah vsebujejo 30 % glin in da jih uvrščamo med težka tla. Zato smo opravili še analizo za ugotovitev pH tal, založenosti tal s fosforjem in kalijem ter količine organske snovi in ogljika v tleh. Vzorce tal smo odvzeli s sondo za jemanje vzorcev tal diagonalno na njivi do globine 30 cm (Pregl. 8).

Preglednica 9: Rezultati analize vzorcev tal, odvzetih pred setvijo pšenice v letih 2011 in 2012
Table 9: Analysis results for the soil samples taken before the wheat sowing in 2011 and 2012

Osnovna analiza tal	Parcela v letu 2011	Parcela v letu 2012
Datum odvzema vzorca	8. 8. 2011	21. 8. 2012
Globina odvzema vzorca (cm)	0–30	0–30
pH v CaCl ₂	7,1	6,9
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	8,3	13,4
K ₂ O (mg/100 g)	15,6	17,8
Organska snov (%)	3,6	3,8
C (%)	2,1	2,2
Dodani odmerki hranil z mineralnimi gnojili (kg/ha)		
N	203,75*	203,75*
P ₂ O ₅	150	150
K ₂ O	180	180
S	54	54
MgO	35,6	35,6

* 50 kg za razkroj koruznice pred oranjem, 150 kg v treh odmerkih za dognojevanje, 3,75 kg dodano kot listno gnojilo

Glede na reakcijo tal so tla na obeh poskusnih parcelah nevtralna. Analiza vzorca tal s poskusne parcele, kjer smo sejali pšenico jeseni 2011, je pokazala srednjo preskrbljenost tal (razred B) s fosforjem in kalijem, analiza vzorca tal s poskusne parcele, kjer smo sejali pšenico jeseni 2012, pa je pokazala dobro preskrbljenost tal s fosforjem (razred C) in srednjo preskrbljenost s kalijem (razred B). Pri obeh vzorcih tal smo ugotovili podobno vsebnost organske snovi v tleh, tla na obeh poskusnih parcelah pa glede na založenost z organsko snovjo prištevamo med humozna tla (Mihelič in sod., 2010). Podobna je bila tudi reakcija tal, saj je vrednost pH znašala 7,1 in 6,9.

3.6.2 Obdelava tal in gnojenje pred setvijo

Po žetvi predposevka koruze za zrnje smo najprej koruznico zmulčili z mulčerjem kladivarjem, tip INO 225, pognojili s 50 kg dušika/hektar (N/ha) kot hrano mikroorganizmom za hitrejši razkroj koruznice in njivo preorali z dvobrazdnim obračalnim plugom s trakastimi plužnimi deskami VariOpal 5 (2 N 100). Pred osnovnim gnojenjem smo brazdo poravnali z enkratnim prehodom z vrtavkasto brano ZIRKON 7. Proizvajalec pluga in vrtavkaste brane je podjetje Lemken iz Nemčije. Osnovno gnojenje in vsa ostala dognojevanja smo opravili z nošenim trosilcem za raztros zrnatega gnojila tip INO FERTI 300 podjetja INO iz Brezic. Pri osnovnem gnojenju smo posevek pšenice pognojili s fosforjem in kalijem (150 kg/ha P_2O_5 in 180 kg/ha K_2O). Za gnojenje s fosforjem smo uporabili gnojilo hypercorn s 26 % P_2O_5 , za gnojenje s kalijem pa kalijev sulfat, ki vsebuje 50 % K_2O in 18 % žvepla (S). Dušično gnojilo, ki smo ga uporabili, je bil KAN s 27 % N (N $\frac{1}{2}$ v amonijski in $\frac{1}{2}$ v nitratni obliki) in 4,8 % magnezijevega oksida. Zadelavo gnojil v tla in predsetveno pripravo tal do globine 10 cm smo opravili z enim prehodom z vrtavkasto brano ZIRKON 7 s 750 vrtljaji priključne gredi na minuto.

3.6.3 Setev pšenice

Setev smo izvedli z mehansko sejalnico za strnjeno setev D9 30 Super, proizvajalca Amazone iz Nemčije. Za zadelavo semena so na sejalnico montirani enojni sejalni diski. Setev pšenice smo opravili na globino 3 cm in medvrstno razdaljo 12 cm, setvena norma pa je znašala 220 kg/ha. V letu 2010 smo setev opravili 15. oktobra, v letu 2011 pa 5. oktobra. V obeh letih je bil vznik pšenice dober, posevek pa je prezimil v razvojni fazi od tretjega do petega lista (BBCH 13 do 15).

3.6.3.1 Sorta pšenice

Za setev smo izbrali ozimno pšenico sorte Isengrain žlahtnitelja Die Saaten Union GmbH. Sorta je srednje občutljiva na okužbe s FG in srednje odporna na večino ostalih boleznih pšenice. Dejstvo, da je bolj odporna na ostale bolezni, kot na okužbe s FG, nam je

omogočilo, da smo lažje ugotavljali vpliv FG na količino in kakovost pridelka. Isengrain je resnica, primerna za pridelavo na vseh pridelovalnih območjih. Za doseganje dobre kakovosti moramo upoštevati optimalni rok setve (med 10. in 15. oktobrom), gostoto setve (300 do 350 kalivih zrna/m² = 180 do 220 kg/ha) in spomladi opraviti tri dognojevanja. Z optimalno tehnologijo in ob ugodnih vremenskih razmerah lahko s sorto Isengrain dosežemo tudi A-kakovostni razred pridelanega zrnja. Natančneje je sorta pšenice Isengrain opisana v preglednici 9.

Preglednica 10: Osnovne lastnosti pšenice sorte Isengrain (Ozimna žita, 2010; Sorteninformationen ..., 2010)
Table 10: Basic characteristics of the Isengrain wheat (Ozimna žita, 2010; Sorteninformationen ..., 2010)

Tip klasa: G – golica R – resnica	Zrelost: 1 – zgodnja 9 – pozna	Višina rastline: 1 – nizka 9 – visoka	Stabilnost: 1 – velika 9 – majhna	Občutljivost na bolezn listja: 1 – majhna 9 – velika	Občutljivost na FK 1-majhna 9 - velika	Pridelek zrnja: 1 – velik 9 – majhen
R	3	3	2	3,5	4,5	3

3.6.4 Spomladansko dognojevanje posevka pšenice

V obeh poskusnih letih smo spomladi posevek pšenice dognojili z dušikom v skupni količini 150 kg/ha. Za dognojevanje smo uporabili dušično gnojilo KANPrvo dognojevanje z dušikom smo opravili v začetku razraščanja (BBCH 20 do 21), drugo v začetku kolenčenja (BBCH 31) in tretje v začetku klasenja (BBCH 51). Pri vsakem dognojevanju smo posevek pšenice dognojili v odmerku 50 kg N/ha. Poleg tega smo v razvojni fazi konec klasenja (BBCH 59) posevek pšenice dognojili še z listnim gnojilom LAST N v odmerku 15,0 L/ha. Gnojilo LAST N vsebuje 25 % N (312 g/L).

3.6.5 Varstvo posevka pšenice

Prvo varstvo pšenice je bilo opravljeno s tretiranjem semena. Za varstvo pred boleznimi semena in mlade rastlinice je bilo seme tretirano s fungicidom Lamardor, ki vsebuje aktivni snovi protiokonazol in tebukonazol (250 g/L in 150 g/L). Varstvo pšenice pred pleveli, boleznimi in škodljivci je bilo v obeh letih enako. Proti plevelom smo škropili s herbicidom Alister® grande v odmerku 0,8 L/ha v sredini razraščanja pšenice (BBCH 25). Herbicid Alister® grande vsebuje tri aktivne snovi (4,5 g/L jodosulfuron-metil natrija, 6,0 g/L mezosulfuron metila in 180 g/L diflufenikana) in varovalo (27 g/L mefenpir-dietila). Varstvo pred boleznimi listja smo opravili s fungicidom Sphere® 535 SC (375 g/L trifloksistrobina in 160 g/L ciprokonazola) v odmerku 0,5 L/ha. V času škropljenja s fungicidom Sphere® 535 SC je bila pšenica v razvojni fazi med drugim in tretjim

kolencem (BBCH 32 do 33). Skupaj s fungicidom Sphere[®] 535 SC smo za preprečevanje poleganja pšenice poškropili z rastnim regulatorjem Modus (250 g/l trineksapak-etila) v odmerku 0,4 L/ha in za zatiranje odraslega rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus* (L., 1758)) z insekticidom Decis[®] 2,5 EC (25 g/L deltametrina) v odmerku 0,3 L/ha. Tako smo v enkratnem prehodu pšenico poškropili s tremi različnimi pripravki. Za zatiranje uši (*Aphis* sp.) na klasu in ličink rdečega žitnega strgača (*Oulema melanopus* (L., 1758)) smo v razvojni fazi BBCH 59, skupaj z gnojenjem na list, uporabili insekticid Biscaya[®] (240 g/l tiakloprida) v odmerku 0,3 L/ha. Varstvo pšenice pred FK s Prozarom[®] je opisano v poglavju 3.4.1 in 3.4.2.

3.7 VREMENSKE RAZMERE V ČASU IZVAJANJA POSKUSA

Poleg že uveljavljenih agrotehničnih ukrepov imajo velik vpliv na količino in kakovost pridelka tudi vremenske razmere skozi celo rastno dobo. Vplivajo na rast in razvoj pšenice ter na stopnjo okužb z različnimi boleznimi in intenzivnost napada škodljivcev žit. Stopnja okužb in intenzivnost napada škodljivcev pa imata prav tako velik vpliv na količino in kakovost pridelka pšenice. Prav tako kot na že vse naštetu pa vplivajo vremenske razmere tudi na dozorevanje spor FG na žetvenih ostankih. Podatki o količini padavin, številu padavinskih dni in povprečna mesečna temperatura v času v tem obdobju so podani v preglednici 10. S primerjavo obeh let lahko ugotovimo, da smo na našem poskusnem polju imeli precej različne vremenske razmere.

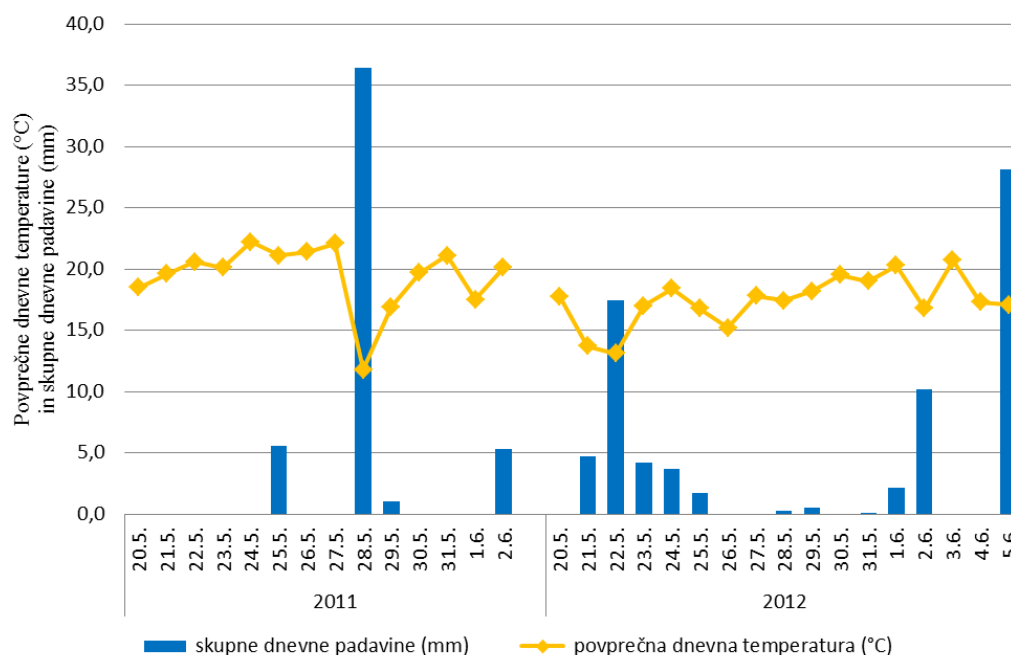
Preglednica 11: Najpomembnejši povprečni mesečni vremenski podatki od setve do žetve pšenice v letih 2010/2011 in 2011/2012 (ARSO, 2015)

Table 11: The relevant average monthly weather data between wheat sowing and wheat harvest in 2011 and 2012 (ARSO, 2015)

Mesec	Količina padavin (mm)		Število padavinskih dni		Povprečna mesečna temperatura (°C)	
	2010/2011	2011/2012	2010/2011	2011/2012	2010/2011	2011/2012
Oktober	105,4	180,8	13	10	9,5	10
November	186	3	21	5	8,1	3,8
December	182,4	100,6	19	17	- 0,4	3,3
Januar	49,9	28,4	11	6	1,5	1,6
Februar	30,5	23,2	6	9	1,5	0,8
Marec	86,5	22,4	10	3	7,1	10,1
April	38,2	127,7	7	22	13,5	11,4
Maj	98,3	124,4	11	17	17	16,1
Junij	144,6	129,9	17	11	20	21,3
Julij	157,2	113	14	12	21,1	22,7
Skupaj	1079	853,4	129	112	9,89	10,11

Od količine in razporeditve padavin je prav tako odvisna tudi stopnja okužbe pšenice s FG. V času največje občutljivosti pšenice za okužbe s FG od konca klasenja (BBCH 59) do

konca cvetenja (BBCH 69) je v letu 2011 (23. maj do 2. junij) v 4 padavinskih dneh padlo 48,3 mm padavin, v letu 2012 (od 25. maja do 5. junija) pa v 11 padavinskih dneh 73 mm padavin (Sl. 21). Povprečna relativna vlažnost zraka v obdobju največje občutljivosti pšenice za okužbo s FG je bila v letu 2011 65,57 %, v letu 2012 pa 67,82 %.



Slika 21: Povprečne dnevne temperature in skupna dnevna količina padavin v razvojnih fazah pšenice od konca klasenja (BBCH 59) do konca cvetenja (BBCH 69) v letih 2011 in 2012 (ARSO, 2015)

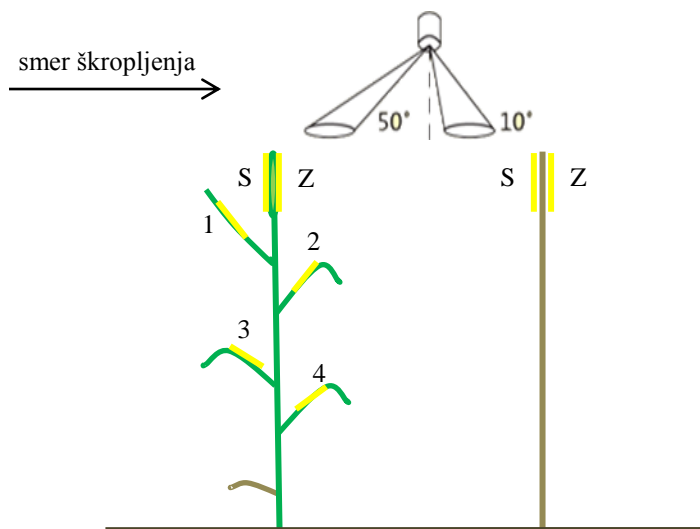
Figure 21: Average daily temperatures and total daily rainfall in the wheat development stages between the end of heading (BBCH 59) and the end of flowering (BBCH 69) in 2011 and 2012 (ARSO, 2015)

3.8 MERITVE IN ANALIZE NA POSKUSU PRED ŽETVIJO PŠENICE

3.8.1 Pokritost klasa in nosilca s škropilno brozgo

Najpogostejša metoda za ugotavljanje pokritosti klasa s škropilno brozgo je uporaba in analiza pokritosti na vodo občutljivih lističev (NVOL). Tudi na naših poskusih je bila analiza pokritosti NVOL osnova za ugotovitev nanosa škropilne brozge na klas in listje pšenice ter na nosilec v višini klasa pšenice. NVOL smo pred škropljenjem pripeli na sprednjo in zadnjo stran klasa ter na prve štiri zgornje liste. Prav tako smo NVOL pripeli na sprednjo in zadnjo stran nosilca v višini klasa. Rezultati analize pokritosti listov s škropilno brozgo nam povedo, ali bi lahko z uporabo šobe, ki je primerna za zatiranje bolezni klasa, lahko pred boleznimi in škodljivci varovali tudi listje pšenice. Na vseh NVOL smo ugotavljali pokritost in število odtisov škropilne brozge/cm² (ŠOK/cm²).

Za ugotovitev nanosa FFS na klas in ostale dele rastline smo uporabili NVOL proizvajalca Novartis. Pred škropljenjem smo s kovinskimi sponkami pritrčili sedem NVOL na pet naključno izbranih rastlin pšenice z vsake poskusne parcelice. Velikost NVOL je bila 26 x 76 mm. Lističe smo pritrčili navpično na sprednjo in zadnjo stran klasa, na zgornji list (zastavičar) ter na drugi (list 2), tretji (list 3) in četrti (list 4) list od zastavičarja navzdol. Sprednja stran klasa je tista, ki se ji med škropljenjem približujemo, zadnja stran klasa pa tista, od katere se med škropljenjem oddaljujemo.



Slika 22: Mesta postavitve NVOL na rastlini pšenice (levo) in nosilcu
 Figure 22: Location of WSP on the wheat plant (on the left) and the support pole

Ker pšenični klasi rastejo pod različnim kotom, smo za primerjavo nanosa FFS na klas pšenice in ugotovitve teoretične možnosti nanosa škropilne brozge s šobami TurboDrop® HiSpeed 110 03 v optimalnih razmerah na posamezni poskusni parceli naključno postavili še 5 fiksnih ploščatih nosilcev pod kotom 90°, na katere smo prav tako v višini klasa na sprednjo in zadnjo stran pritrčili NVOL. Na listih pšenice smo NVOL pritrčili na zgornjo stran listov, vzporedno z listno površino (Sl. 22). NVOL so nam služili kot pomoč za ugotovitev nanosa škropilne brozge na klase pšenice, listje pšenice in nosilce v višini pšeničnih klasov. Zato bomo v nadaljevanju namesto pokritost NVOL s škropilno brozgo na klasih, listju ali nosilcih v višini klasov uporabljali besedne zveze pokritost klasa, pokritost listov in pokritost nosilca.

Meritve odtisov kapljic na NVOL s pšenice in nosilcev smo opravili na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije iz Žalca z merilnim sistemom za zajem in analizo slik Optomax V. Image Analyser proizvajalca Optomax. Odtise kapljic škropilne brozge na NVOL smo na vsakem lističu izmerili na treh različnih mestih: na sredini zgornje tretjine lističa, na sredini lističa in na sredini spodnje tretjine lističa. Ugotavljali smo število

odtisov kapljic/cm² in odstotek pokritosti NVOL s škropilno brozgo pri posameznem obravnavanju škropljenja v klas.



Slika 23: NVOL na klasu pšenice takoj po škropljenju
 Figure 23: WSP on the wheat head immediately after spraying



Slika 24: Analiza odtisov kapljic z NVOL s pomočjo sistema za zajem in analizo slik Optomax V. Image Analyser
 Figure 24: Analysis of droplet impressions on WSP performed with Optomax V. Image Analyser (software for image collection and analysis)

3.8.2 Okuženost klasov s fuzarijskimi glivami

Približno tri tedne po škropljenju (17. junija v letu 2011 in 18. junija v letu 2012) smo v razvojni fazi pšenice zgodnja voščena zrelost (BBCH 83) na posamezni poskusni parceli

naključno izbrali 5 popisnih mest velikosti 0,5 x 0,5 m (površine 0,25 m²) in na vsakem popisnem mestu ugotovili število klasov, okuženih s FG. Za natančno določitev površine smo uporabili kvadrat iz kovinskih palic, kjer je bil premer palic 10 mm (Sl. 25). EPPO standard za tak poskus zahteva oceno okuženosti za vsako ponovitev na vsaj štirih manjših proučevanih mestih (EPPO ..., 2004). Okuženost posameznega klasa s FG smo določili na podlagi značilnih simptomov za okužbo klasa s FG: posušen posamezen klasek, posušen del klasa ali prisotnost oranžnega micelija na klasnem vretenu. Poleg tega smo na popisnih mestih prešteli in ugotovili še skupno število rastlin. S pridobljenimi podatki smo izračunali gostoto rastlin/m², število okuženih klasov/m² ter odstotek okuženih klasov s FG.



Slika 25: Ocenjevanje odstotka okuženih klasov s FG
Figure 25: Evaluating the percentage of the FHB-infected heads

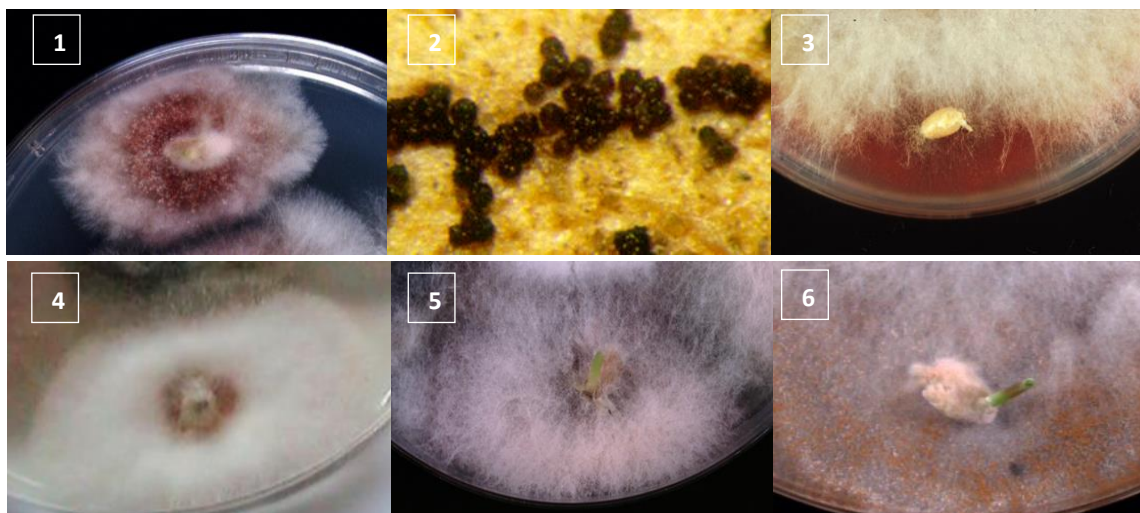
3.8.3 Učinkovitost zatiranja fuzarijskih gliv

Za škropljenje v klas in s tem varstvo pred FK ter ostalimi boleznimi pšenice smo uporabili fungicid Prosaro[®] v odmerku 1 L/ha. Učinkovitost zatiranja FG smo izračunali po Abbotovi formuli na podlagi razlik med povprečnim odstotkom okuženih klasov pri posameznem DHŠ in kontrolo (1). Na podlagi podatka o povprečnem odstotku okuženih klasov s FG s petih popisnih mest smo za vsako poskusno parcelico izračunali povprečno učinkovitost zatiranja FG.

$$\text{učinkovitost zatiranja} = \left(1 - \frac{\% \text{ okuženih klasov pri DHŠ}}{\% \text{ okuženih klasov na kontroli}} \right) \times 100 \quad \dots (1)$$

3.8.4 Vrste fuzarijskih gliv, prisotnih na posevku pšenice

Z vsake kontrolne parcelice smo pred žetvijo naključno nabrali po 100 klasov in jih združili v skupni vzorec. Združeni vzorec 300 klasov smo poslali v laboratorij EQUASA v Brestu v Franciji. Iz vzorca klasov so izločili zrnje in opravili analizo okuženosti zrnja s FG (mikološka analiza).



Slika 26: Značilna rast micelija na kalečem zrnju pšenice, okuženem s posameznimi vrstami FG (slike 1, 3, 4, 5, 6) in na žetvenih ostankih (slika 2): 1. *F. graminearum*, 2. *Gibberella zeae*, 3. *F. culmorum*, 4. *F. avenaceum*, 5. *F. poae*, 6. *M. nivale* (The fusarium experience, 2003: 12–17)

Figure 26: Typical mycelium growths on the germinating wheat infected with various types of FHB (pictures 1, 3, 4, 5, 6) and on the harvest residue (picture 2): 1. *F. graminearum*, 2. *Gibberella zeae*, 3. *F. culmorum*, 4. *F. avenaceum*, 5. *F. poae*, 6. *M. nivale* (The Fusarium experience, 2003: 12-17)

Določili so skupni odstotek okuženega zrnja z vsemi vrstami FG in od tega odstotek posameznih vrst FG na okuženem zrnju. Določitev deleža okuženih zrn in deleža prisotnih posameznih vrst fuzarioz v zrnju so ugotovili po standardnih postopkih za določanje vrst fuzarioz, kot jih uporabljajo v omenjenem laboratoriju.



Slika 27: Oblika spor posameznih vrst FG (The fusarium experience, 2003: 53)

Figure 27: Spore forms in various species of FHB (The Fusarium experience, 2003: 53)

3.8.5 Onesnaženost zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol

Prav tako neposredno pred žetvijo smo dodatno z vseh poskusnih parcelic naključno nabrali še 300 pšeničnih klasov (slika 28). Iz vzorcev klasov smo izločili zrnje s pomočjo izločevalnika zrnja iz klasja Wintersteiger in tako dobili 12 vzorcev pšeničnega zrnja, na katerih smo ugotavljali onesnaženost zrnja z DON-om.



Slika 28: Nabiranje vzorcev pšeničnih klasov za analizo zrnja pred žetvijo
 Figure 28: Collecting wheat head samples for the analysis of grains before harvest

Za določanje mikotoksinov v zrnju žit se uporabljata predvsem dve metodi, HPLC (High Performance Liquid Chromatography) in test ELISA (Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay). Ker je bila na podlagi primerjave mnogih vzporednih testov dokazana zelo dobra korelacija med rezultati obeh metod, smo se odločili za dokazovanje mikotoksina DON v zrnju pšenice po encimski metodi Rosa[®]DON Quantitative Flow Chart test, ki določa onesnaženost zrnja z mikotoksini v območju od 0 do 6000 µg DON-a/kg SS zrnja. Najmanjša vrednost za DON, ki jo lahko natančno določimo s tem testom, je 50 µg DON/kg SS zrnja (Charm[®] Rosa[®], 2016).

Polovico vsakega od dvanajstih vzorcev zrnja pšenice smo z laboratorijskim mlinom zmleli na delce, manjše od 500 µm, in od vsakega vzorca odtehtali v lonček 50 g mletega zrnja. Poleg odtehtanega vzorca mletega zrnja pšenice smo v lonček dodali še 250 ml destilirane vode in lonček dobro zaprli. Zaprt lonček smo 2 minuti stresali na stresalniku in tako vzorec dobro premešali. Nato smo iz lončka z brizgo odvzeli vzorec mešanice mletega zrnja in destilirane vode ter ga skozi filter GA/CF filtrirali v epruveto. Iz filtriranega vzorca smo odmerili 100 µl in ga razredčili z 1 ml DONQ pufrom za redčenje. Iz tako pripravljenega vzorca smo odpipetirali 300 µl na testni listič in testni listič postavili za 10

minut v umerjen inkubator. Inkubacija zagotavlja boljšo postavitev linije za vizualno interpretacijo in natančnejšo kvantifikacijo na čitalcu Charm Rosa-M (Charm ROSA®-M Reader). Po 10 minutah smo odčitali rezultate s pomočjo čitalca Charm Rosa®-M, ki omogoča elektronsko branje in kvantificiranje rezultatov s testnih lističev za določanje miotoksinov v krmi, žitih in vinu.

Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om na škropljenih obravnavanjih smo nato preračunali po enačbi:

$$\text{učinkovitost zmanjšanja (\%)} = \left(\frac{\text{DON na kontroli} - \text{DON pri DHŠ}}{\text{DON na kontroli}} \right) \times 100 \quad \dots (2)$$

3.8.6 Skupna okuženost in površinska onesnaženost zrnja s fuzarijskimi glivami

Na preostanku zrnja treh vzorcev s kontrole smo dodatno ugotovili še skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega zrnja (brez sterilizacije površine) s FG. Za to analizo smo iz vsakega vzorca odšteli 20 krat po pet zrn in jih položili v petrijevke na pripravljen tehnični agar, v vsako petrijevko po 5 zrn. Agar, ki smo ga uporabili v poskusu, proizvaja podjetje Biolife Italiana, s.r.l., iz Milana. Pripravljene petrijevke smo položili v razsvetljeno kalilno omaro pri temperaturi 20 °C in 60-odstotni relativni zračni vlažnosti za šest dni. V tem času pride do inkubacije prisotnih FG, saj se na okuženem in/ali površinsko onesnaženem zrnju s FG razvije micelij prisotnih gliv. Šesti dan smo opravili vizualno oceno deleža okuženih zrn s FG na podlagi barve in rasti micelija na okuženih zrnih. Prešteli smo vsa okužena in/ali površinsko onesnažena zrna s FG in tako na vzorcu 100 zrn ugotovili skupni odstotek okuženega ter površinsko onesnaženega zrnja s treh kontrolnih parcelic.

3.9 ŽETEV IN ANALIZA ZRNJA PO ŽETVI PŠENICE

3.9.1 Žetev pšenice

Žetev pšenice smo izvedli s parcelnim kombajnom Wintersteiger Classic z delovno širino 1,5 m. V letu 2011 smo opravili žetev 30. julija, v letu 2012 pa 19. julija. Vreme je bilo sončno, idealno za žetev.

Požeta površina pšenice za ugotavljanje pridelka je bila v skladu z EPPO standardom za ocenjevanje boleznih lista in klasa žit, ki navaja, da moramo za ocenjevanje boleznih imeti vsaj 4 ponovitve velikosti 10 m² (priporočljivo 20 m²). Za ugotavljanje pridelka pa mora biti površina posamezne ponovitve primerno večja, kar je odvisno od uporabljenega

kombajna (EPPO ..., 2004). Da bi na našem poskusu izničili vpliv variabilnosti hitrosti in nihanja škropljnih letov smo na vsaki poskusni parcelici poželi pšenico z večje površine (45 m²), dva pasova dolžine 15 m in širine 1,5 m. Pasova, široka 1,5 m (širina kosilnega dela kombajna), smo poželi enega na levi, drugega na desni strani vozne steze (Sl. 29). Od vozne steze sta bila oddaljena 0,5 m. Požeto zrnje se je na kombajnu stekalo za vsako poskusno parcelico posebej direktno v vrečo. Pridelek zrnja v vrečah z vsake poskusne parcelice smo nato tehtali z elektronsko tehtnico Kern DE 60K5NL. Z njo lahko naenkrat tehtamo do 60 kg, natančnost tehtanja pa je do 5 g. Za vsako parcelico smo izračunali pridelek svežega zrnja/ha. Od skupnega pridelka z vsake poskusne parcelice smo v plastično vrečko nato odtehtali 2 kg vzorca pšenice za načrtovane analize zrnja.

Preglednica 12: Tehnični podatki za kombajn Wintersteiger Classic v času žetve
 Figure 12: Technical specifications for harvester Wintersteiger Classic at harvesting time

Delovna hitrost žetve (km/h)	Moč motorja kombajna (kW)	Vrtilna frekvenca mlatilnega bobna (o/min)	Odmik bobna od košare (mm)	Vrtilna frekvenca puhala (o/min)	Hitrost vetra puhala	Odprtost pretresalne mreže (mm)
3	37	1100	5	1000	2/3 maksimalne hitrosti	12



Slika 29: Žetev poskusnih parcelic s parcelnim kombajnom Wintersteiger Classic v letu 2012
 Figure 29: Harvesting of trial plots with the Wintersteiger Classic plot combine harvester in 2012

3.9.2 Analiza zrnja

3.9.2.1 Vlažnost in količina pridelanega zrnja

Takoj po žetvi smo na dveh vzorcih z vsake poskusne parcelice izmerili vlažnost zrnja z elektronskim merilnikom vlažnosti zrnja HE 50, proizvajalca Pfeuffer iz Nemčije (ISO 712). S pomočjo povprečne vlažnosti dveh vzorcev zrnja in znane količine požetega zrnja (kg/ha) s posamezne poskusne parcelice smo izračunali pridelek zrnja (kg/ha) s 14-odstotno vlažnostjo po formuli:

$$\text{pridelek zrnja (kg/ha)} = \frac{100 - \text{vl. požetega zrnja (\%)}}{100 - 14 (\text{želena vl. zrnja (\%)})} \times \text{masa zrnja (kg/ha)} \quad \dots (3)$$

3.9.2.2 Hektolitrska masa

HM (maso zrnja pšenice z volumnom enega hektolitra) smo določili s pomočjo Shopperjeve tehtnice na dveh vzorcih z vsake poskusne parcelice. V merilni valj Schopperjeve tehtnice smo do vrha nasuli zrnje pšenice, nato smo na določeni višini valja s posebnim nožem zaprli odprtino in višek zrnja nad nožem odstranili. Preostanek zrnja iz valja z volumnom 0,25 l smo stehali z laboratorijsko tehtnico PM 3000, proizvajalca Mettler. Najmanjša masa, ki jo lahko določimo s to tehtnico, je 0,1 g, največja pa 3,1 kg. Na podlagi mase stehtane pšenice smo iz tabel odčitali maso enega hektolitra zrnja. Pridobljene rezultate smo uporabili za izračun povprečne HM zrnja z vsake poskusne parcelice.



Slika 30: Shopperjeva tehtnica za določanje HM
Figure 30: Schopper chondrometer for measuring the hectolitre grain weight

3.9.2.3 Absolutna masa

Zrnju pšenice z vsake poskusne parcelice smo določili še AM (masa 1000 zrn), in sicer na osmih vzorcih zrnja z vsake poskusne parcelice. Pri posameznem vzorcu smo našli 100 zrn in jih stehali z laboratorijsko tehtnico PM 460, proizvajalca Mettler. Najmanjša masa, ki jo lahko določimo s to tehtnico, je 0,001 g, največja pa 410 g.

3.9.2.4 Velikostni razredi zrnja

Za posamezno poskusno parcelico smo izračunali tudi masni odstotek zrnja po velikostnih razredih. Z laboratorijsko elektronsko tehtnico PM 460 smo od vzorca z vsake poskusne parcelice odtehtali 100 g zrnja in ga presejali s pomočjo petih sit, ki imajo reže velikosti 4 mm, 3 mm, 2,5 mm, 2,2 mm in 2,0 mm. Sita so zložena eno nad drugim. Najvišje je sito z največjimi luknjicami, najnižje pa sito z najmanjšimi luknjicami. Dobili smo 6 frakcij zrnja različnih velikostnih razredov. Nato smo zrnje posameznih frakcij stehali in izračunali masni odstotek zrnja po velikostnih razredih.

3.9.2.5 Onesnaženost zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol

Podobno kot pri analizi zrnja (poglavje 3.8.5), nabranega pred žetvijo, smo po enakem postopku (encimska metoda) ugotovili še onesnaženost požetega zrnja z DON-om z vsake poskusne parcelice.

3.9.2.6 Skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega zrnja

Določili smo še skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG z vsake poskusne parcele po enaki metodi kot pri določitvi okuženega in površinsko onesnaženega zrnja na zrnju s kontrole, nabranega pred žetvijo pšenice (3.8.6).

3.10 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Statistično obdelavo podatkov smo naredili po postopkih, kot veljajo za naključne bloke. Najprej smo preverili homogenost varianc. Podatke, izražene v odstotkih, smo transformirali s funkcijo arkus sinus ($\sqrt{x}/100$). Opravili smo analizo variance (ANOVA) in Duncanov test mnogoterih primerjav. Statistično (stat.) značilne razlike med povprečji ($p < 0,05$) smo označili z različnimi črkami. Podatke smo prikazali kot povprečja s standardnimi napakami. Kjer smo pri določenem obravnavanju izvedli več meritev, smo opravili stat. analizo po postopkih, ki veljajo za naključne bloke s ponovitvami znotraj poskusnih enot. Vse stat. analize smo izvedli s programom Statgraphics Centurion XVI

(StatPoint Technologies, Inc.). Grafi so predstavljeni v obliki vrtilnih grafikonov s standardnimi napakami. Različne črke pomenijo stat. značilno razliko.

Pri ugotavljanju medsebojnega vpliva proučevanih spremenljivk smo naredili regresijske modele po predpisanih postopkih (Hadživuković, 1991; Košmelj, 2001). Najprej smo preverili, kateri model je najprimernejši, in izračunali ocene za posamezne parametre modela. Izvedli smo še analizo variance in izračunali F-statistiko, koeficient korelacije, koeficient determinacije in standardno napako regresije. V nalogi bomo predstavili samo tiste regresijske modele, za katere smo ugotovili stat. značilen vpliv neodvisne spremenljivke na odvisno spremenljivko pri regresijskem modelu z vključenimi rezultati s kontrole in brez njih.

4 REZULTATI

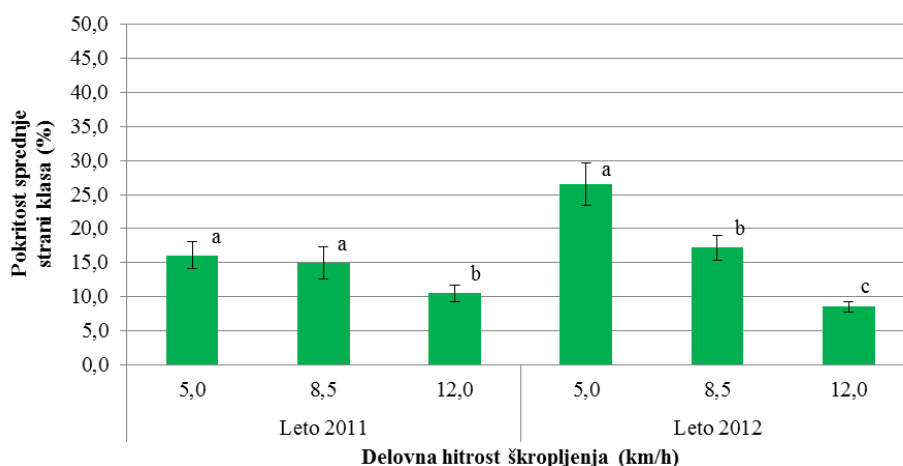
4.1 POKRITOST KLASA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE

4.1.1 Pokritost sprednje strani klasa

V letu 2011 smo pri DHŠ 5 in 8,5 km/h dosegli 16,1- in 15,0-odstotno pokritost sprednje strani klasa. Pokritost klasa pri omenjenih DHŠ je bila značilno večja kot pri DHŠ 12 km/h, kjer je bila 10,5-odstotna. V letu 2012 se je pokritost sprednje strani klasa stat. značilno razlikovala med vsemi tremi obravnavanji škropljenja. Stat. značilno največjo pokritost sprednje strani klasa smo dosegli pri DHŠ 5 km/h (26,6 %), sledi pokritost pri DHŠ 8,5 km/h (17,2 %), najmanjša pa je bila pokritost pri DHŠ 12 km/h (8,5 %). Ugotovimo lahko, da je prišlo v letu 2012 do večjih razlik v pokritosti sprednje strani klasa kot v letu 2011. Pokritost sprednje strani klasa pri različnih DHŠ je prikazana na sliki 31.

Preglednica 13: Značilnost razlik v pokritosti sprednje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Table 13: Statistically significant differences in the coverage of the front head side according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Pokritost sprednje strani klasa	da ($p = 0,040$)	da ($p = 0,001$)



Slika 31: Povprečna pokritost sprednje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 31: Average coverage of the front head side according to different spraying speeds in 2011 and 2012

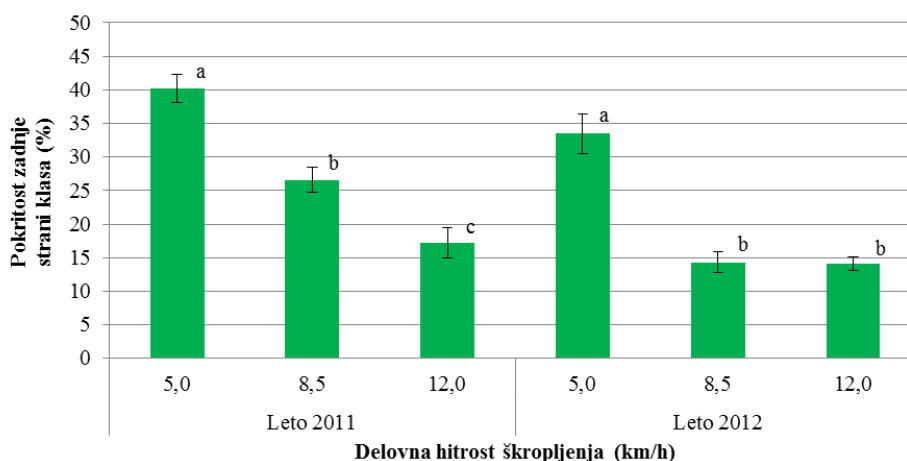
4.1.2 Pokritost zadnje strani klasa

Določene stat. značilne razlike v pokritosti klasa smo pri različnih DHŠ ugotovili tudi na zadnji strani klasa (slika 32). V obeh poskusnih letih je bila pokritost zadnje strani klasa

stat. značilno največja pri DHŠ 5 km/h, in sicer 40,2-odstotna v letu 2011 ter 33,5-odstotna v letu 2012. V letu 2011 se je pokritost zadnje strani klasa stat. značilno razlikovala pri vseh DHŠ, znašala pa je 26,6 % pri 8,5 km/h in 17,2 % pri 12 km/h. V letu 2012 pri obravnavanih DHŠ 8,5 km/h in 12,0 km/h, ko je pokritost znašala 14,3 % oziroma 14,1 %, stat. značilnih razlik v pokritosti nismo ugotovili.

Preglednica 14: Značilnost razlik v pokritosti zadnje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Table 14: Statistically significant differences in the coverage of the rear head side according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Pokritost zadnje strani klasa	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



Slika 32: Povprečna pokritost zadnje strani klasa pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Figure 32: Average coverage of the rear head side according to different spraying speeds in 2011 and 2012

4.1.3 Dvoletno povprečje pokritosti sprednje in zadnje strani klasa

Zaradi potencialnih nezaznavnih okoljskih vplivov na pokritost v posameznem letu nas je zanimalo, kakšna je povprečna pokritost sprednje in zadnje strani klasa v letih 2011 in 2012. Na sliki 33 so prikazani dvoletni povprečni rezultati pokritosti.

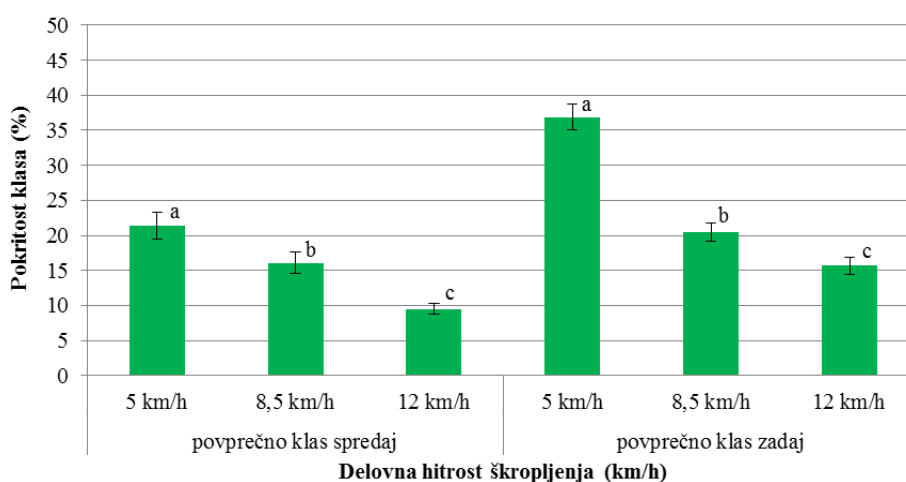
Ugotovimo lahko, da se dvoletna povprečna pokritost sprednje in zadnje strani klasa stat. značilno razlikuje pri vseh obravnavanjih (slika 33). Povprečna pokritost sprednje strani klasa je bila pri DHŠ 5 km/h 21,4-, pri DHŠ 8,5 km/h 16,1- in pri DHŠ 12 km/h 9,5-odstotna. Povprečna pokritost zadnje strani klasa pa je bila pri DHŠ 5 km/h 36,9-, pri DHŠ 8,5 km 20,5- in pri DHŠ 12 km/h 15,7-odstotna. V obeh letih je bila povprečna pokritost zadnje strani klasa večja kot pokritost sprednje strani klasa. Pri DHŠ 5 km/h je znašala ta

vrednost v korist zadnjega dela klasa 15 %, pri DHŠ 8,5 km/h 4,4 % in pri DHŠ 12 km/h 6,3 %.

Preglednica 15: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani klasa pri različnih DHŠ

Table 15: Statistically significant differences in the two-year (2011 and 2012) average coverage of the front and rear head sides according to different spraying speeds

Značilnost razlik med obravnavanji	Sprednja stran klasa (transformirani podatki)	Zadnja stran klasa (transformirani podatki)
Dvoletno povprečje pokritosti klasa	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



Slika 33: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani klasa pri različnih DHŠ

Figure 33: Two-year (2011 and 2012) average coverage of the front and rear head sides according to different spraying speeds

4.2 POKRITOST NOSILCA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE

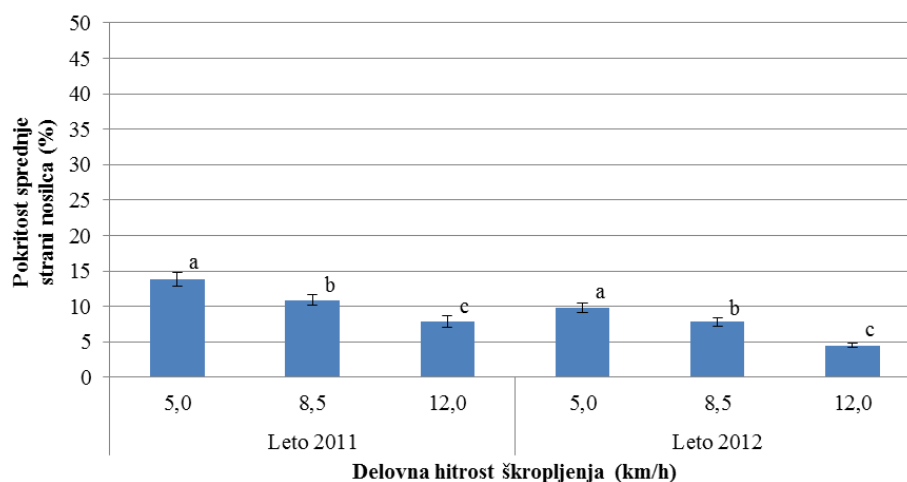
4.2.1 Pokritost sprednje strani nosilca v višini klasa

Analizirali smo tudi pokritost sprednje strani nosilca v višini klasa. Pokritost sprednje strani nosilca se je v obeh letih pri vseh obravnavanjih znotraj enega leta razlikovala stat. značilno.

Preglednica 16: Značilnost razlik v pokritosti sprednje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 16: Statistically significant differences in the coverage of the front side of a support pole according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Pokritost sprednje strani nosilca	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



Slika 34: Povprečna pokritost sprednje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Figure 34: Average coverage of the front side of a support pole according to different spraying speeds in 2011 and 2012

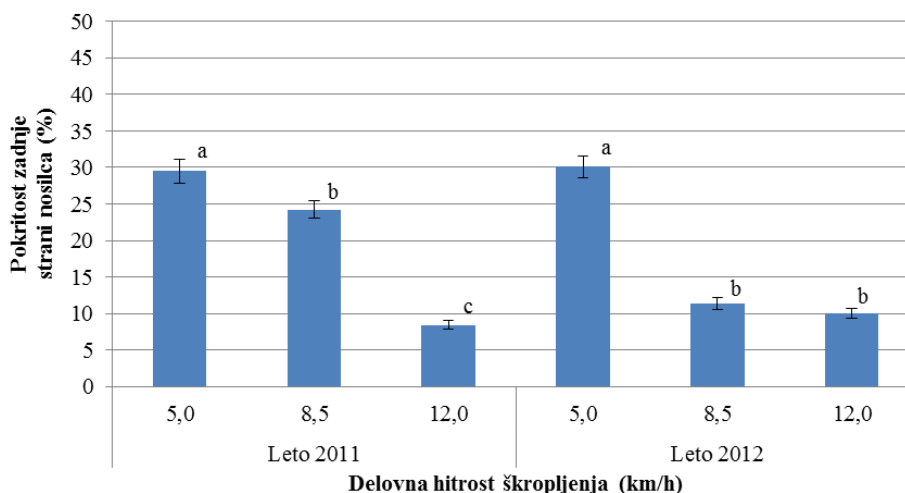
Pokritost sprednje strani nosilca je bila pri DHŠ 5 km/h v obeh poskusnih letih stat. značilno največja, 13,8-odstotna v letu 2011 in 9,8-odstotna v letu 2012. Nekoliko manjša je bila pri 8,5 km/h (10,9- in 7,8-odstotna), najmanjša pa pri DHŠ 12 km/h (7,9- in 4,5-odstotna). Ugotovimo lahko tudi, da je bila pokritost sprednje strani nosilca pri vseh obravnavanih DHŠ v obeh poskusnih letih manjša kot pokritost sprednje strani klasov.

4.2.2 Pokritost zadnje strani nosilca v višini klasa

Analizirali smo tudi pokritost zadnje strani nosilca v višini klasa (Sl. 35), ki je bila v obeh poskusnih letih stat. značilno največja pri DHŠ 5 km/h, ko je bila 29,5-odstotna v letu 2011 in 30,1-odstotna v letu 2012. V letu 2011 smo ugotovili statistično značilne razlike v pokritosti pri vseh obravnavanjih. Pokritost pri DHŠ 8,5 km/h (24,2-odstotna) je bila stat. značilno manjša kot pri DHŠ 5 km/h in stat. značilno večja kot pri DHŠ 12 km/h (8,4-odstotna). V letu 2012 nismo ugotovili stat. značilnih razlik med pokritostjo zadnje strani nosilca pri DHŠ 8,5 km/h in 12 km/h, pokritost pa je bila 11,3- in 10,0-odstotna. S povečevanjem DHŠ smo ugotovili manjšo pokritost nosilca tudi na zadnji strani.

Preglednica 17: Značilnost razlik v pokritosti zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Table 17: Statistically significant differences in the coverage of the rear side of a support pole according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Pokritost zadnje strani nosilca	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



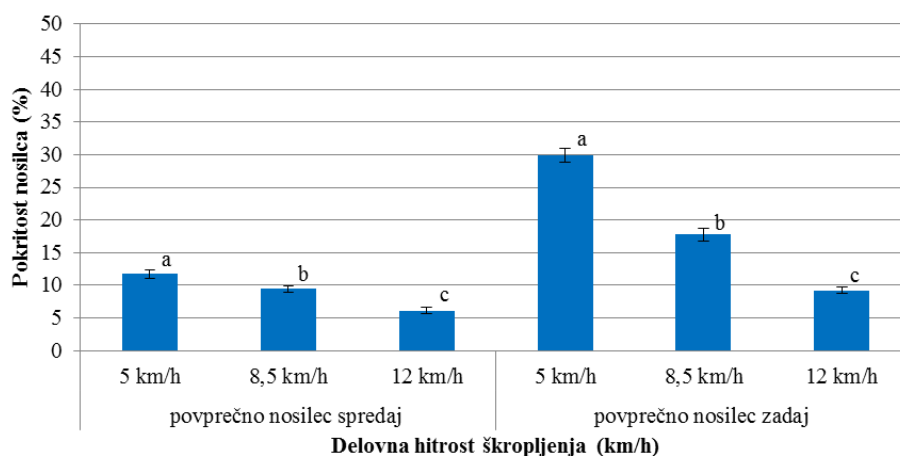
Slika 35: Povprečna pokritost zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 35: Average coverage of the rear side of a support pole according to different spraying speeds in 2011 and 2012

4.2.3 Dvoletno povprečje pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca v višini klasa

Za ugotovitev morebitnega vpliva nagnjenosti klasa na pokritost klasa smo preverili še dvoletno povprečje pokritosti nosilca v višini klasa.

Povprečna pokritost sprednje in zadnje strani nosilca obeh let skupaj se pri vseh obravnavanih DHŠ razlikuje stat. značilno (Sl. 36). Povprečna pokritost sprednjega dela nosilca je bila pri DHŠ 5 km/h 11,7-, pri DHŠ 8,5 km 9,4- in pri DHŠ 12 km/h 6,1-odstotna. Povprečna pokritost zadnjega dela nosilca pa je bila pri DHŠ 5 km/h 29,9-, pri DHŠ 8,5 km 17,8- in pri DHŠ 12 km/h 9,2-odstotna.



Slika 36: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ

Figure 36: Two-year (2011 and 2012) average coverage of the front and rear sides of a support pole according to different spraying speeds

Preglednica 18: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) pokritosti sprednje in zadnje strani nosilca pri različnih DHŠ

Table 18: Statistically significant differences in the two-year (2011 and 2012) average cover of the front and rear sides of a support pole according to different spraying speeds

Značilnost razlik med obravnavanji	Sprednja stran nosilca (transformirani podatki)	Zadnja stran nosilca (transformirani podatki)
Dvoletno povprečje pokritosti nosilca	da (p = 0,001)	da (p = 0,001)

4.3 DVOLETNO POVPREČJE SKUPNE POKRITOSTI OBEH STRANI KLASA IN NOSILCA V VIŠINI KLASA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE

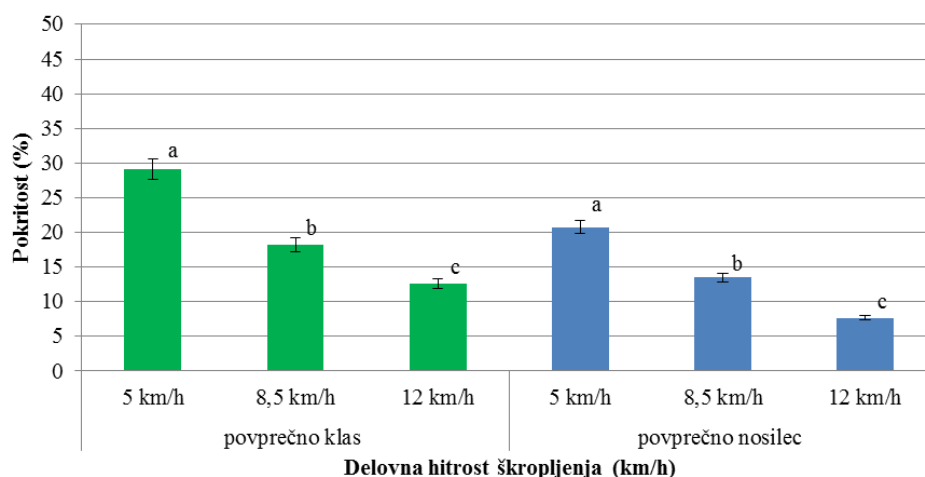
Na učinkovitost zatiranja FG med drugim vpliva tudi stopnja pokritosti klasa s škropilno brozgo. Zato je kljub ugotovitvi razlik med pokritostjo sprednje in zadnje strani klasa ter nosilca za učinkovito varstvo pred FK zelo pomembna tudi skupna pokritost obeh strani klasa s škropilno brozgo. Skupno pokritost klasa bomo v nadaljevanju uporabljali tudi pri izračunu učinkovitosti zatiranja FG. Poleg skupne pokritosti klasa pa za primerjavo navajamo še rezultate skupne pokritosti nosilca.

S primerjavo skupne pokritosti (Sl. 37) smo pri obravnavanih DHŠ ugotovili stat. značilne razlike pri pokritosti klasa in pokritosti nosilca. Po pričakovanju smo največjo skupno pokritost klasa dosegli pri DHŠ 5 km/h (29,1-odstotno) in najmanjšo pri DHŠ 12 km/h (12,6-odstotno). Pri DHŠ 8,5 km/h je bila pokritost 18,3-odstotna. Podobno smo ugotovili tudi pri skupni pokritosti nosilca. Seveda pa se je že prej navedena manjša pokritost sprednje in zadnje strani nosilca odrazila tudi v manjši skupni pokritosti nosilca v primerjavi s skupno pokritostjo klasa. Skupna pokritost nosilca je bila pri DHŠ 5 km/h 20,8-, pri DHŠ 8,5 km/h 13,5- in pri DHŠ 12 km/h 7,7-odstotna.

Preglednica 19: Značilnost razlik dvoletnega povprečja (2011 in 2012) skupne pokritosti obeh strani klasa in nosilca s škropilno brozgo pri različnih DHŠ

Figure 19: Statistically significant differences in the two-year (2011 and 2012) average total coverage of the both sides of a head and the both sides of a support pole with spray mixture according to different spraying speeds

Značilnost razlik med obravnavanji	Klas (transformirani podatki)	Nosilec (transformirani podatki)
Povprečna skupna pokritost obeh strani 2011 + 2012	da (p = 0,001)	da (p = 0,001)



Slika 37: Dvoletno povprečje (2011 in 2012) skupne pokritosti obeh strani klasa in nosilca s škropilno brozgo pri različnih DHŠ

Figure 37: Two-year (2011 and 2012) average total coverage of both sides of a head and both sides of a support pole with spray mixture according to different spraying speeds

4.4 REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST POKRITOSTI KLASA OD ŠTEVILA ODTISOV KAPLJIC ŠKROPILNE BROZGE

4.4.1 Število odtisov kapljic na klasu, pokritost klasa in površina odtisov kapljic

Poleg skupne pokritosti, ki smo jo predstavili v predhodnih poglavjih, nas je zanimalo še, s kakšnim statističnim modelom lahko ponazorimo odvisnost pokritosti klasa od števila odtisov kapljic škropilne brozge/cm² klasa (ŠOK/cm²).

Preglednica 20: Vpliv povečanja hitrosti vožnje ob sočasnem zmanjšanju porabe škropilne brozge/ha na povprečno površino odtisov kapljic (povprečje let 2011 in 2012)

Table 20: Effect of the increase in the driving speed and the simultaneous decrease in the spray mixture/ha on the average droplet footprints area (the average for 2011 and 2012)

Delovna hitrost škropljenja	Količina škropilne brozge (L/ha)	Del klasa	Število odtisov kapljic/cm ²	Pokritost (%)	Povprečna površina odtisa kapljic (mm ²)
5 km	360	spredaj	33,84	21,4	0,63
		zadaj	26,7	37,0	1,39
8,5 km	215	spredaj	27,95	16,1	0,58
		zadaj	22,23	20,0	0,90
12 km	150	spredaj	24,24	9,5	0,39
		zadaj	20	16,0	0,80

Za primerjavo odvisnosti pokritosti klasa od $\check{S}OK/cm^2$ smo vzeli vse vrednosti $\check{S}OK/cm^2$ in pokritosti klasa iz obeh let izvajanja poskusa. Da bi vedeli, s kakšno površino odtisa posamezne kapljice smo izračunali določen regresijski model, smo najprej izračunali povprečno površino odtisa kapljic pri posamezni DHŠ. Na sprednji strani klasa imamo pri vseh DHŠ večje $\check{S}OK/cm^2$, vendar pa manjšo pokritost kot na zadnji strani klasa. Pri manjših DHŠ je bila povprečna površina odtisa kapljice večja kot pri večjih hitrostih, prav tako pa sta bila pri manjših DHŠ večja tudi $\check{S}OK/cm^2$ in pokritost klasa. Kot vidimo, se je s povečevanjem DHŠ zmanjševala tudi povprečna površina odtisa kapljic pri obravnavanih DHŠ.

4.4.2 Regresijski modeli za odvisnosti pokritosti klasa od števila odtisov kapljic/cm²

Pokritost nosilca nima nobenega vpliva na varstvo pšenice pred boleznimi klasa, zato bomo v nadaljevanju analizirali predvsem pokritost klasa. Z iskanjem najprimernejših regresijskih modelov za odvisnost pokritosti klasa od $\check{S}OK/cm^2$ smo ugotovili, da lahko za skoraj vse DHŠ odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od $\check{S}OK/cm^2$ pojasnimo s pomočjo stat. modela, ki smo ga poimenovali *koren Y-koren X*. Y predstavlja v odstotkih izraženo pokritost klasa, X pa $\check{S}OK/cm^2$ (4):

$$\sqrt{Y} = a + b * \sqrt{X} \text{ ali } Y = (a + b * \sqrt{X})^2 \quad \dots (4)$$

Preglednica 21: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od $\check{S}OK/cm^2$

Table 21: Regression models for the dependence of the front and rear head side coverage on the droplet footprints number/cm²

Delovna hitrost škropljenja	Mesto nanosa škropilne brozge	Regresijski model
5 km/h	klas spredaj	odstotek pokritosti = $(0,48 + 0,71 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2})^2$
	klas zadaj	odstotek pokritosti = $(2,64 + 0,63 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2})^2$
8,5 km/h	klas spredaj	odstotek pokritosti = $-5,62 + 3,88 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2}$
	klas zadaj	odstotek pokritosti = $(0,37 + 0,85 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2})^2$
12 km/h	klas spredaj	odstotek pokritosti = $(0,50 + 0,53 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2})^2$
	klas zadaj	odstotek pokritosti = $(0,78 + 0,71 * \sqrt{\check{S}OK/cm^2})^2$

Kot vidimo v preglednici 20, je izjema le odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od ŠOK/cm² pri DHŠ 8,5 km/h, kjer lahko odvisnost pokritosti klasa od ŠOK/cm² pojasnimo s pomočjo stat. modela, ki smo ga poimenovali *koren X*. X predstavlja ŠOK/cm² (5). Enačbe regresijskih modelov smo navedli v preglednici 20.

$$Y = a + b * \sqrt{X} \quad \dots (5)$$

Preglednica 22: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm²

Table 22: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the front and rear head side coverage on the droplet footprints number/cm²

Delovna hitrost škropljenja	Mesto nanosa škropilne brozge	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije v % (r ²)	Standardna napaka regresije
5 km/h	klas spredaj	0,001	0,82	67,50	1,18
	klas zadaj	0,001	0,60	36,79	1,13
8,5 km/h	klas spredaj	0,001	0,84	70,45	6,58
	klas zadaj	0,001	0,92	84,90	0,68
12 km/h	klas spredaj	0,001	0,88	77,00	0,68
	klas zadaj	0,001	0,91	81,91	0,64

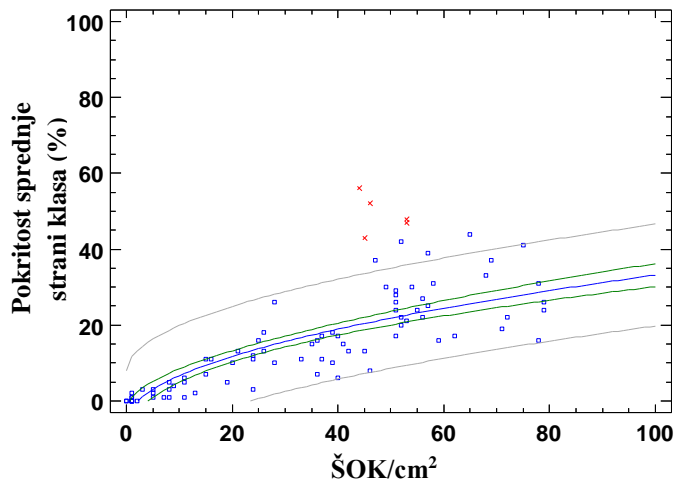
S pomočjo rezultatov iz preglednice 21 je razvidno, da je pokritost klasa pri vseh DHŠ stat. značilno odvisna od ŠOK/cm². Največje in tudi zelo podobne koeficiente korelacije za odvisnost pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm² smo z določenim modelom ugotovili pri večjih DHŠ (8,5 in 12 km/h).

Ker sta regresijska modela za odvisnost pokritosti klasa od ŠOK/cm² pri DHŠ 8,5 km/h različna, bomo za primerjavo stat. modelov za odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm² predstavili regresijska modela pri DHŠ 8,5 km/h.

4.4.2.1 Odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od števila odtisov kapljic/cm² pri DHŠ 8,5 km/h

Po statističnem modelu *koren ŠOK/cm²* spremenljivke je p-vrednost za odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od ŠOK/cm² pri DHŠ 8,5 km/h manjša od 0,05 (p = 0,001) kar pomeni, da ŠOK/cm² pri DHŠ 8,5 km/h po tem modelu stat. značilno vpliva na odstotek pokritosti sprednje strani klasa. Koeficient korelacije znaša 0,84, kar predstavlja zelo močno povezavo med pokritostjo klasa in ŠOK/cm² (Pregl. 21). 70,45 % variabilnosti pri

pokritosti sprednje strani klasa pojasni variabilnost $\dot{S}OK/cm^2$, ostali del ostane nepojasnen.



Slika 38: Regresijski model za odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od $\dot{S}OK/cm^2$ pri DHŠ 8,5 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved
 Figure 38: Regression model for the dependence of the front head side coverage on the droplet footprints number/cm² at the 8.5 km/h spraying speed with confidence intervals for the average (inner hyperbolae) and individual (outer hyperbolae) prognoses

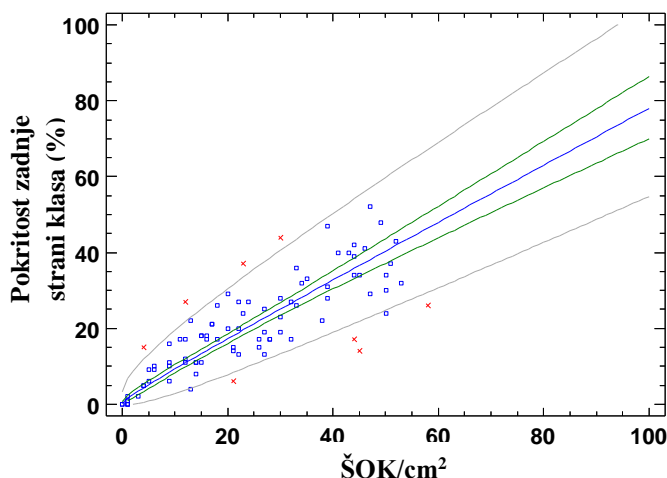
Odvisnosti pokritosti sprednje strani klasa od $\dot{S}OK/cm^2$ (Sl. 38) ponazarja regresijski model z enačbo (6):

$$\text{pokritost (\%)} = -5,62 + 3,88 * \sqrt{(\dot{S}OK/cm^2)} \quad \dots (6)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 30 odtisih kapljic/cm² s površino odtisa kapljice 0,58 mm² morali doseči 15,6-odstotno pokritost klasa.

4.4.2.2 Odvisnost pokritosti zadnje strani klasa od števila odtisov kapljic/cm² pri DHŠ 8,5 km/h

Odvisnost pokritosti zadnje strani klasa od $\dot{S}OK/cm^2$ lahko prikažemo s stat. modelom *koren pokritosti-koren $\dot{S}OK/cm^2$* . Ker je po tem modelu p-vrednost manjša od 0,05 (0,001), pomeni, da $\dot{S}OK/cm^2$ pri DHŠ 8,5 km/h stat. značilno vpliva na pokritosti zadnje strani klasa. Koefficient korelacije znaša 0,92, kar predstavlja popolno povezavo med $\dot{S}OK/cm^2$ in pokritostjo klasa (Pregl. 21). Pri pokritosti zadnje strani klasa pojasni 84,9 % variabilnosti variabilnost $\dot{S}OK/cm^2$, ostali del ostane nepojasnen.



Slika 39: Regresijski model za odvisnost pokritosti zadnje strani klasa od ŠOK/cm² pri DHŠ 8,5 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved
 Figure 39: Regression model for the dependence of the rear head side coverage on the droplet footprints number/cm² at the 8.5 km/h spraying speed with confidence intervals for the average (inner hyperbolae) and individual (outer hyperbolae) prognoses

Odvisnosti pokritosti zadnje strani klasa od ŠOK/cm² (slika 39) ponazarja regresijski model z enačbo (7):

$$\text{pokritost (\%)} = (0,37 + 0,85 * \sqrt{(\text{ŠOK}/\text{cm}^2)})^2 \quad \dots (7)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 30 odtisih kapljic/cm² s površino odtisa kapljice 0,90 mm² morali doseči 25,3-odstotno pokritost klasa.

4.4.2.3 Odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od števila odtisov kapljic/cm²

Za prikaz odvisnosti skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm² je pri vseh DHŠ najprimernejši stat. model, *koren Y-koren X*, kjer Y predstavlja v odstotkih izraženo skupno pokritost obeh strani klasa, X pa ŠOK/cm² (8). Enačbe regresijskih modelov so navedene v preglednici 22.

$$\sqrt{Y} = a + b * \sqrt{X} \quad \text{ali} \quad Y = (a + b * \sqrt{X})^2 \quad \dots (8)$$

Rezultati analize variance iz preglednice 23 pa pokažejo, da je tudi skupna pokritost obeh strani klasa stat. značilno odvisna od ŠOK/cm², saj so p-vrednosti pri vseh DHŠ manjše od 0,05 (p = 0,001). S pomočjo koeficientov korelacije pa lahko pri DHŠ 5 km/h ugotovimo močno, pri DHŠ 8,5 in 12 km/h pa zelo močno povezavo med ŠOK/cm² in pokritostjo klasa.

Preglednica 23: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm²
Table 23: Regression models for the dependence of the total head coverage on the droplet footprints number/cm²

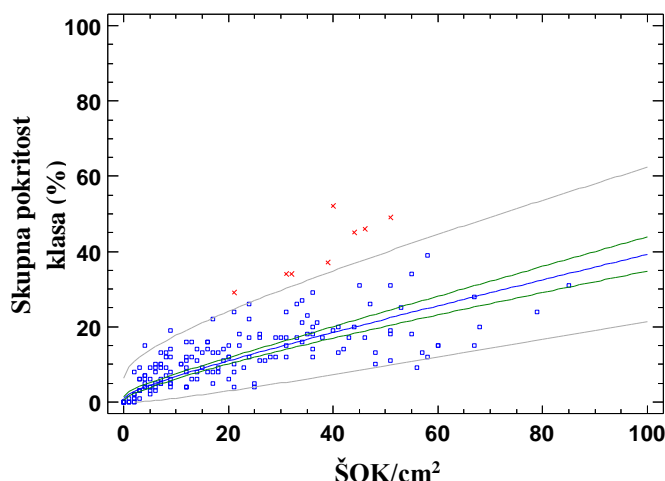
Delovna hitrost škropljenja	Mesto nanosa škropilne brozge	Regresijski model
5 km/h	klas spredaj in zadaj	odstotek pokritosti = $(1,06 + 0,79 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2})^2$
8,5 km/h	klas spredaj in zadaj	odstotek pokritosti = $(0,35 + 0,70 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2})^2$
12 km/h	klas spredaj in zadaj	odstotek pokritosti = $(0,91 + 0,54 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2})^2$

Preglednica 24: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm²
Table 24: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the total head coverage on the droplet footprints number/cm²

Delovna hitrost škropljenja	Mesto nanosa škropilne brozge	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije v % (r ²)	Standardna napaka regresije
5 km/h	klas spredaj in zadaj	0,001	0,72	51,75	1,46
8,5 km/h	klas spredaj in zadaj	0,001	0,86	73,57	0,97
12 km/h	klas spredaj in zadaj	0,001	0,82	67,24	0,81

Ker je šoba TurboDrop® HiSpeed 110 03 namenjena za škropljenje pri večjih DHŠ, bomo za skupno pokritost obeh strani klasa natančneje predstavili regresijski model vpliva ŠOK/cm² klasa pri DHŠ 12 km/h.

P-vrednost je manjša od 0,05 (0,001), kar pomeni, da ŠOK/cm² pri DHŠ 12 km/h po modelu *koren pokritosti-koren ŠOK/cm²* stat. značilno vpliva na skupno pokritost klasa. Koeficient korelacije znaša 0,82, kar predstavlja zelo močno povezavo med pokritostjo klasa in ŠOK/cm² (Pregl. 23). 67,24 % variabilnosti pri pokritosti pojasni variabilnost ŠOK/cm², ostali del ostane nepojasnen.



Slika 40: Regresijski model za odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm² pri DHŠ 12 km/h z intervali zaupanja za povprečno (notranji hiperboli) in posamezno (zunanji hiperboli) napoved
 Figure 40: Regression model for the dependence of the total head coverage from the droplet footprints number/cm² at the 12 km/h spraying speed with confidence intervals for the average (inner hyperbolae) and individual (outer hyperbolae) prognoses

Odvisnosti skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm² (Sl. 40) ponazarja regresijski model z enačbo (9):

$$Y = (0,91 + 0,54 * \sqrt{(\check{S}OK/cm^2)^2}) \quad \dots (9)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 30 odtisih kapljic/cm² s povprečno površino odtisa kapljice 0,59 mm² (0,80 mm² na sprednji in 0,90 mm² na zadnji strani klasa) morali doseči 14,77-odstotno pokritost klasa.

4.5 POKRITOST KLASA IN LISTOV PŠENICE S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE

Ob varstvu klasa moramo poskrbeti še za varstvo pred boleznimi zgornjih listov pšenice. Zato smo preverili tudi, kakšna je poleg pokritosti klasa še pokritost listov pri določeni DHŠ v času škropljenja s šobami TurboDrop® HiSpeed 110 03 proti FK. Čeprav literatura navaja predvsem pomen zgornjih treh listov za količino in kakovost pridelka, smo ugotavljali, ali del izbrizgane škropilne brozge prodira še globlje. Tako smo ugotavljali pokritost prvega (zastavičar), drugega, tretjega in četrtega lista od zgoraj navzdol ter ugotovili nanos škropilne brozge skoraj na vse vitalne liste pšenice v času škropljenja v klas. Ugotovljene povprečne pokritosti so navedene v preglednici 24.

Pokritost zastavičarja je bila pri vseh DHŠ stat. značilno največja, pokritost klasa pa je pri vseh DHŠ skoraj identična pokritosti drugega lista in stat. značilno manjša od pokritosti zastavičarja (Sl. 41). Prav tako je pri vseh DHŠ pokritost klasa in drugega lista stat.

značilno večja od pokritosti tretjega in četrtega lista. Pokritost tretjega lista je stat. značilno večja od pokritosti četrtega lista pri DHŠ 5 in 8,5 km/h, pri DHŠ 12 km/h pa v pokritosti teh dveh listov ni stat. značilnih razlik. Pokritost vseh obravnavanih delov rastline se stat. značilno razlikuje pri vseh DHŠ, največja pokritost je pri DHŠ 5 km/h in najmanjša pri DHŠ 12 km/h.

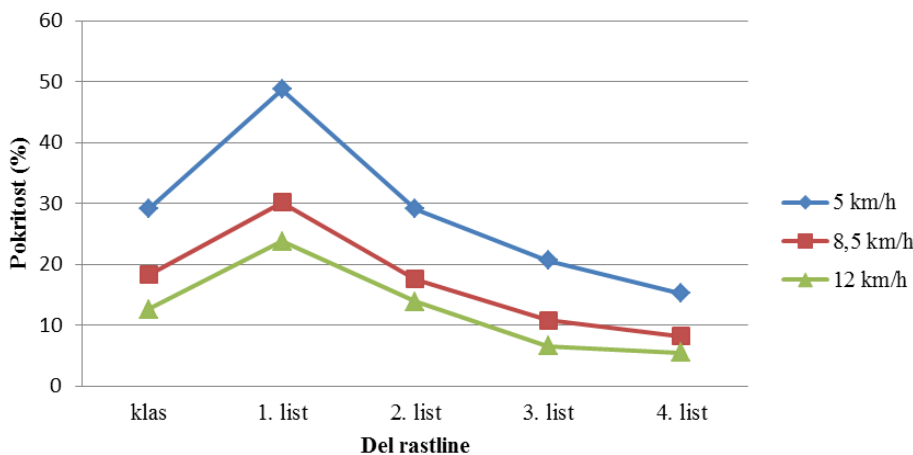
Preglednica 25: Pokritost klasa in listov pri različnih DHŠ v času škropljenja proti FK. Podatki so predstavljeni kot povprečje pokritosti pri različnih DHŠ ± standardna napaka

Table 25: Head and leaves coverage according to different driving speeds when spraying against FHB; data represented as average coverage according to different spraying speeds ± standard error

DHŠ	Pokritost dela rastline (%)				
	klas	1. list	2.list	3. list	4.list
5 km/h	29,11 ± 0,87 ^{b, A}	48,76 ± 1,9 ^{a, A}	29,05 ± 1,18 ^{b, A}	20,62 ± 1,16 ^{c, A}	15,2 ± 0,87 ^{d, A}
8,5 km/h	18,26 ± 0,69 ^{b, B}	30,16 ± 1,33 ^{a, B}	17,56 ± 0,91 ^{b, B}	10,78 ± 0,67 ^{c, B}	8,21 ± 0,69 ^{d, B}
12 km/h	12,58 ± 0,42 ^{b, C}	23,8 ± 1,18 ^{a, C}	13,89 ± 0,78 ^{b, C}	6,6 ± 0,54 ^{c, C}	5,44 ± 0,42 ^{c, C}

^{a, b, c} – povprečne vrednosti, označene z različnimi črkami za posamezno DHŠ pri različnih delih rastline, se med seboj razlikujejo statistično značilno (Duncanov test, $p \leq 0,05$)

^{A, B, C} – povprečne vrednosti, označene z različnimi črkami za določeni del rastline pri različnih DHŠ, se med seboj razlikujejo statistično značilno (Duncanov test, $p \leq 0,05$)



Slika 41: Odstotek pokritosti klasa in prvih štirih listov pšenice pri različnih DHŠ (povprečje pokritosti iz let 2011 in 2012)

Figure 41: Coverage value on the wheat head and the first four leaves according to different spraying speeds (average coverage for 2011 and 2012)

Za lažjo predstavitev pokritosti posameznega dela rastline s škropilno brozgo smo navedli graf, ki prikazuje odstotek pokritosti posameznega dela rastline pri določeni DHŠ (Sl. 41). Po pričakovanju smo največji odstotek pokritosti vseh delov rastline dosegli pri DHŠ 5 km/h, razvidno pa je tudi, da je razlika med odstotkom pokritosti posameznega dela rastline pri DHŠ 5 in 8,5 km/h večja kot med 8,5 in 12 km/h.

4.6 VARSTVO PŠENICE PRED FUZARIOZAMI KLASA

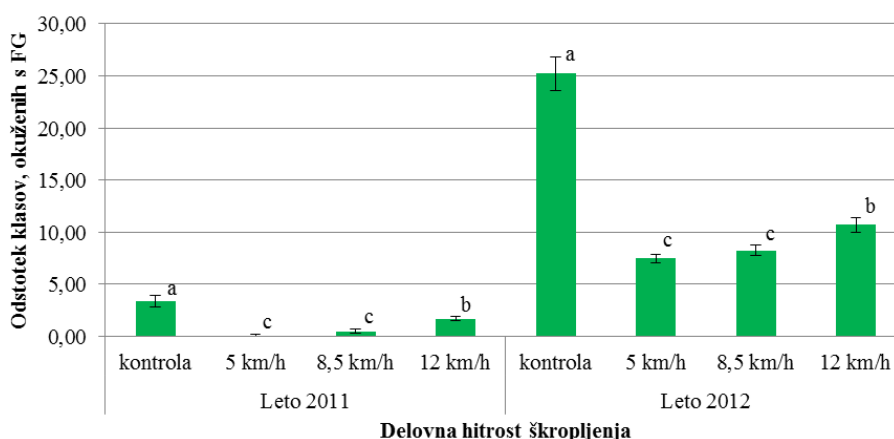
4.6.1 Okuženost klasov pšenice s fuzarijskimi glivami

Osnovni namen varstva pšenice pred FK je zmanjšanje odstotka okuženih klasov s FG. Tri tedne po škropljenju smo pri posameznem obravnavanju ugotovili skupni delež okuženih klasov z vsemi vrstami FG. Med letoma je prišlo do velike razlike v stopnji okužbe, kar je razvidno tudi s slike 42.

Preglednica 26: Značilnost razlik za odstotek klasov, okuženih s FG pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 26: Statistically significant differences in the percentage of FHB incidence heads according to different spraying speed in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Odstotek okuženih klasov	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



Slika 42: Odstotek klasov, okuženih s FG pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 42: Percentage of the FHB incidence according to different spraying speed in 2011 and 2012

Čeprav je bila okužba s FG v letu 2011 minimalna, na kontrolnih parcelicah je bilo okuženih samo 3,4 % klasov, smo med obravnavanji vseeno ugotovili določene stat. značilne razlike. Stat. značilno najmanjši odstotek okuženih klasov smo dosegli pri DHŠ 5,0 in 8,5 km/h (0,1 in 0,5 % klasov okuženih s FG), medtem ko je bil odstotek okuženih klasov s FG pri DHŠ 12,0 km/h (0,7 % okuženih klasov s FG) stat. značilno večji kot na prej omenjenih obravnavanjih in manjši od odstotka okuženih klasov na kontroli. V letu 2012 je prišlo do močnejših okužb s FG, saj smo na kontroli ugotovili 25,3 %, pri DHŠ 5 km/h 7,5 %, pri DHŠ 8,5 km/h 8,3 % in pri DHŠ 12 km/h 10,7 % klasov, okuženih s FG. Čeprav je v letu 2012 prišlo do močnejših okužb pšenice s FG kot v letu 2011, smo v obeh letih ugotovili stat. značilne razlike med enakimi obravnavanji.

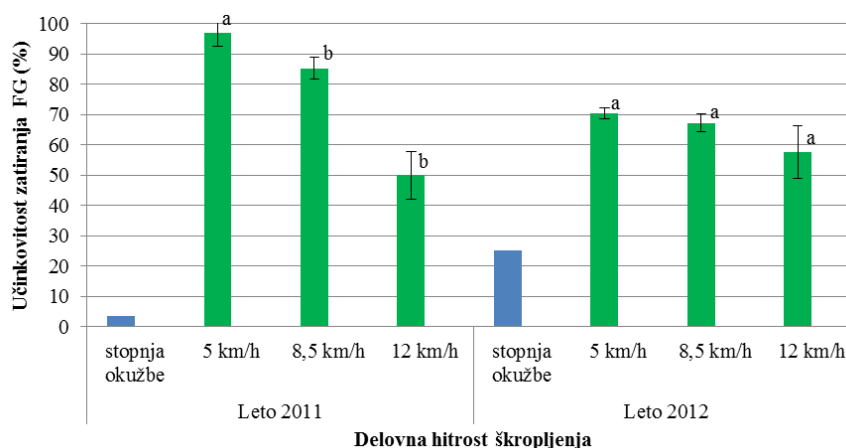
Zaradi ugotovljenih velikih razlik v stopnji okužbe s FG med letoma 2011 in 2012 bomo delež okuženih klasov in vse nadaljnje rezultate analiz predstavili samo za vsako leto posebej, brez rezultatov povprečja za obe leti skupaj.

4.6.2 Učinkovitost zatiranja fuzarijskih gliv

Na sliki 43 vidimo učinkovitost zatiranja FG s fungicidom Prosaro® (učinkovitost zatiranja FG) pri različnih DHŠ. Učinkovitost zatiranja FG smo izračunali po Abbotovi formuli.

Preglednica 27: Značilnost razlik za učinkovitost zatiranja FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012
Table 27: Statistically significant differences in the efficiency of FHB control according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Učinkovitost zatiranja FG	da ($p = 0,009$)	ne ($p = 0,708$)



Slika 43: Učinkovitost zatiranja FG pri različnih DHŠ v letu 2011 in 2012
Figure 43: Efficiency of FHB control according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Učinkovitost zatiranja FG se je v letu 2011 stat. značilno razlikovala med učinkovitostjo pri DHŠ 5 km/h, kjer smo dosegli 97,6-odstotno učinkovitost, in učinkovitostjo pri DHŠ 8,5 in 12 km/h, kjer je bila učinkovitost zatiranja FG 85,3- in 50-odstotna. V letu 2012, ko je bila stopnja okužbe precej večja, smo dosegli nekoliko slabšo učinkovitost zatiranja FG kot v letu 2011. Pri DHŠ 5 km/h smo dosegli 70,4-, pri DHŠ 8,5 km/h 67,3- in pri DHŠ 12 km/h 57,7-odstotno učinkovitost zatiranja FG. Stat. značilnih razlik pri učinkovitosti zatiranja FG med obravnavanimi DHŠ v letu 2012 nismo ugotovili.

4.7 REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST UČINKOVITOSTI ZATIRANJA FUZARIJSKIH GLIV OD POKRITOSTI KLASA IN ŠOK/cm² KLASA

Pravočasna, zadostna in izenačena pokritost klasa z najprimernejšim fungicidom omogoča zadovoljivo varstvo pšenice pred FK. Analizirali smo, ali lahko z določenim stat. modelom napovemo, kakšna je odvisnost učinkovitosti zatiranja FG s fungicidom Prosaro® od povečanja pokritosti klasa ali ŠOK/cm² klasa. Ker v letu 2012, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG, nismo mogli potrditi odvisnosti učinkovitosti zatiranja FG niti od pokritosti klasa niti od ŠOK/cm² še z regresijskim modelom brez vključenih rezultatov s kontrole, tudi ne bomo prikazali grafičnih regresijskih modelov za omenjeno odvisnost.

4.7.1 Odvisnost učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv od pokritosti klasa

Za naše rezultate odvisnosti učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa z vključenimi rezultati s kontrole in brez njih je najprimernejši stat. model *koren X*, kjer *X* predstavlja v odstotkih izraženo pokritost klasa (10).

$$Y = a + b * \sqrt{X} \quad \dots (10)$$

S pomočjo rezultatov iz preglednice 28 lahko ugotovimo, da smo pri regresijskem modelu, v katerega smo vključili tudi rezultate s kontrole, ugotovili stat. značilno odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa. Pri analizi rezultatov z enakim regresijskim modelom, v katerega rezultatov s kontrole nismo vključili, pa stat. značilne povezave med pokritostjo klasa in učinkovitostjo zatiranja FG nismo ugotovili. Čeprav je prišlo v letih 2011 in 2012 do različne stopnje okužbe s FG, lahko vidimo, da smo s stat. modelom *koren pokritosti klasa* ugotovili zelo podobne statistične parametre za odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa.

Regresijski model z vključenimi rezultati s kontrole za obe leti pokaže stat. značilno odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa ($p = 0,001$), prav tako pa veliko medsebojno povezanost med pokritostjo klasa in učinkovitostjo zatiranja FG pokažeta tudi koeficienta korelacije (0,97 in 96) in koeficienta determinacije (94,88 in 91,84 %) (Pregl. 28). Vseeno pa na podlagi teh rezultatov regresijskega modela *koren pokritosti klasa* ne moremo potrditi kot merodajnega za odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa, saj ga ne moremo potrditi z analizo rezultatov brez vključenih rezultatov s kontrole.

Stat. povezave med pokritostjo klasa in učinkovitostjo zatiranja FG s pomočjo regresijskega modela brez vključenih rezultatov s kontrole namreč nismo ugotovili v nobenem letu ($p = 0,128$ in $0,295$). Koeficienta korelacije (0,58 in 0,46) pa kažeta, da obstaja srednja povezanost med omenjenima spremenljivkama.

Preglednica 28: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012

Table 28: Regression models for the dependence of the efficiency of FHB control on the coverage of wheat heads with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski model
2011	K*	učinkovitost zatiranja FG = $2,19 + 17,38 * \sqrt{\text{pokritost klasa (\%)}}$
	BK*	učinkovitost zatiranja FG = $56,67 + 6,18 * \sqrt{\text{pokritost klasa (\%)}}$
2012	K	učinkovitost zatiranja FG = $4,17 + 13,71 * \sqrt{\text{pokritost klasa (\%)}}$
	BK	učinkovitost zatiranja FG = $59,19 + 1,99 * \sqrt{\text{pokritost klasa (\%)}}$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Preglednica 29: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012

Table 29: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the efficiency of FHB control on the coverage of wheat heads with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije v % (r ²)	Standardna napaka regresije (s)
2011	K*	0,001	0,97	94,88	10,16
	BK*	0,128	0,58	34,17	9,37
2012	K	0,001	0,96	91,84	9,46
	BK	0,295	0,46	21,50	3,74

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

4.7.2 Odvisnost učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv od ŠOK/cm²

Pri varstvu pšenice pred FK moramo zagotoviti čim večjo in čim bolj izenačeno pokritost klasa s škropilno brozgo. Okvirno nam lahko izenačenost pokritosti klasa pove ŠOK/cm² klasa, s katerim smo to pokritost dosegli. Zato nas je še zanimalo, kakšna je odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² klasa. Ugotovili smo, da je najprimernejši stat. model za ponazoritev odvisnosti med omenjenima spremenljivkama model *koren X*, kjer X predstavlja ŠOK/cm² (11).

$$Y = a + b * \sqrt{X} \quad \dots (11)$$

Preglednica 30: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012

Table 30: Regression models for the dependence of the efficiency of FHB control on the droplet footprints/cm² with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski model
2011	K*	učinkovitost zatiranja FG = $1,10 + 17,20 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2}$
	BK*	učinkovitost zatiranja FG = $24,90 + 12,35 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2}$
2012	K	učinkovitost zatiranja FG = $1,28 + 12,95 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2}$
	BK	učinkovitost zatiranja FG = $55,73 + 2,64 * \sqrt{\text{ŠOK/cm}^2}$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Preglednica 31: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012

Table 31: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the efficiency of FHB control on the droplet footprints/cm² with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije (r ²) (%)	Standardna napaka regresije (s)
2011	K*	0,001	0,99	97,67	6,5
	BK*	0,019	0,79	62,72	7,05
2012	K	0,001	0,98	96,43	6,52
	BK	0,514	0,27	7,42	5,31

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

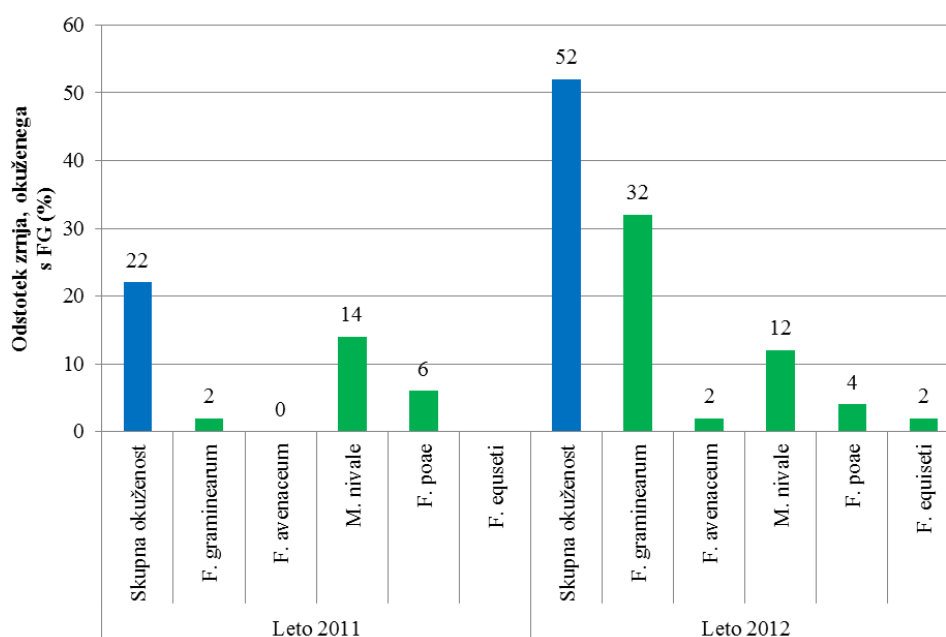
BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Regresijski model z vključenimi rezultati s kontrole pokaže za obe leti stat. značilno odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² (v obeh letih je $p = 0,001$). Velika sta tudi koeficienta korelacije (0,99 in 0,98) in koeficienta determinacije (97,67 in 96,43 %). Tako velika koeficienta korelacije pomenita popolno povezanost spremenljivk. V letu 2011, pri manjši stopnji okužbe s FG, smo ugotovili stat. značilno odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² tudi pri regresijskem modelu, v katerega rezultatov s kontrole nismo vključili ($p = 0,019$). V letu z večjo stopnjo okužbe pšenice s FG (2012) pa se je model pokazal kot neuporaben, saj s stat. kazalniki ne moremo dokazati odvisnosti učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² ($p = 0,51$, $r = 0,27$, $r^2 = 7,42$ %)

4.8 OKUŽENOST IN POVRŠINSKA ONESNAŽENOST ZRNJA PŠENICE S FUZARIJSKIMI GLIVAMI

4.8.1 Okuženost zrnja s posameznimi vrstami fuzarijskih gliv pred žetvijo pšenice

Da bi na našem poskusnem polju ugotovili prisotnost posameznih vrst FG, smo izvedli mikološko analizo zrnja s kontrole. Mikološko analizo so na skupnem vzorcu 300 klasov s treh ponovitev kontrole (3 x 100 klasov) za nas opravili v laboratoriju EQUASA v Brestu v Franciji. Ugotovili smo skupni odstotek okuženega zrnja in odstotek zrnja, okuženega s posameznimi vrstami FG (Sl. 44).

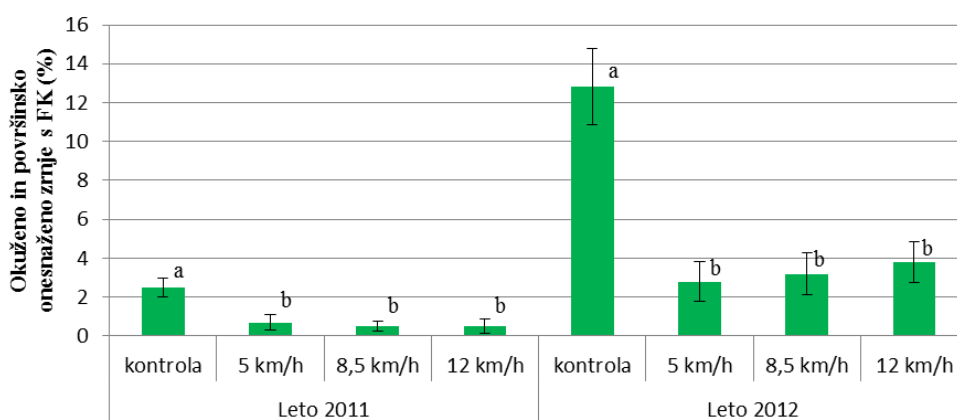


Slika 44: Vrste FG in odstotek okuženega zrnja s posameznimi vrstami FG v letih 2011 in 2012
Figure 44: FHB species and percentage of the infected grains according to these species in 2011 and 2012

Čeprav sta bila stopnja okužbe in s tem odstotek okuženih klasov v letu 2011 relativno majhna, je bilo z različnimi vrstami FG okuženih kar 22 % zrn. Največji odstotek okuženih zrn (14 %) je bil okužen s snežno plesnijo (*M. nivale*), več kot polovico manj je bilo zrn, okuženih s *Fusarium poae* (6 %), 2 % od vseh okuženih zrn pa je bilo okuženih s fuzarijsko pegavostjo pšeničnih in rženih klasov (*F. graminearum*). V letu 2012 je bila stopnja okužbe klasov pšenice s FG večja, kar se je odrazilo tudi na odstotku okuženih zrn. Od skupnega odstotka okuženih zrn, ki je znašal kar 52 %, je bilo večino zrn (32 %) okuženih s fuzarijsko pegavostjo pšeničnih in rženih klasov (*F. graminearum*). Precej manj zrn je bilo okuženih s snežno plesnijo (*M. nivale*) (12 %), kar je skoraj enako kot v letu 2011. Ugotovili smo še okuženost zrnja s *F. poae* (4 %), *F. avenaceum* (2 %) in *F. equiseti* (2 %).

4.8.2 Skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s fuzarijskimi glivami po žetvi pšenice

Vsega zrnja ne porabimo za prehrano ali krmo, pač pa ga del uporabimo kot seme za nadaljnjo pridelavo. V vlažnem skladišču, prav tako pa tudi pri semenarstvu v postopku analize zrnja na okuženost s FG, klijejo tudi spore FG s površine zrn. Zato je za požeto zrnje dosti bolj kot okuženost zrnja s FG pomemben podatek o skupni okuženosti in površinski onesnaženosti zrnja s FG. Po žetvi zrnja za nadaljnjo uporabo namreč površinsko ne steriliziramo, pač pa ga le v semenski proizvodnji tretiramo s sredstvi za tretiranje semena. S tretiranjem semena s fungicidi uničimo spore na površini semena in preprečimo razvoj glive iz okuženega semena.



Slika 45: Skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG (brez sterilizacije površine zrnja) po žetvi pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 45: Total percentage of the FHB-infected and surface contaminated grains (without sterilisation of the grain surface) after the harvest according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Preglednica 32: Značilnost razlik za skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG (brez sterilizacije površine zrnja) po žetvi pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 32: Statistically significant differences in the total percentage of the FHB-infected and surface contaminated grains (without sterilisation the grain surface) after the harvest according to different spraying speeds in 2011 and 2012

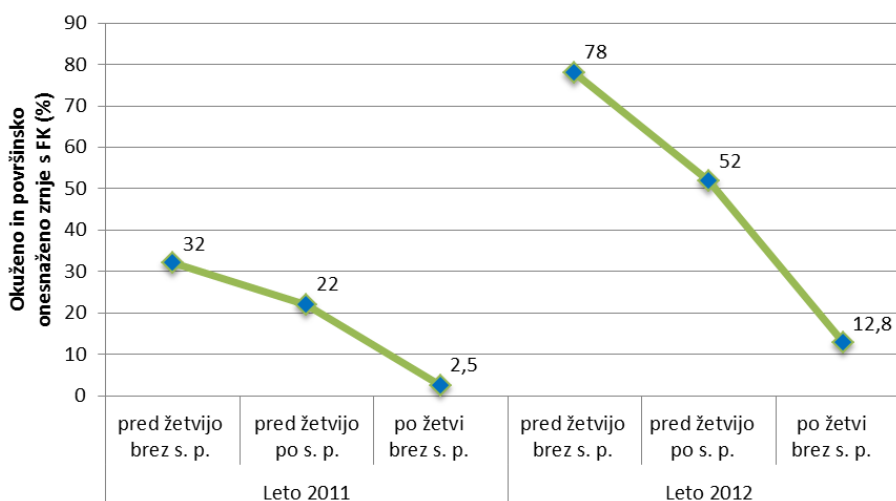
Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja	da ($p = 0,030$)	da ($p = 0,001$)

V letih 2011 in 2012 smo ugotovili stat. značilne razlike v skupnem odstotku okuženega ter površinsko onesnaženega zrnja med kontrolo in obravnavanji škropljenja pri različnih DHŠ, med obravnavanji škropljenja pri različnih DHŠ pa stat. značilnih razlik ni bilo. V letu 2011 je bil na kontroli skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s

FG 2,5 %, pri DHŠ 5 km/h 0,7 %, pri DHŠ 8,5 km/h in 12 km/h pa 0,5 %. V letu 2012 je bil odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG na kontroli 12,8 %, pri DHŠ 5 km/h 2,8 %, pri DHŠ 8,5 km/h 3,2 % in pri DHŠ 12 km/h 3,8 %.

4.8.3 Primerjava okuženosti in površinske onesnaženosti zrnja s fuzarijskimi glivami na kontroli pred žetvijo in po njej

Med žetvijo s kombajnom s pomočjo zračnega toka, ki ga ustvari ventilator, izpihamo manjše in lažje zrnje. Manjše in lažje je tudi zrnje, okuženo s FG, zato kombajn med žetvijo izpihne tudi večino s FG okuženih zrn. Vendar pa v postopku žetve prihaja do trenja med zrni, kar omogoča tudi površinsko onesnaženost zdravega zrnja s spori FG.



Slika 46: Odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG povprečnega skupnega vzorca s kontrole pred žetvijo in po njej v letih 2011 in 2012

Figure 46: Total percentage of the FHB-infected and surface contaminated grains in the average collective control sample before and after the harvest in 2011 and 2012

S sterilizacijo površine (s. p.) smo uničili spore na površini zrnja, ki smo ga dobili iz klasja, nabranega pred žetvijo in oluščena s pomočjo luščilnika za klasje Wintersteiger. Ugotovili smo, da je bilo v letu 2011 na kontroli površinsko onesnaženega 10 % zrnja od skupnih 32 % okuženega in površinsko onesnaženega zrnja, nabranega pred žetvijo. V letu 2012, ko je znašal skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja pred žetvijo na kontroli kar 78 %, pa je bilo površinsko onesnaženega zrnja kar 26 %. Po žetvi smo ugotavljali samo skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja, ki je v letu 2011 znašal 2,5 %, v letu 2012 pa 12,8 %. Ugotovili smo, da smo na kontroli v letu 2011 v času žetve s pomočjo izpihovanja z ventilatorjem kombajna zmanjšali skupni odstotek potencialno okuženega in površinsko onesnaženega zrnja z 32 % na samo 2,5 %, v letu 2012 pa z 78 % na 12,8 %.

4.9 ONESNAŽENOST ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL PRED ŽETVIJO

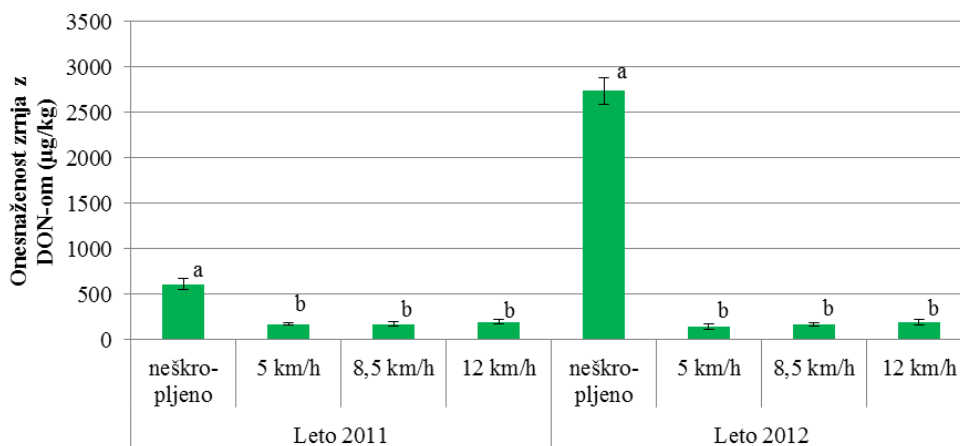
4.9.1 Onesnaženost zrnja

Poleg zmanjšanja stopnje okužbe klasa s FG je osnovni namen varstva pšenice pred FK čim bolj zmanjšati onesnaženost zrnja z mikotoksini, vsekakor pa pod mejo, ki je dovoljena za tržno pšenico (npr. za DON pod 1250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ suhega zrnja). V naših poskusih nismo ugotovili prisotnosti glive *F. culmorum*, zato je na stopnjo onesnaženosti zrnja z DON-om v glavnem vplivala gliva *F. graminearum*, izredno malo pa lahko še druge vrste FG.

Preglednica 33: Značilnost razlik za onesnaženost zrnja z DON-om, nabranega neposredno pred žetvijo, pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 33: Statistically significant differences in the DON contamination of grains gathered immediately before the harvest according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011	Leto 2012
Onesnaženost zrnja z DON-om	da ($p = 0,001$)	da ($p = 0,001$)



Slika 47: Onesnaženost zrnja z DON-om, nabranega neposredno pred žetvijo, pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 47: DON contamination of grains collected immediately before the harvest according to different spraying speeds in 2011 and 2012

V letu 2011, ko je bila stopnja okužbe z glivo *F. graminearum* zelo majhna, smo ugotovili majhno onesnaženost zrnja z DON-om tudi na kontroli. Onesnaženost zrnja z DON-om pri obravnavanjih z različnimi DHŠ je bila stat. značilno manjša od kontrole, stat. značilnih razlik v onesnaženosti zrnja z DON-om med obravnavanji različnih DHŠ pa nismo

ugotovili. Onesnaženost zrnja z DON-om pri DHŠ 5 km/h je bila 174 µg/kg SS zrnja, pri DHŠ 8,5 km/h 172 µg/kg SS zrnja in pri DHŠ 12 km/h 199 µg/kg SS zrnja. Zelo podobne rezultate smo pri obravnavanjih različnih DHŠ ugotovili tudi v letu 2012, čeprav je onesnaženost zrnja z DON-om na kontroli močno presegala mejo 1250 µg/kg SS zrnja. Podobno kot v letu 2011 so bile tudi v letu 2012, pri močnejši stopnji okužbe s FG, stopnje onesnaženosti zrnja z DON-om pod mejo 200 µg/kg SS zrnja. Medtem ko je bila onesnaženost zrnja z DON-om na kontroli 2737 µg/kg SS zrnja, smo pri DHŠ 5 km/h ugotovili onesnaženost zrnja z DON-om v vrednosti 145 µg/kg SS zrnja, pri DHŠ 8,5 km/h 166 µg/kg SS zrnja in pri DHŠ 12 km/h 196 µg/kg SS zrnja.

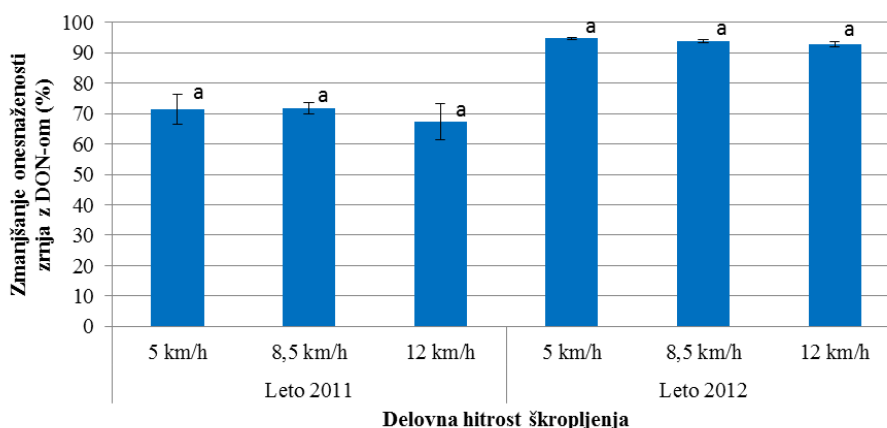
4.9.2 Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja

Onesnaženost zrnja z DON-om v µg/kg SS zrnja smo prikazali že v prejšnjem poglavju, učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pa izražamo v odstotkih zmanjšanja onesnaženosti zrnja na škropljenih obravnavanjih od onesnaženosti zrnja z DON-om na kontroli. V letu 2012, v letu z večjo stopnjo okužbe s FG in večjo onesnaženostjo zrnja z DON-om na kontroli, smo dosegli večji odstotek zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om kot v letu 2011 (Sl. 48). Statističnih razlik v učinkovitosti zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om med obravnavaji različnih DHŠ nismo ugotovili niti v letu 2011 niti v letu 2012. V letu 2011 smo v primerjavi s kontrolo uspeli pri DHŠ 5 km/h zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om za 71,43 %, pri DHŠ 8,5 km/h za 70,81 % in pri DHŠ 12 km/h za 67,27 %. V letu 2012 pa smo glede na onesnaženost zrnja z DON-om na kontroli uspeli pri DHŠ 5 km/h zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om za 94,7 %, pri DHŠ 8,5 km/h za 93,9 % in pri DHŠ 12 km/h za 92,8 %.

Preglednica 34: Značilnost razlik za učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 34: Statistically significant differences in reducing the DON contamination of grains at different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavaji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om	ne (p = 0,058)	ne (p = 0,252)



Slika 48: Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Figure 48: Reducing the DON contamination of grains at different spraying speeds in 2011 and 2012

4.10 REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST ONESNAŽENOSTI ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL OD ODSOTKA OKUŽENIH KLASOV S FUZARIJSKIMI GLIVAMI, POKRITOSTI KLASA IN ŠOK/cm² KLASA

V poglavju 4.4.3.1 smo ugotovili določeno odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa in ŠOK/cm². Najti smo poskušali še stat. model, s katerim bi lahko napovedali onesnaženost zrnja z DON-om na podlagi ugotovljenega deleža okuženih klasov s FG, pokritosti klasa in ŠOK/cm² klasa. Ker nobenega regresijskega modela nismo mogli potrditi še z regresijskim modelom brez vključenih rezultatov s kontrole, tudi ne bomo prikazali grafičnih regresijskih modelov za omenjene odvisnosti.

4.10.1 Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od odstotka okuženih klasov s fuzarijskimi glivami

Z analizo odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG smo z vključenimi rezultati s kontrole kot najprimernejši regresijski model ugotovili model, ki smo ga poimenovali *koren Y-kvadrat X*. Y predstavlja onesnaženost zrnja z DON-om, X pa odstotek okuženih klasov s FG. Onesnaženost zrnja z DON-om je bila v obeh letih stat. značilno odvisna od odstotka okuženih klasov ($p = 0,001$), velika sta bila tudi koeficienta korelacije (0,92 in 0,98) in koeficienta determinacije (84,35 in 96,93 %) (Pregl. 35). Koeficienta korelacije kažeta na popolno povezanost med spremenljivkama.

$$\sqrt{Y} = a + b * X^2 \text{ ali } Y = (a + b * X^2)^2 \quad \dots (12)$$

Preglednica 35: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG v letih 2011 in 2012

Table 35: Regression models for the dependence of the DON contamination of grains on the percentage of the FHB-infected heads in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski model
2011	K*	onesnažost zrnja = $(13,33 + 1,05 * (\% \text{ okuženih klasov})^2)^2$
	BK*	onesnažost zrnja = $(13,68 - 0,10 * (\% \text{ okuženih klasov})^2)^2$
2012	K	onesnažost zrnja = $(9,40 + 0,06 * (\% \text{ okuženih klasov})^2)^2$
	BK	onesnažost zrnja = $(12,77 + 0,01 * (\% \text{ okuženih klasov})^2)^2$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Preglednica 36: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG v letih 2011 in 2012

Table 36: Analysis of variance for the regression models of the dependence of the DON contamination of grains on the percentage of the FHB-infected heads in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije (r^2) (%)	Standardna napaka regresije (s)
2011	K*	0,001	0,92	84,35	2,12
	BK*	0,860	-0,07	0,56	0,79
2012	K	0,001	0,98	96,93	2,88
	BK	0,600	0,22	4,85	0,95

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Z analizo odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG brez vključenih rezultatov s kontrole pa se je model pokazal kot neuporaben, saj stat. značilne povezave med odstotkom okuženih klasov in onesnaženostjo zrnja z DON-om ($p = 0,86$ in $0,6$) nismo ugotovili v nobenem letu.

Zato na podlagi ugotovitev stat. modela *koren onesnaženosti zrnja z DON-om-kvadrat odstotka okuženih klasov s FG* ne moremo sprejeti kot ustreznega za prikaz odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov. Stat. značilne odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov brez vključenih rezultatov s kontrole nismo mogli potrditi niti z nobenim drugim regresijskim modelom.

4.10.2 Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od pokritosti klasa

Z analizo odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa smo z vključenimi rezultati s kontrole kot najprimernejši regresijski model ugotovili model, ki smo ga poimenovali *recipročni Y-koren X*. Y predstavlja onesnaženost zrnja z DON-om, X pa v odstotkih izraženo pokritost klasa. Onesnaženost zrnja z DON-om je bila v obeh letih stat. značilno odvisna od pokritosti klasov ($p = 0,001$), velika sta bila tudi koeficienta korelacije (0,95 in 0,97) in koeficienta determinacije (91 in 94,55 %). Koeficienta korelacije kažeta na popolno povezanost med spremenljivkama.

$$1/Y = a + b * \sqrt{X} \text{ ali } Y = 1/(a + b * \sqrt{X}) \quad \dots (13)$$

Preglednica 37: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro® v letih 2011 in 2012

Table 37: Regression models for the dependence of the DON contamination of grains on the coverage of wheat heads with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski modeli
2011	K*	onesnaženost zrnja = $1/(0,002 + 0,001 * \sqrt{\text{pokritost (\%)}})$
	BK*	onesnaženost zrnja = $1/(0,004 + 0,001 * \sqrt{\text{pokritost (\%)}})$
2012	K	onesnaženost zrnja = $1/(0,001 + 0,001 * \sqrt{\text{pokritost (\%)}})$
	BK	onesnaženost zrnja = $1/(0,004 + 0,001 * \sqrt{\text{pokritost (\%)}})$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Preglednica 38: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa v letih 2011 in 2012

Table 38: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the DON contamination of grains on the coverage of wheat heads in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije (r^2) (%)	Standardna napaka regresije (s)
2011	K*	0,001	0,95	91	0,0006
	BK*	0,115	0,61	36,84	0,0005
2012	K	0,001	0,97	94,55	0,0005
	BK	0,201	0,51	25,59	0,0007

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Z analizo odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa brez vključenih rezultatov s kontrole pa se je model pokazal kot neuporaben, saj stat. značilne povezave med pokritostjo klasov in onesnaženostjo zrnja z DON-om ($p = 0,115$ in $0,201$) nismo ugotovili v nobenem letu.

Zato na podlagi ugotovitev stat. modela *recipročno onesnaženost zrnja z DON-om-koren pokritosti klasa* ne moremo sprejeti kot ustreznega za prikaz odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa. Stat. značilne odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa nismo mogli potrditi niti z nobenim drugim regresijskim modelom.

4.10.3 Odvisnost onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol od ŠOK/cm²

Podobno kot pri analizi odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa smo tudi pri analizi odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² z vključenimi rezultati s kontrole kot najprimernejši regresijski model ugotovili model *recipročni Y-koren X*. Y predstavlja onesnaženost zrnja z DON-om, X pa ŠOK/cm². Odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² je bila v obeh letih stat. značilna ($p = 0,001$), velika sta bila tudi koeficienta korelacije ($0,99$ in $0,98$) in koeficienta determinacije ($97,1$ in $95,6$ %). Koeficienta korelacije kažeta popolno povezanost med spremenljivkama.

$$1/Y = a + b * \sqrt{X} \text{ ali } Y = 1/(a + b * \sqrt{X}) \quad \dots (14)$$

Preglednica 39: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² klasa s Prosarom® v letih 2011 in 2012

Table 39: Regression models for the dependence of the DON contamination of grains on the droplet footprints number/cm² of a wheat head with Prosaro® fungicide in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski modeli
2011	K*	onesnaženost zrnja = $1/(0,002 + 0,001 * \sqrt{(\text{ŠOK/cm}^2)})$
	BK*	onesnaženost zrnja = $1/(0,002 + 0,001 * \sqrt{(\text{ŠOK/cm}^2)})$
2012	K	onesnaženost zrnja = $1/(0,001 + 0,001 * \sqrt{(\text{ŠOK/cm}^2)})$
	BK	onesnaženost zrnja = $1/(0,001 + 0,001 * \sqrt{(\text{ŠOK/cm}^2)})$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Nasprotno kot pri analizi odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa se je regresijski model v letu 2011, v letu z manjšo stopnjo okužbe pšenice s FG, pokazal kot primeren tudi pri analizi odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² brez vključenih rezultatov s kontrole. Ugotovili smo stat. značilno odvisnost onesnaženosti

zrnja z DON-om od ŠOK/cm² ($p = 0,001$). Da je medsebojna povezava med povečanjem ŠOK/cm² in zmanjšanjem onesnaženosti zrnja z DON-om močna, pokazeta tudi koeficient korelacije (0,84) in koeficient determinacije (70,2 %).

Preglednica 40: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² v letih 2011 in 2012

Table 40: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the DON contamination of grains on the droplet footprints number/cm² in 2011 and 2012

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije (r ²) (%)	Standardna napaka regresije (s)
2011	K*	0,001	0,99	97,1	0,0003
	BK*	0,009	0,84	70,22	0,0003
2012	K	0,001	0,98	95,58	0,0006
	BK	0,140	0,57	32,52	0,0007

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Čeprav v letu 2012, v letu z večjo stopnjo okužbe pšenice s FG, ne moremo s 95-odstotno verjetnostjo potrditi stat. značilne odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm² ($p = 0,1399$), pa nam koeficient korelacije (0,57) nakazuje zmerno močno povezanost med ŠOK/cm² in zmanjšanjem onesnaženosti zrnja z DON-om.

4.11 PRIMERJAVA UČINKOVITOSTI ZATIRANJA FUZARIJSKIH GLIV IN ONESNAŽENOSTI ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL

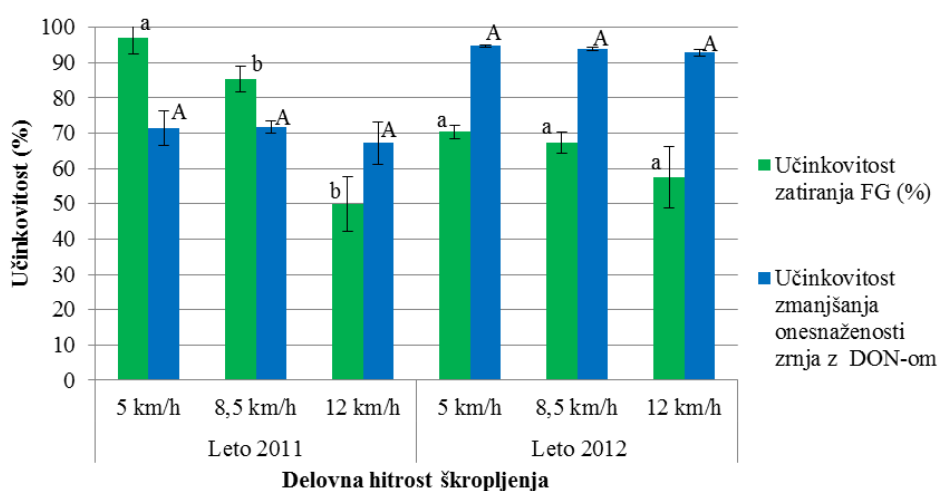
4.11.1 Primerjava učinkovitosti zatiranja fuzarijskih gliv in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenol pred žetvijo

S primerjavo učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om nam rezultati pokažejo, da smo v letu 2011 z varstvom klasa s fungicidom Prosaro® dosegli večjo učinkovitost zatiranja FG, v letu 2012, v letu z večjo stopnjo okužbe pšenice s FG, pa večjo učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om (Sl. 50). Nekoliko odstopa od ugotovitev samo učinkovitost zatiranja FG pri DHŠ 12 km/h v letu 2011, letu z manjšo stopnjo okužbe pšenice s FG.

Preglednica 41: Značilnost razlik za primerjavo učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om v letih 2011 in 2012

Table 41: Statistically significant differences in the comparison between the efficiency of the FHB control and the reduction of the DON contamination of grains in 2011 in 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Učinkovitost zatiranja FG	da ($p = 0,0087$)	ne ($p = 0,7081$)
Učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om	ne ($p = 0,0584$)	ne ($p = 0,2524$)



Slika 49: Primerjava učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om v letih 2011 in 2012

Figure 49: Comparison between the efficiency of the FHB control and the reduction of the DON contamination of grains in 2011 in 2012

4.11.2 Primerjava onesnaženosti zrnja z mikotoksinom deoksinivalenolom pred žetvijo in po njej

Eden od načinov za zmanjšanje onesnaženosti pridelanega zrnja z DON-om je tudi pravilna nastavitev kombajna v času žetve. Okužena zrna s FG so manjša in lažja od zdravih, kombajn pa lahko taka manjša in lažja zrna ob žetvi izpiha. Če je v požetem zrnju manj zrn okuženih s *F. graminearum* in *F. culmorum*, je posledično manjša tudi onesnaženost zrnja z DON-om.

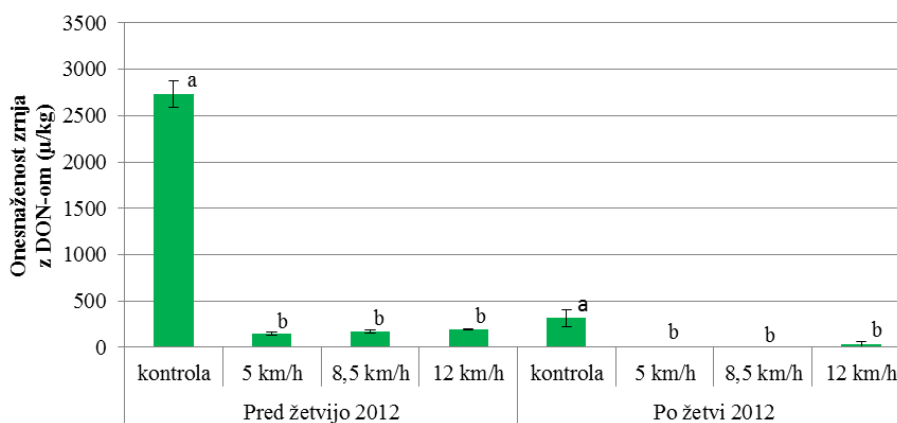
Primerjamo lahko samo rezultate iz leta 2012, saj analize onesnaženosti zrnja z DON-om po žetvi v letu 2011 zaradi objektivnih razlogov nismo uspeli opraviti. Zaradi večje stopnje okuženosti pšenice s FG v letu 2012 pa so ti rezultati tudi pomembnejši. Če primerjamo onesnaženost zrnja z DON-om na kontroli pred žetvijo (2737 $\mu\text{g}/\text{kg}$ SS zrnja) in po njej (317 $\mu\text{g}/\text{kg}$ SS zrnja), ugotovimo, da smo na kontroli s postopkom žetve zmanjšali

onesnaženost pridelanega zrnja z DON-om za 88,42 %. Pri obravnavanjih z DHŠ 5,0 in 8,5 km/h smo s postopkom žetve dodatno uspeli zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om s 145 in 166 µg/kg SS zrnja na 0 µg/kg SS zrnja, pri DHŠ 12,0 km/h pa s 166 µg/kg SS zrnja na 33 µg/kg SS zrnja.

Preglednica 42: Značilnost razlik za onesnaženost zrnja z DON-om pred žetvijo in po njej pri različnih DHŠ v letu 2012

Table 42: Statistically significant differences in the DON contamination of grains before and after the harvest according to different spraying speeds in 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2012 pred žetvijo	Leto 2012 po žetvi
Onesnaženost zrnja z DON-om	da (p = 0,001)	da (p = 0,012)



Slika 50: Onesnaženost zrnja z DON-om pred žetvijo in po njej pri različnih DHŠ v letu 2012

Figure 50: DON contamination of grains before and after the harvest according to different spraying speeds in 2012

4.12 PARAMETRI PRIDELANEGA ZRNJA

4.12.1 Količina pridelanega zrnja

Ker je poskus potekal v naravnih pogojih, smo pričakovali razlike tudi v pridelku zrnja med preučevanima letoma. Po velikem pridelku zrnja v letu 2011 smo v letu 2012 dosegli precej manjši pridelek (Sl. 51). Po pričakovanju smo v obeh letih dosegli najmanjši pridelek zrnja s 14-odstotno vlago na kontroli, kjer nismo opravili varstva pšenice pred FK.

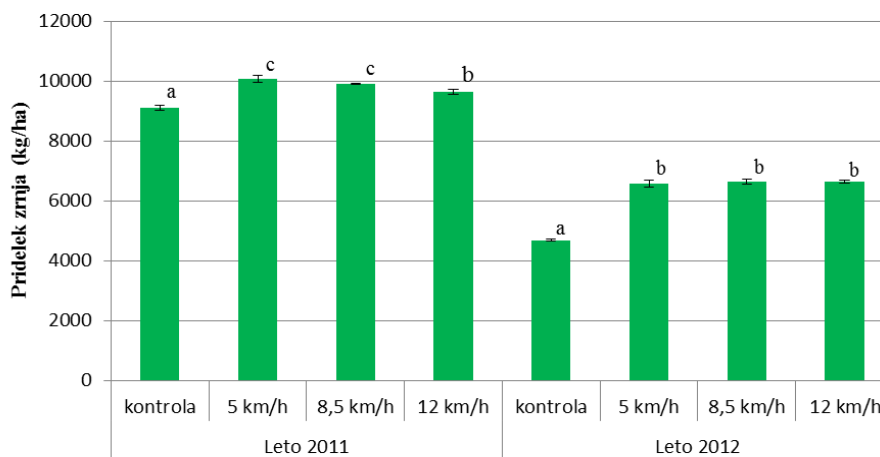
V obeh poskusnih letih smo dosegli stat. značilno večji pridelek kot na kontroli pri vseh obravnavanih DHŠ. V letu 2011 smo dosegli stat. značilno največji pridelek pri DHŠ 5,0 in 8,5 km/h, kjer je bil pridelek 10.073 kg/ha in 9906 kg/ha. Pri DHŠ 12 km/h pa smo dosegli pridelek 9633 kg/ha, ki je bil stat. značilno manjši od pridelka pri DHŠ 5,0 in 8,5 km/h ter stat. značilno večji kot na kontroli (9115 kg/ha). V letu 2012 smo dosegli pri vseh

obravnavanjih DHŠ podoben pridelek, ki je pri DHŠ 5 km/h znašal 6566 kg/ha, pri DHŠ 8,5 km/h 6645 kg/ha in pri DHŠ 12 km/h 6631 kg/ha. Pridelki se med obravnavanimi DHŠ med seboj niso razlikovali stat. značilno, so se pa stat. značilno razlikovali od pridelka na kontroli, kjer smo dosegli 4680 kg/ha. Kljub precej manjšemu pridelku v letu 2012 v primerjavi z letom 2011 je bila količina pridelka na kontroli v primerjavi z obravnavanimi DHŠ v letu 2012 manjša za skoraj 2000 kg/ha, medtem ko je v letu 2011 bila ta razlika nekaj manj kot 1000 kg.

Preglednica 43: Značilnost razlik za pridelek zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Table 43: Statistically significant differences in the grain yield according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011	Leto 2012
Pridelek zrnja	da (p = 0,001)	da (p = 0,001)



Slika 51: Pridelek zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 51: Grain yield according to different spraying speeds in 2011 and 2012

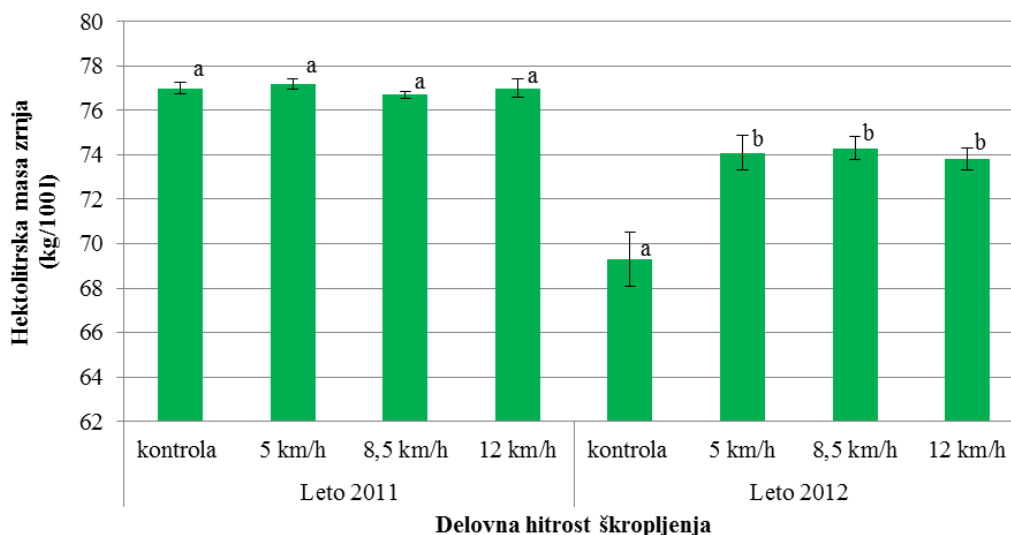
4.12.2 Hektolitrska masa zrnja

Podobno kot na pridelek zrnja imajo vremenske razmere velik vpliv tudi na HM zrnja, s katero izražamo volumsko maso zrnja (masa 100 l zrnja, izražena v kg).

Z analizo HM požetega zrnja stat. značilnih razlik v letu 2011 nismo ugotovili, saj je bila HM pri vseh obravnavanjih zelo podobna. Najmanjša HM zrnja je bila dosežena pri DHŠ 8,5 km/h (76,7 kg), največja pa pri DHŠ 5 km/h (77,2 kg). V letu 2012 je bila HM požetega zrnja pri obravnavanih DHŠ stat. značilno večja kot na kontroli. HM požetega zrnja na obravnavanih DHŠ je bila namreč večja od 4,5 do 5,0 kg kot na kontroli, stat. značilnih razlik v HM požetega zrnja med obravnavanimi DHŠ pa ni bilo. HM zrnja pri DHŠ 5 km/h je bila 74,1, pri DHŠ 8,5 km/h 74,3 kg in pri DHŠ 12 km/h 73,8 kg.

Preglednica 44: Značilnost razlik v hektolitrski masi požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Table 44: Statistically significant differences in the hectolitre grain weight of the harvested grains according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011	Leto 2012
Hektolitrska masa požetega zrnja	ne ($p = 0,635$)	da ($p = 0,001$)



Slika 52: Hektolitrska masa požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

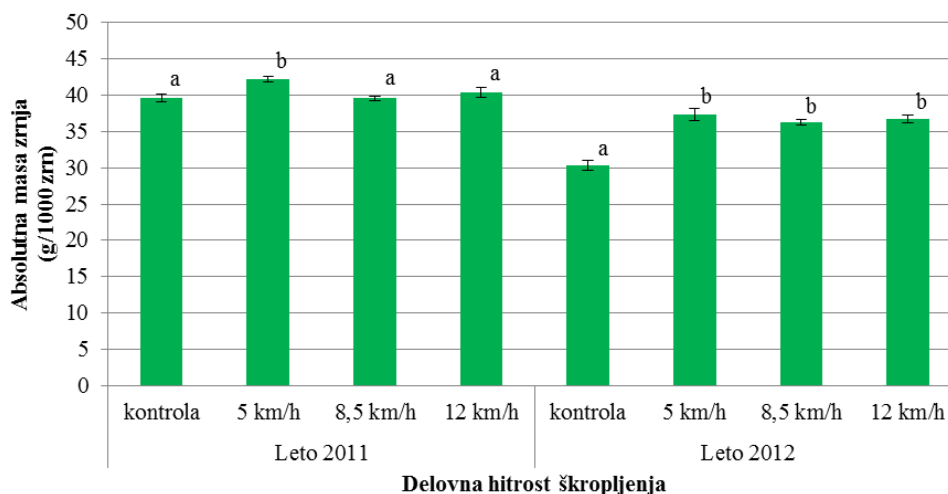
Figure 52: Hectolitre grain weight of the harvested grains according to different spraying speeds in 2011 and 2012

4.12.3 Absolutna masa zrnja

V letu 2011 smo pri DHŠ 5 km/h dosegli AM požetega zrnja 42,2 g. Bila je stat. značilno večja kot pri ostalih obravnavanjih, kjer je bila vrednost AM na kontroli in DHŠ 8,5 km/h 39,6 g ter pri DHŠ 12 km/h 40,4 g. Zanimiva je ugotovitev, da v letu 2011 AM požetega zrnja na kontroli ni bila značilno manjša kot pri DHŠ 8,5 km/h in 12 km/h. V letu 2012 smo na kontroli ugotovili stat. značilno manjšo AM kot pri obravnavanih DHŠ. Znašala je le 30,3 g, pri obravnavanih DHŠ pa od 36,3 g pri DHŠ 8,5 km/h do 37,3 g pri DHŠ 5 km/h. Medtem ko je v letu 2011 prišlo do določene statistično značilne razlike v AM pridelanega zrnja tudi med obravnavanimi DHŠ, je bila pri teh obravnavanjih v letu 2012 AM pridelanega zrnja zelo podobna in brez stat. značilnih razlik. Ugotovimo lahko, da je bila v letu 2012, ko je prišlo do močnejših okužb s FG, AM zrnja pri vseh obravnavanjih manjša kot v letu 2011, razlike med kontrolo in obravnavanimi DHŠ pa večje. V letu 2011 je bila razlika v AM požetega zrnja med obravnavanji z najmanjšo in največjo AM samo 2,6 g, v letu 2012 pa kar 7,0 g.

Preglednica 45: Značilnost razlik v absolutni masi požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012
Table 45: Statistically significant differences in the thousand grain weight of the harvested grains according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011	Leto 2012
Absolutna masa požetega zrnja	da (p = 0,001)	da (p = 0,001)



Slika 53: Absolutna masa požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 53: Thousand grain weight of the harvested grains according to different spraying speeds in 2011 and 2012

4.12.4 Velikostni razredi zrnja

Rezultati analize velikostnih razredov požetega zrnja kažejo, da je bil na kontroli v primerjavi z obravnavanimi DHŠ večji odstotek drobnejših zrn, ki so bistveno prispevala k zmanjšanju AM požetega zrnja na kontroli (Pregl. 45). Čeprav je med posameznimi obravnavanji prišlo do določenih razlik v masnem odstotku velikostnega razreda požetega zrnja, stat. značilnih razlik med obravnavanji znotraj velikostnega razreda v letu 2011 nismo ugotovili.

Do določenih stat. značilnih razlik v med kontrolo in ostalimi obravnavanji je prišlo v letu 2012 predvsem pri drobnejših zrnih, to je pri velikostnih razredih zrn manjših od 2,2 mm in od 2,2 do 2,5 mm. Pri omenjenih velikostnih razredih je bil odstotek zrnja na kontroli stat. značilno večji kot pri obravnavanih DHŠ. Večino teh drobnih zrn je bilo zgrbančenih in/ali nekoliko drugače obarvanih kot ostala zrna.

Preglednica 46: Masni odstotek velikostnih razredov požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012. Podatki so predstavljeni kot povprečje \pm standardna napaka znotraj enega velikostnega razreda v istem letu.
Table 46: Grain size categories according to different spraying speeds in 2011 and 2012; data represented as an average \pm standard error within one size category in the same year

Leto	Delovna hitrost škropljenja (km/h)	Masni odstotek velikostnih razredov zrnja (%)				
		> 4,0 mm	3,0 do 4,0 mm	2,5 do 3,0 mm	2,2 do 2,5 mm	< 2,2 mm
2011	kontrola	0	23 \pm 7 ^a	64 \pm 5 ^a	10 \pm 2 ^a	3 \pm 0 ^a
	5,0	0	34 \pm 8 ^a	57 \pm 6 ^a	8 \pm 2 ^a	1 \pm 0 ^a
	8,5	0	20 \pm 3 ^a	68 \pm 3 ^a	10 \pm 1 ^a	2 \pm 0 ^a
	12,0	0	27 \pm 11 ^a	63 \pm 9 ^a	8 \pm 1 ^a	2 \pm 0 ^a
2012	kontrola	0	6 \pm 3 ^a	72 \pm 1 ^a	17 \pm 2 ^a	5 \pm 1 ^a
	5,0	0	13 \pm 5 ^a	73 \pm 3 ^a	11 \pm 3 ^b	3 \pm 1 ^b
	8,5	0	13 \pm 5 ^a	74 \pm 4 ^a	10 \pm 1 ^b	3 \pm 0 ^b
	12,0	0	14 \pm 3 ^a	73 \pm 2 ^a	10 \pm 1 ^b	3 \pm 0 ^b

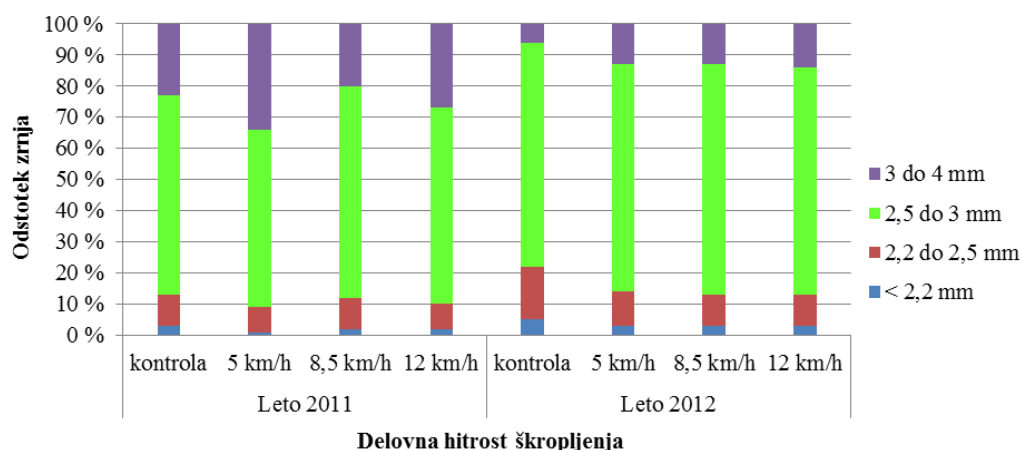
^{a, b} – povprečne vrednosti, označene z različnimi črkami za posamezno DHŠ znotraj enega velikostnega razreda v istem letu, se med seboj razlikujejo statistično značilno (Duncanov test, $p \leq 0,05$)

Preglednica 47: Značilnost razlik v masnem odstotku velikostnih razredov požetega zrnja pri različnih DHŠ v letih 2011 in 2012

Figure 47: Statistically significant differences in the harvested grain size categories according to different spraying speeds in 2011 and 2012

Značilnost razlik med obravnavanji	Leto 2011 (transformirani podatki)	Leto 2012 (transformirani podatki)
Velikostni razredi 3 do 4 mm	ne ($p = 0,565$)	ne ($p = 0,366$)
Velikostni razredi 2,5 do 3 mm	ne ($p = 0,517$)	ne ($p = 0,945$)
Velikostni razredi 2,2 do 2,5 mm	ne ($p = 0,718$)	da ($p = 0,001$)
Velikostni razredi < 2,2 mm	ne ($p = 0,462$)	da ($p = 0,004$)

Za lažje razumevanje deležev velikostnih razredov so podatki predstavljeni na sliki 54.



Slika 54: Masni odstotek velikostnih razredov pridelanega zrnja pšenice pri različnih DHS v letih 2011 in 2012

Figure 54: Percentage of the wheat grain size categories according to different spraying speeds in 2011 and 2012

4.13 REGRESIJSKI MODELI ZA ODVISNOST PRIDELKA ZRNJA OD POKRITOSTI KLASA, ŠTEVILA ODTISOV KAPLJIC/cm² KLASA IN POKRITOSTI RASTLINE

4.13.1 Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa in števila odtisov kapljic/cm²

Novejši fungicidi imajo določen pozitiven vpliv na količino in kakovost pridelanega zrnja tudi, kadar ne pride do večjih okužb pšenice z raznimi boleznimi. Preverili smo, če ima tudi fungicid Prosaro[®] s svojima aktivnima snovema poleg varstva rastline še stranski učinek na povečanje količine pridelka. Analizirali smo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm² na klasu iz leta 2011. V tem letu je bila stopnja okužbe pšenice s FG minimalna.

Kot najprimernejši regresijski model, ki ponazarja odvisnost pridelka od pokritosti klasa, se je izkazal model *koren X*, kjer X predstavlja v odstotkih izraženo pokritost klasa (15):

$$Y = a + b * \sqrt{X} \quad \dots (15)$$

Za najprimernejši regresijski model, ki ponazarja odvisnost pridelka od ŠOK/cm² klasa, pa smo določili model *koren Y-koren X*. Y predstavlja pridelok zrnja, X pa ŠOK/cm² (16):

$$\sqrt{Y} = a + b * \sqrt{X} \text{ ali } Y = (a + b * \sqrt{X})^2 \quad \dots (16)$$

Preglednica 48: Regresijski modeli, ki opisujejo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm²

Table 48: Regression models for the dependence of the grain yield on the head coverage with fungicide as well as the grain yield on the droplet footprints number/cm²

Leto	Vpliv na pridelek	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijski modeli
2011	Pokritost klasa (%)	K*	pridelek zrnja = 9048,11 + 172,64 * √(pokritost klasov (%))
		BK*	pridelek zrnja = 9125,98 + 155,81 * √(pokritost klasov (%))
	ŠOK/cm ²	K	pridelek zrnja = (95,45 + 0,74 * √(ŠOK/cm ²)) ²
		BK	pridelek zrnja = (95,06 + 0,82 * √(ŠOK/cm ²)) ²

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Preglednica 49: Analiza variance za regresijske modele, ki opisujejo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm²

Table 49: Analysis of variance for the regression models for the dependence of the grain yield on the head coverage with fungicide as well as the grain yield on the droplet footprints number/cm²

Leto	Vpliv na pridelek	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije v % (r ²)	Standardna napaka regresije
2011	Pokritost klasa (%)	K*	0,001	0,98	95,25	84,4
		BK*	0,005	0,87	75,84	94,7
	ŠOK/cm ²	K	0,001	0,93	87,32	0,70
		BK	0,086	0,64	41,23	0,75

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

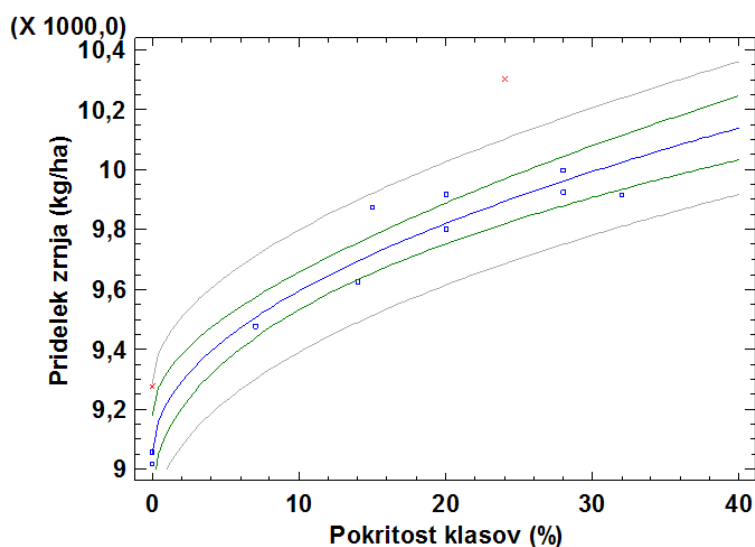
BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

Z vključenimi rezultati s kontrole v regresijski model smo pri obeh spremenljivkah ugotovili odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa in ŠOK/cm². Vendar pa ti rezultati zaradi morebitnega prevelikega vpliva kontrole na stat. model niso odločilni za potrditev odvisnosti pridelka od pokritosti klasa ali ŠOK/cm². Zato smo naredili še analizo odvisnosti pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom in ŠOK/cm² brez rezultatov s kontrole. Ugotovili smo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro[®] (p < 0,05), nismo pa ugotovili odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm² (p > 0,05). Čeprav stat. značilne odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm² brez vključenih rezultatov s kontrole v regresijski model nismo ugotovili, pa koeficient korelacije (0,64) nakazuje močno odvisnost pridelka od ŠOK/cm². Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom je prikazana na sliki 55.

Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom z vključenimi rezultati s kontrole ponazarja regresijski model z enačbo:

$$\text{pridelek zrnja (kg/ha)} = 9048,11 + 172,64 * \sqrt{(\text{pokritost klasa (\%)})} \quad \dots (17)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 25-odstotni pokritosti klasov morali pridelati 9911,31 kg zrnja/ha.



Slika 55: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasov s Prosarom® z vključenimi rezultati s kontrole v letu 2011

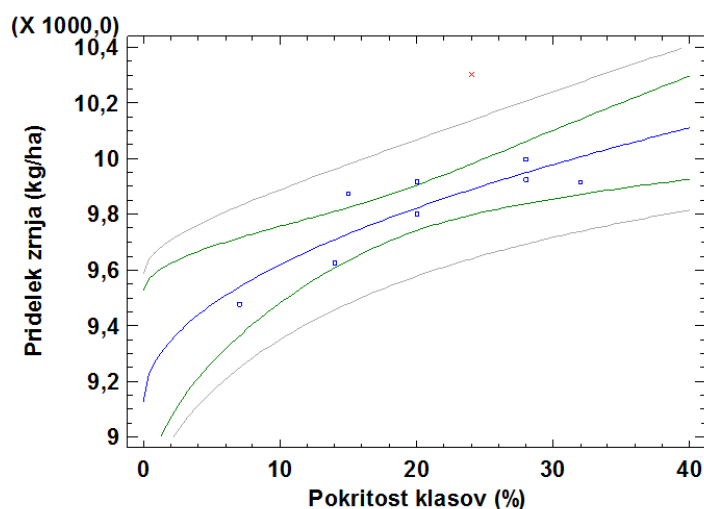
Figure 55: Regression model for the dependence of the grain yield on the head coverage with Prosaro® fungicide including the results of the 2011 control

Podobno sliko za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa dobimo tudi pri regresijskem modelu *koren pokritosti klasa* brez vključenih rezultatov s kontrole v regresijski model (Sl. 56). To samo še dokazuje, da je pridelek zrnja stat. značilno odvisen od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro®.

Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom brez vključenih rezultatov s kontrole ponazarja regresijski model z enačbo:

$$\text{pridelek zrnja (kg/ha)} = 9125,8 + 155,81 * \sqrt{(\text{pokritost klasov (\%)})} \quad \dots (18)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 25-odstotni pokritosti klasov morali pridelati 9904,85 kg zrnja/ha, kar je zelo blizu pridelku po modelu z vključenimi rezultati s kontrole.



Slika 56: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasov s Prosarom® brez vključenih rezultatov s kontrole v letu 2011

Figure 56: Regression model for the dependence of the grain yield on the head coverage with Prosaro® fungicide excluding the results of the 2011 control

4.13.2 Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline

Na podlagi ugotovljenih rezultatov analize odvisnosti pridelka zrnja od pokritosti klasa in ŠOK/cm² klasa smo nadaljevali in analizirali še odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas, prvi list, drugi list, tretji list, četrti list) s fungicidom Prosaro® (Pregl. 50). Ker pridelok zrnja ni bil stat. značilno odvisen od ŠOK/cm² klasa, analize odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm² rastline nismo ugotavljali.

Podobno kot pri analizi odvisnosti pridelka zrnja od pokritosti klasa smo tudi pri analizi odvisnosti pridelka od pokritosti rastline s Prosarom® kot najprimernejši regresijski model ugotovili, da je to model *koren X*, kjer X predstavlja v odstotkih izraženo pokritost rastline (19).

$$Y = a + b * \sqrt{X} \quad \dots (19)$$

Pokritost rastline s Prosarom® statistično značilno vpliva na pridelok zrnja, kar dokazuje tudi analiza rezultatov z vključenimi rezultati s kontrole v regresijski model in brez njih. Pri obeh analizah je $p < 0,05$, velika koeficienta korelacije (0,973429 in 0,903873) pa kažeta na popolno odvisnost spremenljivk. Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline po regresijskem modelu *koren pokritosti rastline* z vključenimi rezultati s kontrole je prikazana na sliki (Sl. 57).

Preglednica 50: Regresijska modela, ki opisujeta odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s fungicidom Prosaro®

Table 50: Regression models for the dependence of the grain yield on the plant coverage (head and upper leaf, second, third and fourth leaves) with Prosaro® fungicide

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	Regresijska modela
2011	K*	pridelek zrnja = $9013,25 + 196,99 * \sqrt{(\text{pokritost rastline (\%)})}$
	BK*	pridelek zrnja = $8891,59 + 223,68 * \sqrt{(\text{pokritost rastline (\%)})}$

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni

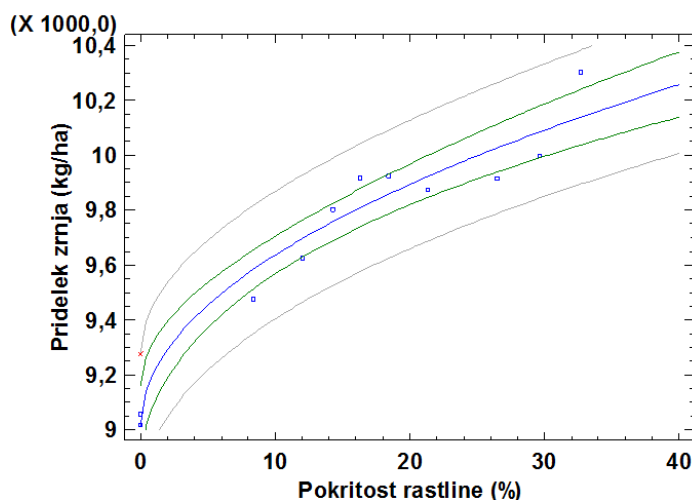
Preglednica 51: Analiza variance za regresijska modela, ki opisujeta odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s fungicidom Prosaro®

Table 51: Analysis of variance for the regression models of the dependence of the grain yield on the plant coverage (head and upper leaf, second, third and fourth leaves) with Prosaro® fungicide

Leto	Z rezultati s kontrole ali brez njih	p-vrednost regresije	Koeficient korelacije (r)	Koeficient determinacije v % (r^2)	Standardna napaka regresije
2011	K*	0,001	0,97	94,48	98,37
	BK*	0,001	0,90	81,59	107,0

K* – pri izračunu regresijskega modela vključeni tudi rezultati s kontrole

BK* – pri izračunu regresijskega modela rezultati s kontrole niso vključeni



Slika 57: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s Prosarom® z vključenimi rezultati s kontrole v letu 2011

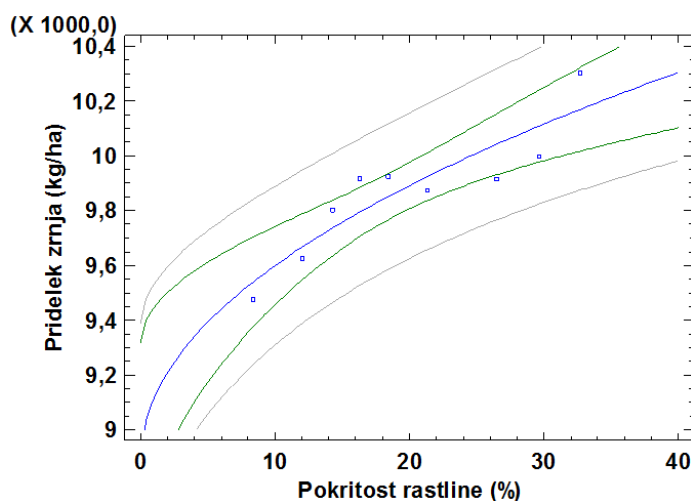
Figure 57: Regression model for the dependence of the grain yield on the plant coverage (head and flag leaf, second, third and fourth leaves) with Prosaro® fungicide including the results of the 2011 control

Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline s fungicidom Prosaro® z vključenimi rezultati s kontrole ponazarja regresijski model z enačbo (20):

$$\text{pridelek zrnja (kg/ha)} = 9013,25 + 196,99 * \sqrt{(\text{pokritost rastline (\%)})} \quad \dots (20)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 25-odstotni pokritosti rastline morali pridelati 9998,2 kg zrnja/ha.

Podobno sliko odvisnosti pridelka zrnja od pokritosti rastline dobimo tudi pri regresijskem modelu *koren pokritosti rastline* neodvisne spremenljivke brez vključenih rezultatov s kontrole (Sl. 58). To samo še dokazuje, da je pridelek zrnja stat. značilno odvisen od pokritost rastline s fungicidom Prosaro®.



Slika 58: Regresijski model za odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline (klas in zastavičar ter drugi, tretji in četrti list) s Prosarom® brez vključenih rezultatov s kontrole v letu 2011

Figure 58: Regression model for the dependence of the grain yield on the plant coverage (wheat head and flag leaf, second, third and fourth leaves) with Prosaro® fungicide excluding the results of the 2011 control

Odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline s fungicidom Prosaro® brez vključenih rezultatov s kontrole ponazarja regresijski model z enačbo (21):

$$\text{pridelek zrnja (kg/ha)} = 8891,59 + 223,68 * \sqrt{(\text{pokritost rastline (\%)})} \quad \dots (21)$$

Glede na regresijski model pomeni, da bi na primer pri 25-odstotni pokritosti rastline morali pridelati 10.009,99 kg zrnja/ha, kar je zelo blizu pridelku po modelu z vključenimi rezultati s kontrole.

5 RAZPRAVA

Rezultati raziskave kažejo, da sta količina in kakovost pridelanega zrnja pšenice močno odvisni tudi od varstva pred FK. Do močnejših okužb pšenice s FG pride predvsem v letih z večjo količino padavin, zato moramo takrat varstvu rastlin nameniti še posebej veliko pozornost. Velik vpliv na učinkovitost varstva pred FG pa ima med drugim tudi primeren nanos škropilne brozge na klas pšenice.

Da z zmanjšanjem porabe škropilne brozge/ha zmanjšamo pokritost klasa, je bilo že večkrat dokazano, vendar pa je bil naš poskus zastavljen drugače kot dosedanje raziskave odvisnosti pokritosti klasa od načina aplikacije. Pri nas sta ostala delovni tlak škropilnice in pretok šob enaka, povečala pa se je DHŠ. Pri večini ostalih raziskav je bila ob enaki DHŠ poraba vode/ha zmanjšana ali povečana zaradi uporabe šob z različnim pretokom ali spremenjenega delovnega tlaka škropilnice. Poleg tega, da se z zmanjšanim delovnim tlakom škropilnice zmanjša pretok škropilne brozge skozi šobe, se z njim poveča PVP izbrizganih kapljic. Pri povečanem delovnem tlaku škropilnice pa se PVP izbrizganih kapljic zmanjša. V našem primeru smo pri vseh DHŠ izvajali aplikacijo z enakim, optimalnim delovnim tlakom škropilnice za testirano šobo.

Z rezultati pokritosti klasa smo ugotovili, da se pri škropljenju s protizanašalnimi šobami TurboDrop® HiSpeed 110 03 z naraščanjem DHŠ zmanjšuje pokritost sprednje in zadnje strani klasa. Značilno manjša pokritost klasa pri večjih DHŠ je močno povezana tudi z zmanjšanjem količine škropilne brozge/ha pri večjih DHŠ. Pri DHŠ 5 km/h smo namreč porabili 360 L škropilne brozge/ha, pri 8,5 km/h 215 L/ha in pri 12 km/h 150 L/ha. Prav tako se s povečanjem DHŠ in ob sočasnem zmanjšanju porabe škropilne brozge/ha zmanjšujeta ŠOK/cm² in povprečna površina enega odtisa kapljice. V nasprotju z našimi pričakovanji smo pri vseh DHŠ dosegli večjo pokritost zadnje kot sprednje strani klasa. Na zadnji strani klasa je bil odstotek pokritosti v razponu od 14,1 % (pri 12 km/h v letu 2012) do 40 % (pri 5 km/h v letu 2011), na sprednji strani klasa pa od 8,5 % (pri 12 km/h v letu 2012) do 26,6 % (pri 5 km/h v letu 2012). Boljšo pokritost zadnje strani smo ugotovili tudi na nosilcih.

Pri vseh obravnavanjih smo dosegli večjo pokritost sprednje in zadnje strani klasa v primerjavi s pokritostjo sprednje in zadnje strani nosilca, postavljenega pod kotom 90°. Povprečna dvoletna pokritost sprednje strani klasa, ki se je stat. značilno razlikovala med vsemi DHŠ, je bila pri DHŠ 5 km/h večja kot pokritost sprednje strani nosilca za 9,6 % (21,4 in 11,7 %), pri DHŠ 8,5 km/h za 6,7 % (16,1 in 9,4 %) in pri DHŠ 12 km/h 3,4 % (9,5 in 6,1 %). Pokritost zadnje strani klasa je bila pri DHŠ 5 km/h večja kot pokritost zadnje strani nosilca za 6,9 % (36,9 in 29,9 %), pri DHŠ 8,5 km/h 2,7 % (20,5 in 17,8 %) in pri DHŠ 12 km/h 6,5 (15,7 in 9,2 %). Predvidevamo, da smo dosegli boljšo pokritost

klasa zaradi razlike v obliki klasa in nosilca. Poleg tega pa je razlog za različno pokritost tudi dejstvo, da klasi ne stojijo pod kotom 90 %, niso ploščati in se med škropljenjem zaradi tlaka curka tudi malo premikajo. Rezultatov pokritosti nosilca tako ne moremo neposredno uporabiti za oceno pokritosti klasa pšenice, pač pa moramo za natančno ugotavljanje nanosa škropilne brozge na klas opraviti poskus na pšenici. Najverjetneje bi dobili podobnejše rezultate pokritosti klasa in nosilca, če bi NVOL postavili na okrogel nosilec.

Seveda pa je za varstvo pšenice pred FK najpomembnejša skupna pokritost klasa (pokritost sprednje in zadnje strani). Enako kot skupna pokritost klasa v posameznem letu se je značilno razlikovala tudi skupna dvoletna povprečna pokritost med obravnavanji različnih DHŠ. Razlika dvoletnega povprečja med najboljšo pokritostjo klasa pri DHŠ 5 km in najslabšo pokritostjo klasa pri DHŠ 12 km/h je znašala kar 16,5 % v korist večje pokritosti pri DHŠ 5 km/h.

Primerljivosti s podobnimi raziskavami s šobo TurboDrop® HiSpeed 110 03 ne moremo opraviti, saj je bil naš poskus prvi tovrsten z omenjeno šobo. Primerjamo pa lahko naše rezultate z rezultati podobnih poskusov, opravljenih z različnimi drugimi šobami. Naši rezultati nekoliko odstopajo od rezultatov Halleya in sod. (1999), ki so testirali različne škropilne tehnike in ugotovili 10-odstotno pokritost zadnje strani ter 20-odstotno pokritost sprednje strani klasa. Z našimi rezultati se tudi ne ujemajo rezultati Hookerja in sod. (2004, 2005), saj smo na našem poskusu dosegli precej boljšo pokritost klasov kot oni; v njihovem poskusu je bila dosežena 10-odstotna pokritost. Pri uporabi odbojne šobe Turbo FloodJet® pa so ugotovili 30-odstotno pokritost sprednje in zadnje strani klasa pri hitrosti škropljenja 10 km/h in 19 km/h ob enaki porabi vode/ha. V našem poskusu smo dosegli približno tako visoko pokritost pri DHŠ 5 km/h in porabi vode 360 L/ha v letu 2012, ko je bila pokritost sprednje strani 26,6-odstotna in pokritost zadnje strani klasa 33,5-odstotna.

Glede na to, da Hooker in sod. (2004, 2005) ter OMAFRA (Cereals ..., 2015) navajajo, da DHŠ nima velikega vpliva na pokritost klasov pšenice, domnevamo, da prihaja do razlik v pokritosti pri naših rezultatih predvsem zaradi zmanjšane količine porabljene škropilne brozge (L/ha) pri povečanih DHŠ. Hooker in sod. (2004, 2005) so dosegli najboljšo pokritost sprednje in zadnje strani klasov pri uporabi šob, ki imajo čim bolj položen curek glede na vodoravnico. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi McMullen in sod. (1999). Ruden in sod. (2005, 2007) so pri uporabi različnih šob dosegli boljšo pokritost sprednje strani klasa, v naši raziskavi pa smo dobili ravno nasprotne rezultate. Delno lahko naše rezultate pri DHŠ 8,5 km/h in porabi škropilne brozge 215 L/ha primerjamo tudi z ugotovitvami Mesterházyja in sod. (2011), ki so primerjali pokritost klasa pri DHŠ 7–8 km/h in porabi škropilne brozge 250 L/ha. Primerjali so pokritost klasa pri uporabi standardnih špranjastih šob s ploskim curkom in odbojnih šob Turbo FloodJet®. Pri

uporabi odbojne šobe Turbo FloodJet® so na sprednji strani klasa dosegli 52-odstotno pokritost, pri standardni špranjasti šobi s ploskim curkom pa 35-odstotno pokritost. Pri obeh tipih šob je bila pokritost na zadnji strani klasa precej manjša, pri odbojnih šobah 22- in pri standardnih šobah samo 8-odstotna. Rezultati so v nasprotju z našimi, saj smo mi dosegli boljšo pokritost zadnje kot sprednje strani klasa. V povprečju smo z našim poskusom dosegli nekoliko manjšo skupno pokritost kot pri uporabi odbojnih šob Turbo FloodJet® in podobno skupno, vendar enakomernejšo, pokritost kot pri uporabi standardnih špranjastih šob s ploskim curkom.

Naši rezultati se deloma ujemajo tudi z rezultati McMullena in sod. (1999), ki so dosegli dvakrat večjo pokritost klasa pri dvakrat večji porabi vode. Pri našem poskusu je bila namreč poraba škropilne brozge (L/ha) pri DHŠ 5 km/h 2,4-krat večja kot poraba pri DHŠ 12 km/h. Poleg tega je bila pokritost na sprednji in zadnji strani klasa pri večini obravnavanj več kot 2-krat večja pri DHŠ 5 km/h in porabi škropilne brozge 360 L/ha kot pri DHŠ 12 km/h in porabi škropilne brozge 150 L/ha. Le v letu 2011 je bila na sprednji strani klasa razlika v pokritosti med navedenima hitrostima manjša. Naši rezultati so skladni tudi z rezultati Derksena in sod. (2012), ki so pri večji porabi škropilne brozge/ha ugotovili večjo pokritost pšeničnih klasov.

V naši dveletni raziskavi smo imeli dve popolnoma različni leti glede na stopnjo okužbe klasa s FG in onesnaženost zrnja z DON-om. Domnevamo, da je v letu 2012 prišlo do močnejše okužbe s FG kot v letu 2011 zaradi ugodnejših vremenskih razmer za okužbo klasa v času cvetenja pšenice, prav tako pa tudi zaradi ugodnejših vremenskih razmer za razvoj FG na žetvenih ostankih in posledično večje koncentracije spor FG na poskusnem polju v času pred cvetenjem pšenice. V letu 2012 je namreč v aprilu in maju padlo precej več padavin kot v letu 2011, kar je omogočilo močnejši razvoj FG na žetvenih ostankih. Tako smo v letu 2012 ugotovili močnejše okužbe s FG, saj je bilo kar za 30 % več zrn okuženih s FG kot v letu 2011 (52 % in 22 %). Prav tako je bilo v letu 2012 tudi za 30 % več zrn okuženih z glivo *F. graminearum* kot v letu 2011 (32 % in 2 %). V letu 2012 smo ugotovili še okuženost zrn z glivo *F. avenaceum* (2 %) in *F. equiseti* (2 %), ki ju v letu 2011 nismo ugotovili. V obeh letih pa je prišlo do podobnega odstotka okuženosti zrn z glivama *M. nivale* in *F. poae*.

Naše ugotovitve potrjujejo rezultate Zemljiča in sod. (2008), ki so na vzorcih zrnja pšenice iz Škofje Loke in Jabelj ugotovili okuženost zrnja s *F. graminearum*, *F. avenaceum* in *F. poae*. Prav tako so naše ugotovitve podobne ugotovitvam Tavčar Kalcher in sod. (2015), ki so v letih od 2012 do 2014 ugotavljali stopnjo okužbe in vrsto prisotnih FG na okuženem zrnju različnih sort pšenice v Jabljah in Rakičanu. Še posebej zanimivi in z našo raziskavo primerljivi so podatki iz Jabelj, kjer imajo podobne klimatske pogoje kot Ljubljana, kjer smo izvajali naš poskus. V letu 2012 smo na našem poskusu na sorti Isengrain ugotovili

dosti večji odstotek okuženih zrn s FG (52 %), kot je bil povprečni odstotek okuženih zrn različnih sort pšenice v Jabljah (12,9 %). Podobno kot na našem poskusu so ugotovili tudi največji skupni odstotek okuženih zrn s potencialnima tvorkama DON-a (*F. graminearum* in *F. culmorum*), ki je znašal 10 % od 12,9 % okuženih zrn s FG. Razlika je tudi v tem, da je na našem poskusu na onesnaženost zrnja z DON-om vplivala samo *F. graminearum*, saj okuženosti zrnja s *F. culmorum* nismo ugotovili. V proučevanih letih so poleg okužb zrnja s *F. culmorum* in *F. graminearum* ugotovili še okuženost zrnja s *F. avenaceum*, *F. tricinatum* in *F. poa*, kar je podobno našim ugotovitvam in ugotovitvam še neobjavljenih rezultatov DON-cast raziskave razširjenosti FG na pšenici v Sloveniji (Sreš, neobjavljeni rezultati).

Podobne našim ugotovitvam o okuženosti zrnja pšenice s *F. graminearum* in ostalimi FG so podobne tudi ugotovitve Mesterházyja in sod. (2003), ki navajajo, da sta na okuženem zrnju pšenice na Madžarskem najpogosteje prisotni *F. graminearum* (68 %) in *F. culmorum* (12 %), *F. poa*, *F. avenaceum* in *F. sporotrichoides* pa so prisotne v manjšem obsegu. Prav tako so naše ugotovitve podobne navedbam Xuja in sod. (2005), ki so v Italiji kot najpogosteje zastopano FG na okuženem zrnju pšenice, nabranem tik pred žetvijo, ugotovili vrsto *F. graminearum*. Podobno kot mi pa na okuženem zrnju niso ugotovili glive *F. culmorum*. Navajajo še, kar se nekoliko razlikuje od navedb Mesterházyja (2003) za Madžarsko, da je *F. graminearum* za *F. poae* druga najpogosteje prisotna FG na zrnju pšenice na Madžarskem, Irskem in v Veliki Britaniji. V glavnem pa je pri nam sosednjih državah zaslediti povečanje odstotka okuženega zrnja s *F. graminearum* in zmanjšanje odstotka s *F. culmorum*, o čemer poročajo tudi iz južne Nemčije. Razloga za to sta najverjetneje v ogrevanju ozračja in dvigu povprečne temperature zraka.

Bottalico in Perrone (2002) sta navedla, da so v Evropi razširjene FG *F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. equiseti*, *F. tricinatum*, *F. cerealis*, *F. sporotrichioides*, *F. acuminatum*, *F. subglutinans*, *F. solani* in *F. oxysporum*. Vrsta *F. graminearum* pa podobno kot pri nas prevladuje tudi v južni Nemčiji, severni Italiji in na Madžarskem. Glede na njune ugotovitve o razširjenosti FG na posevkih pšenice v Evropi lahko ugotovimo, da je večino v Evropi razširjenih FG prisotnih tudi pri nas. Čeprav do sedaj take raziskave še nimamo opravljene, lahko na podlagi rezultatov omenjenih evropskih držav o izgubi količine in kakovosti pridelka sklepamo na podobne izgube tudi pri nas.

Mauler-Machnik in Zahn (1994) ter Mesterházy in sod. (2011) poudarjajo, da je za dobro učinkovitost varstva pred FK in uspešno zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om pomemben tudi dober nanos fungicida na klas. Dober nanos pa pomeni dobro pokritost posameznega klaska s fungicidom.

Na podlagi naših rezultatov se ne moremo strinjati z navedbami OMAFRE (Cereals ..., 2015), da je učinkovitost najboljših fungicidov pri 50-odstotni pokritosti klasa samo 30-odstotna. Z našo raziskavo smo v letu s slabšo okužbo pšenice s FG pri 13,9 do 28,2-odstotni pokritosti klasa dosegli od 50- do 97,1-odstotno učinkovitost zatiranja FG. V letu z močnejšo okužbo klasa s FG pa smo pri 11,3- do 30,5-odstotni pokritosti klasa dosegli od 57,6- do 70,4-odstotno učinkovitost zatiranja FG. Bolj izenačeno učinkovitost varstva pred FK smo dosegli v letu 2012, ko je bila učinkovitost varstva pred FK pri vseh DHŠ značilno enaka, v letu 2011 pa sta bili učinkovitosti pri DHŠ 8,5 in 12 km/h značilno enaki in značilno manjši kot pri DHŠ 5 km/h.

Naše rezultate učinkovitosti zatiranja FG lahko primerjamo z rezultati Blandina in sod. (2011), ki so ugotavljali učinkovitost zatiranja FG in zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om pri slabšem potencialu za okužbo s FG, kar je podobno našemu poskusu v letu 2011, in močnejšem potencialu za okužbo s FG, kar je podobno našemu poskusu v letu 2012. S primerjavo odstotka okuženih klasov med kontrolo in varstvom pred FG s fungicidom na osnovi aktivne snovi metkonazol (aplikacija FFS je bila opravljena s šobami TeeJet® 110-04) so na lokacijah s slabšim potencialom za okužbo dosegli 55-odstotno, na lokaciji z močnejšo okužbo pa 81-odstotno učinkovitost zatiranja FG. Na našem poskusu so rezultati učinkovitosti ravno nasprotni, saj smo v letu s slabšim potencialom za okužbo dosegli nekoliko večjo, 77,45-odstotno učinkovitost zatiranja FG, v letu z močnejšim potencialom za okužbo s FG pa v povprečju manjšo, 65,11-odstotno učinkovitost zatiranja FG.

Naši rezultati pa so podobni rezultatom Vajsa in sod. (2008), ki so s kombinacijo različnih tipov šob in fungicidov pri slabši okužbi pšenice s FG (14 do 17 % klasov okuženih s FG) dosegli od 80- do 90-odstotno učinkovitost zatiranja FG in pri močnejši okužbi klasa s FG (24 do 35 % in 34 do 37 % okuženih klasov s FG) manjšo, 54- do 79-odstotno in od 53- do 83-odstotno učinkovitost zatiranja FG. S standardnimi šobami so dosegli boljše rezultate učinkovitosti zatiranja FG kot z najnovejšimi protizanašalnimi šobami. Mesterházy (2011) pa navaja celo od 89- do 98-odstotno učinkovitost zatiranja FG s fungicidom Prosaro®.

Zaradi velikega odstotka okuženih zrn z glivo *F. graminearum* v letu 2012 smo na kontroli ugotovili tudi veliko onesnaženost zrnja z DON-om, ki je preseгла mejno vrednost 1250 µg/kg zrnja. Kljub relativno močni okužbi zrn z glivo *F. graminearum* na kontroli smo na obravnavanjih škropljenja z različnimi DHŠ s pravočasno uporabo fungicida Prosaro® uspešno zmanjšali onesnaženost zrnja z DON-om. Za učinkovito varstvo pšenice pred FG namreč velja pravilo, da zmanjšamo onesnaženost zrnja z DON-om vsaj pod 1,25 mg DON/kg SS zrnja. V naši raziskavi pa smo pri vseh DHŠ z varstvom klasa pred FG s Prosarom® stopnje onesnaženosti zrnja z DON-om celo zmanjšali pod mejo 200 µg/kg SS zrnja, kar je največja dovoljena onesnaženost za zrnje, ki se uporablja za otroško hrano. V

letu 2012, v letu z močnejšo okužbo s *F. graminearum*, smo v primerjavi s kontrolo onesnaženost zrnja z DON-om uspeli zmanjšati za od 92,8 % do 94,72 %. V letu 2011, ko je bila okužba s FG slabša, pa smo zmanjšali onesnaženost zrnja z DON-om za od 66,26 % do 71,3 %. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Mesterházy in sod. (2011), ki navajajo, da lahko s pravočasno uporabo najboljših fungicidov onesnaženost zrnja z DON-om zmanjšamo za 80 do 90 %, z uporabo fungicida Prosaro® pa so onesnaženost zrnja z DON-om v primerjavi s kontrolo v povprečju zmanjšali za 91,7 %. Lechoczki-Krsjak in sod. (2008) so z enakim pripravkom dosegli 92,4-odstotno zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om. Do podobnih ugotovitev o možnosti zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om so prišli tudi Miedaner (2012), McMullen in sod. (2001) ter mnogi drugi.

Naši rezultati so prav tako primerljivi z rezultati Mesterházyja in sod. (2011), ki so, tako kot mi, večjo povprečno učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om dosegli pri močnejši okužbi s FG. Na mikroposkusu so z najboljšimi razpoložljivimi fungicidi pri slabši okužbi s FG dosegli od 19- do 99-odstotno zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om, pri močnejših okužbah klasa s FG pa od 82- do 98-odstotno. Večje učinkovitosti so dosegli z uporabo šobe Turbo Floodjet®, manjše pa z uporabo šobe TeeJet XR. Med fungicidi je najboljšo učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om pokazal fungicid Prosaro®. Največjo učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om s šobo Turbo Floodjet® in fungicidom Prosaro® so dosegli tudi z uporabo traktorske škropilnice na makroposkusu. V povprečju so uspeli zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om za 73 %. Rezultat učinkovitosti je zelo podoben našim rezultatom v letu s slabšo okužbo klasa s FG in precej slabši kot pri nas v letu z močnejšo okužbo klasa s FG.

Dobili pa smo ravno nasprotne rezultate učinkovitosti zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om, kot so jih dobili Blandino in sod. (2011). Pri slabši okužbi klasa s FG so ob uporabi pripravka na osnovi aktivne snovi metkonazol, škropljenega s šobami TeeJet® 110/04, zmanjšali onesnaženost zrnja za 70 %, pri močnejši okužbi pa za 50 %.

Nismo pa našli primerne raziskave za primerjavo o onesnaženosti zrnja z DON-om pred žetvijo in po njej. Avtorji namreč navajajo rezultate raziskav o okuženosti zrnja s FG in onesnaženostjo zrnja z DON-om samo pred žetvijo ali pa samo po njej, ni pa opravljenih primernih raziskav primerjave okuženosti zrnja s FG in onesnaženosti zrnja z DON-om pred žetvijo in tudi po njej. Z našo raziskavo smo ugotovili, da med žetvijo s kombajnom prihaja do določenega dodatnega zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om, saj v tem času s primerno nastavitvijo kombajna lažja okužena zrna izpihnemo iz njega. V letu 2012, ko je prišlo do močnejših okužb s FG, smo s pomočjo varstva klasa in žetve uspeli zmanjšati vsebnost DON-a na minimum. Pri DHŠ 5 km/h in 8,5 km/h smo celo ugotovili, da je bila požeta pšenica brez vsebnosti DON-a, kar pomeni 100-odstotno zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om. Le pri pridelku na obravnavanju pri DHŠ 12 km/h smo

ugotovili manjšo onesnaženost zrnja tudi po žetvi, ki pa je znašala le 33 µg/kg SS zrnja. Zanimiva je tudi ugotovitev, da smo na kontroli uspeli z žetvijo zmanjšati onesnaženost zrnja za 2420 µg/kg SS zrnja oz. za 88,4 %. Po žetvi so tako bile razlike v onesnaženosti zrnja z DON-om med kontrolo in obravnavanji različnih DHŠ precej manjše kot pri vzorcih zrnja, nabranih pred žetvijo pšenice.

Vsekakor žetev ne more biti edini postopek za zmanjšanje onesnaženosti pridelanega zrnja z DON-om. Kombajn lažja zrna, okužena s FG, izpiha, količina pridelanega zrnja pa je seveda toliko manjša. Postopek žetve s primerno nastavitvijo kombajna je lahko samo dodatna pomoč k varstvu pšenice pri zmanjševanju onesnaženosti zrnja z DON-om, saj smo s pomočjo varstva pšenice v letu 2012 zmanjšali onesnaženost zrnja z DON-om pri DHŠ 5 km/h za 93,6 % in pri DHŠ 8,5 km/h za 93,9 %, skupaj z žetvijo pa za 100 %. Pri DHŠ 12 km/h smo z varstvom pšenice zmanjšali onesnaženost zrnja pšenice za 92,8 %, skupaj z žetvijo pa za 98,8 %.

Ker ob žetvi iz kombajna izpihajo drobna in lažja okužena zrna, zmanjšamo tudi število okuženih zrn s FG v pridelku. Ni pa nujno, da so vsa izpihana zrna okužena. Drobna zrna nastanejo tudi v zgornjem delu klasa nad okuženim delom klasnega vretena, saj nad okuženim delom klas odmre. Vseeno pa pride med žetvijo do medsebojnega trenja okuženih in zdravih zrn, zato pride tudi do površinske onesnaženosti zrnja s FG. V letu s slabšo okužbo s FG smo z žetvijo zmanjšali skupni odstotek okuženega in površinsko okuženega zrnja za 92,2 % (z 32 na 2,5 %), v letu 2012 pa za 65,2 % (z 78 na 12,8 %). Skupni delež okuženega in površinsko onesnaženega zrnja nas je zanimal predvsem iz praktičnega razloga, saj v praksi, po žetvi, površine žit pred nadaljnjo uporabo ne steriliziramo. Spore s površine zrn pa lahko ob ugodnih pogojih začnejo kliti in izločati mikotoksine v zrnje, v semenski proizvodnji pa zmanjšujejo kalivost semena ali uničijo mlado rastlinico. Poleg zmanjšane količine pridelka zaradi izpihanih okuženih zrn pa z žetvijo raztrosimo po njivi okužena zrna, ki so potencialni vir novih okužb posevkov žit v naslednji sezoni. Za doseganje večjih in kakovostnejših pridelkov ter zmanjševanja virov okužb s FG je osnovni pogoj primerno varstvo klasa pred FG z najprimernejšimi fungicidi.

Izgube v količini pridelka zrnja pšenice zaradi okužb klasa s FG je pred nami navajalo že mnogo avtorjev. Po pričakovanju smo tudi pri naši raziskavi dosegli značilno manjši pridelek zrnja na kontroli kot pri varstvu klasa pri različnih DHŠ. V letu s slabšo okužbo pšenice s FG smo z varstvom pšenice pred FK dosegli od 5,6 do 10,5 % večji pridelek zrnja kot na kontroli, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa od 40,3 % do 42 %. Naši rezultati se skoraj popolnoma ujemajo z rezultati, ki sta jih dosegla Ransom in McMullen (2008), saj sta pri slabšem potencialu za okužbo s FG dosegla od 5 do 11 %, pri močnejšem potencialu za okužbo s FG pa od 27 do 44 % večji pridelek zrnja. Do zelo podobnih ugotovitev so prišli tudi Blandino in sod. (2011), ki so z varstvom pšenice pred

FG v povprečju treh let dosegli 25,92 % večji pridelek zrnja kot na kontroli, ter Miedaner (2012), ki navaja, da je v letih z močnejšimi okužbami pšenice s FG pridelek na kontroli lahko manjši celo za 30 %. Pred tem je že Mesterházy (2003) poročal, da močnejše okužbe pšenice s FG lahko pridelek zrnja zmanjšajo tudi do 60 %.

V obeh letih smo na kontroli dosegli značilno manjši pridelek zrnja kot pri obravnavanjih varstva pred FG pri različnih DHŠ. S primerjavo rezultatov pridelka zrnja med različnimi DHŠ pa smo značilno razliko ugotovili samo v letu 2011, ko je bil pri DHŠ 12 km/h pridelek značilno manjši kot pri DHŠ 5 in 8,5 km/h ter značilno večji kot na kontroli. To razliko povezujemo tudi z dejstvom, da je bil pri DHŠ 12 km/h tudi značilno večji odstotek okuženih klasov s FG kot pri DHŠ 5 in 8,5 km/h. Čeprav je bil značilno večji odstotek okuženih klasov pri DHŠ 12 km/h tudi v letu 2012, pa značilnih razlik v količini pridelka med obravnavanji različnih DHŠ nismo ugotovili. Očitno pri slabši okužbi pšenice s FG majhne razlike v odstotku okuženih klasov značilneje vplivajo na količino pridelka kot pri močnejših okužbah. Naši rezultati so nekoliko v nasprotju z rezultati Marshala in sod. (2000), ki so z uporabo protizanašalnih špranjastih šob z dvojnimi ploskim curkom Agrotop DF 110-015 dosegli največji pridelek pri povečani hitrosti vožnje (16 km/h) in zmanjšani porabi vode (110 L/ha).

Blandino in sod. (2011) so, prav tako kot mi, opravili analizo fizikalnih lastnosti požetega zrnja pšenice po žetvi in prišli do ugotovitve, da je bila v povprečju treh let HM požetega zrnja na škropljenih obravnavanjih večja za 2,1 %, AM masa pa za 5,5 %. Pri naši raziskavi smo v dvoletnem povprečju dosegli nekoliko večje povečanje HM (3,2 %) in AM (10,9 %). Večje razlike v AM in HM med kontrolo in obravnavanji varstva pred FK smo ugotovili v letu z močnejšo okužbo s FG, ko smo pri obravnavanju DHŠ 5 km/h dosegli večjo AM celo za 23 % in HM za 6,5 %. Rezultat je primerljiv z rezultatom Hollingswortha in sod. (2006), ki so z opravljenim varstvom pšenice pred FK dosegli za 17,3 % večjo AM kot na kontroli. S primerjavo razlik med obravnavanji smo v letu 2012 ugotovili značilne razlike v HM in AM zrnja med kontrolo in obravnavanji različnih DHŠ, med obravnavanji različnih DHŠ pa značilnih razlik ni bilo. Enako je tudi z ugotovitvami o HM v letu 2011, medtem ko je bila AM pri DHŠ 5 km/h značilno večja kot pri ostalih treh obravnavanjih, ki so bile značilno enake. Smo pa dosegli velike razlike v AM in HM zrnja med obema letoma, saj so bile vrednosti v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG precej manjše kot v letu s slabšo okužbo s FG.

Rezultati analize fizikalnih lastnosti zrnja potrjujejo navedbe Miedanerja (2012), da se pri močnejših okužbah pšenice s FG zmanjša AM zrnja in da se poveča odstotek drobnih, zgrbančenih ter obarvanih zrn. Isti avtor navaja, da se lahko poslabša kakovost moke, saj pride do razgradnje beljakovin in škroba v zrnju, ter da se zmanjša število padanja. Deleža beljakovin v zrnju namerno nismo ugotavljali, da z rezultati ne bi zavajali. Pridelek zrnja je

na neškropljenih obravnavanjih vedno manjši kot na obravnavanjih s primernim varstvom pšenice, delež beljakovin v zrnju pa večji. Na delež beljakovin v zrnju poleg genetskega potenciala sorte namreč vpliva tudi gnojenje z dušikom. Ker vsa obravnavanja gnojimo enako, je pri manjšem pridelku na razpolago več dušika za kg pridelka, kar seveda omogoča doseganje večjega deleža beljakovin v posameznem zrnju (Sreš, neobjavljen podatek). Do povečane vsebnosti beljakovin pride tudi zaradi prisotnosti micelija gliv *Fusarium* sp., ki vsebuje 42 % surovih beljakovin (Boyacioglu in Hettiarachchy, 1995). Tretji razlog za povečanje vsebnosti beljakovin pa je odziv rastlin na patogena z razvojem obrambnega mehanizma rastlin, ki je sestavljen iz odpornostnih proteinov (Breiteneder in Radauer, 2004). Če bi na našem poskusu ugotavljali še delež beljakovin, bi morali analizirati tudi kakovost beljakovin, kar pa ni bil namen našega poskusa. Beljakovine, nastale zaradi prisotnosti micelija gliv in obrambnega sistema rastlin, so v pekarski industriji namreč nekoristne, nekatere pa celo škodljive.

Naši rezultati se ujemajo tudi z ugotovitvami Jonesa (2000), ki navaja, da se s primernim varstvom pšenice pred FK zmanjšata odstotek klasov in zrn, okuženih s FG, ter povečata AM in skupni pridelek zrnja. Jones (2000) in ostali omenjeni avtorji sicer navajajo, da okužbe s FG zmanjšujejo količino pridelka zaradi zmanjšanja HM in AM, ne navajajo pa razlik v velikostnih razredih zrnja med pridelkom pri slabši in močnejši stopnji okužbe pšenice s FG. S primerjavo odstotka zrn velikostnega razreda pod in nad 3 mm ugotovimo, da je odstotek teh zrn skoraj enak v letu s slabšo in močnejšo okužbo s FG. Očitno smo v letu 2011 dosegli večjo AM in HM zrnja zaradi večjega odstotka velikih zrn (od 3 do 4 mm) in manjšega odstotka najmanjših zrn (pod 2,2 mm) kot v letu 2012.

S primerjavo pridelka zrnja med obravnavanima letoma ugotovimo, da je bil v letu 2012 pridelek zrnja precej manjši kot v letu 2011, manjši sta bili HM in AM. V letu 2011 je bila povprečna gostota klasov pšenice (povprečje vseh obravnavanj) pred žetvijo 488,9, v letu 2012 pa 530,2 klasov/m². Povprečna dolžina klasa brez res (povprečje vseh obravnavanj) v letu 2011 je bila 10,2 cm in 9,7 cm v letu 2012. Glede na to, da smo v obeh letih izvedli vse tehnološke ukrepe na enak način, je na razlike v fizikalnih parametrih pridelanega zrnja poleg močnejše okužbe s FG najverjetneje vplivala tudi dostopnost hranil v času oblikovanja velikosti klasa in nalivanja zrnja zaradi vremenskih razmer.

Zelo različni rezultati učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om samo potrjujejo, da moramo za učinkovito varstvo rastlin optimizirati številne dejavnike, ki vplivajo na učinkovitost varstva pšenice pred FK. Kljub vsemu pa moramo zagotoviti čim boljše pokritost klasa s fungicidom, saj ima uporaba najboljšega fungicida največji vpliv na učinkovitost varstva pšenice pred FK, zmanjšanje števila okuženih zrn s FG in onesnaženost zrnja z DON-om (Mesterházy, 2011; Blandino, 2006).

Navedli smo že, da se je na našem poskusu pokritost klasa s povečanjem DHŠ zmanjšala predvsem zaradi zmanjšane porabe škroplilne brozge/ha. S povečanjem DHŠ sta bila manjša tudi ŠOK/cm² in površina odtisa posamezne kapljice. Pri skoraj vseh DHŠ smo za odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm² določili stat. model *koren pokritosti-koren ŠOK/cm²*. Izjema je le odvisnost pokritosti sprednje strani klasa pri DHŠ 8,5 km/h, kjer se je za najprimernejši model izkazal model *koren ŠOK/cm²*. Kljub zmanjšanju površine odtisa posamezne kapljice s povečanjem DHŠ nam analiza rezultatov z omenjenimi regresijskimi modeli potrjuje stat. značilno odvisnost pokritosti sprednje in zadnje strani klasa od ŠOK/cm², saj je bila pri vseh analizah variance vrednost $p = 0,001$.

Čeprav smo dosegli večjo pokritost sprednje kot zadnje strani klasa, smo za skupno pokritost klasa pri vseh DHŠ ugotovili, da je za ponazoritev odvisnosti pokritosti od ŠOK/cm² najprimernejši regresijski model *koren pokritosti-koren ŠOK/cm²*. Pri vseh DHŠ je bil $p = 0,001$.

Z analizo naših rezultatov lahko s pomočjo regresijskih modelov *koren pokritosti klasa in koren ŠOK/cm²*, ki sta se pokazala kot najprimernejša, ugotovimo, da imata pokritost klasa in ŠOK/cm² določen vpliv na učinkovitost zatiranja FG. Vendar pa imajo rezultati s kontrole, predvsem v letu z močnejšo okužbo s FG, prevelik vpliv na regresijski model. Tako smo na primer z vključenimi rezultati s kontrole v regresijski model ugotovili značilen vpliv pokritosti klasa in ŠOK/cm² na učinkovitost zatiranja FG ($p < 0,05$), brez vključenih rezultatov s kontrole pa ne.

Večje razlike v učinkovitosti zatiranja FG, ki močno vplivajo na regresijski model, smo ugotovili pri manjši pokritosti klasa. Pri zelo podobni pokritosti klasa (10,4- in 12,2-odstotni) in ŠOK/cm² (18 in 23) v letu z močnejšo okužbo klasa s FG smo dosegli zelo različno učinkovitost (48,7 in 66,9 %). V letu s slabšo okužbo s FG pa smo pri 7-odstotni pokritosti in 14 odtisih kapljic/cm² dosegli celo 75,7-odstotno učinkovitost zatiranja FG. To pomeni, da na podlagi pokritosti klasa in ŠOK/cm² ne moremo napovedovati modela za učinkovitost zatiranja FG. Ugotovimo pa lahko, da smo z doseženo majhno pokritostjo klasa in ŠOK/cm² dosegli relativno veliko učinkovitost zatiranja FG in da pri večji pokritosti klasa dobivamo bolj izenačene učinkovitosti.

Odstotek okuženih klasov s FG vsekakor ima določen vpliv na onesnaženost zrnja z mikotoksini, kar smo ugotovili tudi z našo raziskavo. Mesterházy in sod. (2011) navajajo, da imata odstotek okuženih klasov in odstotek okuženih zrn s FG značilen vpliv na onesnaženost zrnja z DON-om, Celar in sod. (2015) pa, da na podlagi odstotka okuženih klasov s FG ne moremo napovedati stopnje onesnaženosti zrnja z DON-om.

Potrdimo lahko obe navedbi, saj smo z vključenimi rezultati o onesnaženosti zrnja s kontrole v regresijski model ugotovili značilen vpliv odstotka okuženih klasov s FG na onesnaženost zrnja z DON-om v obeh letih. Na podlagi naših rezultatov pa lahko ugotovimo tudi, da imajo vključeni rezultati s kontrole prevelik vpliv na regresijski model *koren onesnaženosti zrnja-kvadrat odstotka okuženih klasov s FG* na odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG. Glede na to, da je brez vključenih rezultatov s kontrole v obeh letih $p > 0,05$ in da je koeficient korelacije v letu 2011 celo $-0,7$ in v letu 2012 samo $0,22$ ter da variabilnost rezultatov onesnaženosti zrnja z DON-om lahko razložimo samo z $0,6$ -odstotnim v letu 2011 in v letu 2012 s $4,9$ -odstotnim vplivom deleža okuženih klasov, ostali del pa je nepojasnen, lahko povezavo med spremenljivkama označimo kot zelo slabo. Tudi pri preverjanju mnogih drugih regresijskih modelov nismo dobili boljših rezultatov medsebojne povezave deleža okuženih klasov in onesnaženosti zrnja z DON-om. Domnevamo, da do tako različnega vpliva deleža okuženih klasov na onesnaženost zrnja z DON-om prihaja zaradi različnega mesta okužbe na klasu (zgoraj ali spodaj na klasu), časa okužbe (zgodaj ali pozno v času cvetenja), glavni razlog pa je najverjetneje okuženost klasov z različnimi vrstami FG, tudi tistimi, ki DON-a ne izločajo, v odstotek okuženih klasov pa so vštet.

Pokritost klasa in $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ imata tudi določen vpliv na onesnaženost zrnja z DON-om. Z vključenimi rezultati s kontrole v regresijski model smo v obeh letih ugotovili značilno odvisnost ($p < 0,05$) onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa in $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$. Brez vključenih rezultatov s kontrole pa se predvsem v letu z močnejšo okužbo s FG (2012) odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od pokritosti klasa in $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ močno zmanjša. Predvsem pri močnejši okužbi s FG onesnaženosti zrnja z DON-om ne moremo predvideti niti na podlagi pokritosti klasa ali $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ niti na podlagi odstotka okuženih klasov. Za potrditev regresijskih modelov bi najverjetneje potrebovali še več rezultatov z manjšo in večjo stopnjo pokritosti klasa. Poleg tega bi morali zagotoviti tudi čim bolj izenačeno pokritost klasa (klaskov in klasnega vretena), saj lahko do okužb s FG pride na različnih mestih na klasu, sistemični fungicidi pa se premeščajo samo akropetalno.

Očitno dosežemo s fungicidom Prosaro® veliko učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om že z majhno pokritostjo klasa in $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$, ne moremo pa natančno določiti modela, ki bi nam povedal, s kakšno pokritostjo klasa ali $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ klasa bomo dosegli pridelek zrnja pšenice brez vsebnosti DON-a. Vseeno pa rezultati nakazujejo, da ima $\text{ŠOK}/\text{cm}^2$ klasa večji vpliv na zmanjšanje onesnaženosti zrnja z DON-om kot pokritost klasa.

Primerjave naših regresijskih modelov s podobnimi raziskavami ne moremo narediti, saj so avtorji navajali predvsem linearne modele z upoštevanjem rezultatov s kontrole, ki pa nikakor niso sprejemljivi za to vrsto analiz. Iz naših rezultatov je jasno razvidno, da imajo

ti prevelik vpliv na regresijske modele. Prav tako danes ne bi smelo več biti vprašanje, varstvo rastlin da ali ne, pač pa nas morajo zanimati podrobnosti, ki vplivajo na učinkovitost varstva rastlin: razlike med pripravki, aplikacijska tehnika, varovanje okolja ...

Vse nadaljnje raziskave učinkovitosti zatiranja FG in zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om morajo biti usmerjene predvsem v iskanje regresijskih modelov brez upoštevanja rezultatov s kontrole. Rezultati s kontrole nam lahko služijo samo kot dokaz, da je do okužb sploh prišlo.

Ugotovili nismo niti značilne odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm². Če pa primerjamo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa, ugotovimo močno povezanost med spremenljivkama. Da bi lažje ugotovili odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa in ŠOK/cm², smo se odločili analizirati podatke iz leta 2011, ko je bila stopnja okužbe s FG majhna. V letu 2012 bi namreč imela učinkovitost zatiranja FG prevelik vpliv na pridelek zrnja. Ugotovili smo, da sta pokritost klasa in ŠOK/cm² imela velik vpliv na pridelek zrnja, pokritost klasa pa je imela na pridelek zrnja značilen vpliv ($p < 0,05$) tako pri vključenih rezultatih s kontrole v regresijski model *koren pokritosti klasa* kot brez vključenih rezultatov s kontrole. Čeprav koeficient korelacije (0,64) kaže na močno povezanost tudi med pridelkom zrnja in ŠOK/cm², značilne odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm² brez upoštevanih rezultatov s kontrole nismo ugotovili.

Ugotovili smo tudi veliko odvisnost pridelka zrnja od pokritosti rastline. Z regresijskim modelom *koren pokritosti rastline* smo ugotovili značilno ($p < 0,05$) odvisnost pridelka od pokritosti klasa in zgornjih štirih listov. Sklepamo, da ima boljša pokritost klasa s fungicidom Prosaro® tudi v letih s slabšo okužbo s FG pozitiven vpliv na pridelek zrnja. Prosaro® namreč povečuje stopnjo fotosinteze (zelenilni učinek) in zmanjšuje negativni vpliv stresnih dejavnikov okolja.

Mnogi raziskovalci navajajo pomen šob za dobro in izenačeno pokritost klasa s fungicidom. Vendar razvoj aplikacijske tehnike in s tem tudi razvoj šob močno napreduje, zato bi morali raziskave o nanosu škropilne brozge na klas pšenice izvajati skoraj vsako leto. Mi smo uporabili protizanašalne šobe TurboDrop® HiSpeed 110 03 z dvojnimi pahljačastim curkom, ki so bile v času naše raziskave najnovejše in najprimernejše za nanos FFS na klas pšenice. Ugotovili smo, da jih je za izenačen nanos škropilne brozge na klas pšenice treba še izboljšati. Pri škropilnem curku je kot curka naprej, ki je postavljen 10° naprej glede na navpičnico, premajhen, da bi omogočil dober nanos kapljic na sprednjo stran klasa. Predvidevamo, da bi ta kot moral znašati vsaj 30° naprej glede na navpičnico.

6 SKLEPI

6.1 POKRITOST KLASA IN NOSILCA S KAPLJICAMI ŠKROPILNE BROZGE

Pri delu poskusa pokritosti klasa s kapljicami škropilne brozge smo ugotovili:

- največjo pokritost sprednje strani klasa smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h;
- največjo pokritost zadnje strani klasa smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h. S tem rezultatom smo potrdili prvo delovno hipotezo;
- največjo skupno pokritost obeh strani klasa smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h. S tem rezultatom smo potrdili drugo delovno hipotezo;
- pri vseh DHŠ smo dosegli večjo pokritost zadnje kot sprednje strani klasa;
- največjo pokritost sprednje strani nosilca smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h;
- največjo pokritost zadnje strani nosilca smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h;
- največjo skupno pokritost obeh strani nosilca smo dosegli pri DHŠ 5 km/h, najmanjšo pa pri DHŠ 12 km/h;
- skupna pokritost obeh strani klasa je bila večja kot skupna pokritost obeh strani nosilca;
- pri vseh DHŠ smo na sprednji strani klasa dosegli večje $\dot{S}OK/cm^2$, vendar manjšo pokritost kot na zadnji strani klasa;
- skoraj vse odvisnosti pokritosti sprednje ali zadnje strani klasa pri različnih DHŠ pojasnimo s stat. modelom *koren pokritosti-koren $\dot{S}OK/cm^2$* (pokritost = $(a + b * \sqrt{(\dot{S}OK/cm^2)})^2$). Samo pri DHŠ 8,5 km/h lahko odvisnost pokritosti sprednje strani klasa natančneje pojasnimo z regresijskim modelom *koren $\dot{S}OK/cm^2$* (pokritost = $(a + b * \sqrt{(\dot{S}OK/cm^2)})$);
- odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od $\dot{S}OK/cm^2$ lahko v obeh letih pojasnimo z regresijskim modelom *koren pokritost-koren $\dot{S}OK/cm^2$* (pokritost = $(a + b * \sqrt{(\dot{S}OK/cm^2)})^2$);
- pri primerjavi pokritosti klasa in zgornjih štirih listov pšenice smo dosegli največjo pokritost najvišjega lista (zastavičarja), manjšo pokritost, vendar zelo podobno, smo dosegli na klasu in drugem listu, sledi pokritost tretjega lista, najmanjša pa je bila pokritost četrtega lista od zgoraj navzdol.

6.2 VARSTVO PŠENICE PRED FUZARIOZAMI KLASA S FUNGICIDOM PROSARO®

Pri delu poskusa ugotavljanja učinkovitosti zatiranja FG s fungicidom Prosaro® smo ugotovili:

- največji odstotek okuženih klasov pšenice s FG je bil na kontroli, najmanjši pa pri DHŠ 5 km/h. S povečevanjem DHŠ se je povečeval tudi odstotek okuženih klasov s FG, ki je bil pri 5 in 8,5 km/h v obeh letih stat. značilno enak in stat. značilno manjši kot pri 12 km/h. S to ugotovitvijo smo potrdili prvi del tretje delovne hipoteze;
- učinkovitost zatiranja FG pri obravnavanih DHŠ se je v letu s slabšo okužbo pšenice s FG stat. značilno razlikovala, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa stat. značilnih razlik v učinkovitosti zatiranja FG med obravnavanimi DHŠ nismo ugotovili. Tako prvega dela četrte delovne hipoteze ne moremo potrditi, saj je bila v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG učinkovitost zatiranja FG stat. značilno enaka;
- odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa ne moremo potrditi z nobenim regresijskim modelom;
- odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od ŠOK/cm² lahko v letu s slabšo okužbo pšenice pojasnimo z regresijskim modelom *koren ŠOK/cm²* (učinkovitost = (a + b * √(ŠOK/cm²))), v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa te odvisnosti ne moremo pojasniti z nobenim regresijskim modelom.

6.3 OKUŽENOST PŠENICE S FUZARIJSKIMI GLIVAMI IN ONESNAŽENOST ZRNJA Z MIKOTOKSINOM DEOKSINIVALENOL

Pri delu poskusa ugotavljanja okuženosti pšenice s FG in onesnaženosti zrnja z DON-om smo ugotovili:

- v obeh poskusnih letih je bilo zrnje pšenice okuženo z več vrstami FG. Najpogostejša je bila okužba z glivo *Fusarium graminearum*, poleg tega pa je bilo zrnje okuženo še z glivami *Microdochium nivale*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium poae* in *Fusarium equiseti*;
- v času žetve smo s kombajnom Wintersteiger classic (izpihano manjše in lažje zrnje) v letu z manjšo okužbo pšenice s FG uspeli zmanjšati odstotek okuženega in površinsko onesnaženega ga zrnja z 32 % na 2,5 %, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa z 78 % na 12,8 %;
- onesnaženost zrnja z DON-om tik pred žetvijo se je razlikovala stat. značilno samo med kontrolo in obravnavanimi DHŠ. Onesnaženost zrnja z DON-om je bila pri vseh DHŠ stat. značilno enaka. Tako drugega dela tretje delovne hipoteze ne moremo potrditi;

- onesnaženost zrnja z DON-om po žetvi v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG je bila stat. značilno enaka. Zato dela četrte delovne hipoteze, ki pravi, da bo pri DHŠ 12 km/h onesnaženost zrnja z DON-om značilno večja, ne moremo potrditi;
- skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja po žetvi se je stat. značilno razlikoval samo med obravnavanimi DHŠ in kontrolo. Med obravnavanimi DHŠ je bil stat. značilno enak, zato dela četrte delovne hipoteze, ki pravi, da bo skupni odstotek okuženega in površinsko onesnaženega zrnja po žetvi pri DHŠ 12 km/h značilno večji, ne moremo potrditi;
- v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG smo dosegli večjo učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om kot v letu s slabšo okužbo pšenice s FG;
- odvisnosti onesnaženosti zrnja z DON-om od odstotka okuženih klasov ali pokritosti klasa nismo dokazali z nobenim regresijskim modelom;
- v letu s slabšo okužbo pšenice s FG smo dokazali odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od ŠOK/cm²;
- v času žetve smo s kombajnom Wintersteiger classic (izpihano manjše in lažje zrnje) dodatno zmanjšali povprečno stopnjo onesnaženosti zrnja z DON-om.

6.4 PARAMETRI PRIDELANEGA ZRNJA

Pri delu poskusa ugotavljanja parametrov pridelanega zrnja smo ugotovili:

- v obeh letih smo dosegli stat. značilno najmanjši pridelek zrnja na kontroli. V letu s slabšo okužbo pšenice s FG je bil pri DHŠ 12 km/h pridelek stat. značilno manjši kot pri DHŠ 5 in 8,5 km/h, in stat. značilno večji kot na kontroli. V letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa stat. značilnih razlik v pridelku med obravnavanimi DHŠ nismo ugotovili. Tako zadnjega dela četrte delovne hipoteze glede pridelka ne moremo potrditi;
- odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa s fungicidom Prosaro[®] lahko pojasnimo po regresijskem modelu *koren pokritosti klasa* (pridelek = $(a + b * \sqrt{\text{pokritost klasa}})$). Prav tako smo po enakem stat. modelu ugotovili odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa in zgornjih štirih listov;
- odvisnosti pridelka od ŠOK/cm² nismo ugotovili po nobenem regresijskem modelu;
- absolutna masa požetega zrnja je bila v obeh letih najmanjša na kontroli. V letu s slabšo okužbo pšenice s FG je bila AM stat. značilno največja pri DHŠ 5 km/h, pri DHŠ 8,5 in 12 km/h pa enaka kot na kontroli. V letu z močnejšo okužbo pšenice s FG je bila AM pri vseh obravnavanih DHŠ stat. značilno enaka. Tako zadnjega dela četrte delovne hipoteze glede absolutne mase ne moremo potrditi;
- hektolitrsko masa požetega zrnja je bila v letu s slabšo okužbo pšenice s FG stat. značilno enaka na vseh obravnavanjih, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa je bila enaka pri vseh obravnavanih DHŠ in manjša na kontroli. Tako zadnjega dela četrte delovne hipoteze glede hektolitrske mase ne moremo potrditi;

- v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG je bil utežni odstotek največjih zrn (3 do 4 mm) manjši kot v letu s slabšo okužbo pšenice s FG. Utežni odstotek vseh ostalih velikostnih razredov (2,5 do 3 mm, 2,2 do 2,5 mm, < 2,2 mm) pa je bil večji;
- v letu s slabšo okužbo pšenice s FG stat. značilnih razlik v utežnem odstotku požetega zrnja znotraj enega velikostnega razreda med obravnavanji nismo ugotovili. V letu z močnejšo okužbo pa smo ugotovili, da je bil utežni odstotek najmanjšega velikostnega razreda (pod 2,2 mm) na kontroli stat. značilno manjši kot pri obravnavanih DHŠ.

7 POVZETEK (SUMMARY)

7.1 POVZETEK

Potrebe po varni hrani so čedalje večje. Poskrbeti bomo morali, da bomo imeli čim manj izgub pridelka zaradi vremenskih vplivov, prav tako pa tudi zaradi izgub, ki nam jih povzročajo pleveli, bolezni in škodljivci. Izgube zaradi napačnega varstva rastlin so namreč še zmeraj zelo visoke, v povprečju do 40-odstotne. Če pa pride do močnejših okužb klasa pšenice s FG, je lahko zaradi onesnaženosti zrnja z mikotoksini pridelek popolnoma neuporaben za prehrano ljudi in krmo živini. Onesnaženo zrnje z mikotoksini ima negativen vpliv na peko kruha, varjenje piva, zdravje ljudi in živali. Zato je na nivoju EU z uredbo določena največja dovoljena onesnaženost živil in krme z mikotoksini.

Na pšenici, ki je med strnimi žiti najobčutljivejša na okužbo, povzroča FK več vrst gliv iz rodu *Fusarium* in gliva *Monographella nivalis*. Glive iz rodu *Fusarium* izločajo v zrnje različne mitoksine. Mikotoksin deoksinivalenol, mikotoksin našega proučevanja, izločata glivi *F. graminearum* in *F. culmorum*. O FK so poročali že v drugi polovici 19. stoletja, do močnejših okužbah s FG in povečano vsebnostjo DON-a v Evropi pa je prišlo ob koncu 20. stoletja. V srednji in južni Evropi je najbolj razširjena gliva, ki povzroča FK, gliva *F. graminearum*. Do okužb klasa pšenice s konidiji in sporami FG prihaja v času cvetenja preko prašnikov. Pogoj za okužbo so padavine v času cvetenja in temperature okrog 20 °C. Najznačilnejši znak okužbe klasa pšenice z glivo *F. graminearum* je oranžni micelij, ki se razvije na klasnem vretenu pšenice.

Eden od načinov kompleksnega varstva pšenice pred FK je pravilna raba FFS. Zelo pomemben za učinkovitost FFS je tudi pravilen nanos FFS na klas pšenice. Upoštevati moramo okoljske zahteve, epidemiologijo FG, ekonomski aspekt aplikacije FFS, izbrati primerno FFS ... V nalogi smo se osredotočili predvsem na iskanje odgovora, kako doseči primerno pokritost klasa s škropilno brozgo za zadovoljivo varstvo pšenice pred FK. Večina avtorjev navaja, da najboljšo pokritost klasa s škropilno brozgo dosežemo z uporabo dvojnih špranjastih šob. Na našem poskusu smo zato za škropljenje v klas uporabili najsodobnejše špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnim curkom TurboDrop® HiSpeed.

Poskus vpliva treh DHS na pokritost klasa in učinkovitost zatiranja FG smo izvedli na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani, poskusna zasnova pa so bili slučajni bloki s tremi ponovitvami. Poskus smo izvajali na sorti pšenice Isengrain, srednje občutljivi na rastlinske bolezni. Za škropljenje v klas smo v začetku cvetenja pšenice uporabili fungicid prosaro®, ki predstavlja standard pri zatiranju FG. Škropljenje smo izvedli s traktorsko škropilnico AGS 600. Tehnologija pridelave pšenice je bila prilagojena

smernicam integrirane pridelave. Za oceno pokritosti klasa in zgornjih štirih listov pšenice s škropilno brozgo smo uporabili NVOL, ki smo jih pred škropljenjem pritrdili na klas pšenice in zgornje štiri liste. Za primerjavo smo opravili še analizo pokritosti nosilca, na katerega smo v višini klasa prav tako pritrdili NVOL. ŠOK/cm² in pokritost s škropilno brozgo NVOL smo pozneje ugotavljali v laboratoriju. Odstotek okuženih klasov pšenice in učinkovitost zatiranja FG smo ugotavljali v razvojni fazi pšenice BBCH 83. Za določitev prisotnih vrst FG, stopnjo onesnaženosti zrnja z mikotoksinom DON in odstotek skupne okuženosti ter površinske onesnaženosti zrnja s FG pa smo nabrali klasje tik pred žetvijo. Prav tako smo odstotek skupne okuženosti in površinske onesnaženosti zrnja s FG ter stopnjo onesnaženosti zrnja z DON-om določili tudi po žetvi pšenice. Ugotovili smo še pridelek zrnja s 14-odstotno vlažnostjo, HM in AM ter masni odstotek velikostnih razredov požetega zrnja. Opravili smo statistične analize rezultatov in poskusili najti regresijske modele, s katerimi bi lahko pojasnili medsebojno odvisnost določenih spremenljivk na poskusu.

Po pričakovanjih smo stat. značilno največjo pokritost sprednje in zadnje strani klasa ter nosilca v višini klasa dosegli pri DHŠ 5 km/h in najmanjšo pri DHŠ 12 km/h. Posledično je seveda tudi skupna pokritost obeh strani klasa in nosilca v višini klasa največja pri DHŠ 5 km/h in najmanjša pri DHŠ 12 km/h. Presenetili so nas rezultati primerjave pokritosti sprednje in zadnje strani klasa ter nosilca v višini klasa, saj smo v obeh primerih dosegli boljšo pokritost zadnje strani. Predvidevamo, da bi za boljšo in bolj izenačeno pokritost škropilni curek na šobi, ki je obrnjen naprej, moral biti pod kotom vsaj 30° od navpičnice. Ker smo pri vseh obravnavanih DHŠ ugotovili boljšo pokritost klasa kot nosilca v višini klasa, tudi ugotavljamo, da rezultatov pokritosti nosilca ne moremo neposredno uporabiti za ugotavljanje pokritosti klasa.

Odvisnost pokritost klasa od ŠOK/cm² smo zlahka pojasnili z regresijskimi modeli. Pri DHŠ 8,5 km/h smo ugotovili odvisnost pokritosti sprednje strani klasa od ŠOK/cm² po regresijskem modelu *koren ŠOK/cm²*. Pri vseh ostalih obravnavanih škropljenja smo ugotovili odvisnost pokritosti klasa od ŠOK/cm² po regresijskem modelu *koren pokritosti klasa-koren ŠOK/cm²*. Stat. model *koren pokritosti klasa-koren ŠOK/cm²* je tudi najprimernejši model, s katerim pojasnimo odvisnost skupne pokritosti obeh strani klasa od ŠOK/cm².

Po pričakovanju je bil odstotek okuženih klasov stat. značilno največji na kontroli, pri DHŠ 5 in 8,5 km/h pa v obeh letih manjši kot pri DHŠ 12 km/h. Pri izračunu učinkovitosti zatiranja FG s fungicidom Prosaro® po Abbotovi formuli smo v letu s slabšo okužbo pšenice s FG dosegli stat. značilno najboljšo učinkovitost zatiranja pri FG pri DHŠ 5 km/h, pri DHŠ 8,5 in 12 km/h pa stat. značilnih razlik nismo ugotovili. V letu z močnejšo okužbo pšenice s FG je bila učinkovitost zatiranja FG pri vseh obravnavanih DHŠ stat. značilno

enaka. Odvisnosti učinkovitosti zatiranja FG od pokritosti klasa nismo ugotovili z nobenim regresijskim modelom, saj so rezultati s kontrole imeli prevelik vpliv na regresijske modele. Odvisnost učinkovitosti zatiranja FG od $\dot{S}OK/cm^2$ smo lahko potrdili samo v letu s slabšo okužbo pšenice s FG z regresijskim modelom *koren* $\dot{S}OK/cm^2$, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa z nobenim.

Prav tako nismo mogli ugotoviti primernega regresijskega modela, s katerim bi lahko napovedali odvisnost onesnaženosti zrnja pred žetvijo z DON-om od odstotka okuženih klasov s FG, pokritosti klasa ali $\dot{S}OK/cm^2$. Onesnaženost zrnja z DON-om je bila v obeh letih stat. značilno največja na kontroli, med obravnavanimi DHS pa stat. značilno enaka. V obeh letih smo na vseh obravnavanih variantah DHS uspeli zmanjšati onesnaženost zrnja z DON-om pod 200 $\mu g/kg$ SS zrnja. V letu s slabšo okužbo pšenice s FG smo dosegli od 67,3 do 71,4-odstotno, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa od 92,8 do 94,72-odstotno učinkovitost zmanjšanja onesnaženosti zrnja z DON-om. V letu 2012, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG, smo izvedli še primerjavo onesnaženosti zrnja z DON-om pred žetvijo pšenice in po njej. Pri 5 in 8,5 km/h smo z varstvom pšenice pred FK in žetvijo celo uspeli doseči pridelek zrnja brez prisotnosti DON-a.

Pri primerjavi skupnega odstotka okuženega in površinsko onesnaženega zrnja s FG pred žetvijo smo v obeh letih ugotovili samo stat. značilno razliko med kontrolo in obravnavanimi DHS, med obravnavanimi DHS pa stat. značilnih razlik ni bilo. Zanimiva je tudi ugotovitev, da smo z žetvijo (izpihano zrnje iz kombajna) v letu s slabšo okužbo pšenice s FG zmanjšali skupno okuženost in površinsko onesnaženost zrnja na povprečnem vzorcu s kontrole z 32 na 2,5 %, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa z 78 na 12,8 %.

Za onesnaženost zrnja z DON-om pred žetvijo smo poskusili ugotoviti regresijske modele, s katerimi bi lahko prikazali odvisnost onesnaženosti od odstotka okuženih klasov, pokritosti klasa in $\dot{S}OK/cm^2$ klasa. Z vključenimi rezultati s kontrole v regresijski model smo dobili dobre povezave za odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od okuženosti klasa s FG, pokritosti rastline ali $\dot{S}OK/cm^2$ klasa omenjenih spremenljivk. Brez vključenih rezultatov s kontrole pa so se regresijski modeli pokazali kot neuporabni, saj smo z regresijskim modelom *recipročno onesnaženost zrnja z DON-om-koren* $\dot{S}OK/cm^2$ brez vključenih rezultatov s kontrole potrdili samo odvisnost onesnaženosti zrnja z DON-om od $\dot{S}OK/cm^2$ klasa v letu s slabšo okužbo pšenice s FG. V vseh preostalih primerih pa smo ugotovili prevelik vpliv rezultatov s kontrole na regresijske modele.

Pridelek zrnja se je med obema letoma močno razlikoval, saj smo v letu 2011 dosegli največji pridelek zrnja, in sicer 10.073 kg/ha (DHS 5 km/h), v letu 2012 pa 6645 kg/ha (DHS 8,5 km/h). V obeh letih je bil pridelek zrnja na kontroli stat. značilno najmanjši: 9115 kg v letu 2011 in 4680 kg v letu 2012. V letu 2012 je bil pridelek zrnja pri vseh

obravnanih DHŠ stat. značilno enak, v letu 2011 pa je bil pri DHŠ 5 in 8,5 km/h stat. značilno večji kot pri DHŠ 12 km/h.

V letu 2011, letu s slabšo okužbo pšenice s FG, smo ugotavljali vpliv pokritosti klasa, pokritosti klasa in zgornjih štirih listov ter vpliv ŠOK/cm² klasa na pridelek zrnja. Ugotovili smo odvisnost pridelka zrnja od pokritosti klasa ter pokritosti klasa in zgornjih štirih listov po regresijskem modelu *koren neodvisne spremenljivke*. Čeprav koeficient korelacije kaže na močno povezavo tudi med ŠOK/cm² in pridelkom zrnja ($r = 0,64$), stat. značilne odvisnosti pridelka zrnja od ŠOK/cm² nismo mogli potrditi ($p = 0,086$).

Hektolitrska masa požetega zrnja je bila v letu s slabšo okužbo pšenice s FG stat. značilno enaka na vseh obravnavanjih, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa je bila stat. značilno manjša samo na kontroli. Podobno je bila v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG samo na kontroli stat. značilno manjša tudi AM, v letu s slabšo okužbo pšenice s FG pa je bila AM pri DHŠ 5 km/h stat. značilno večja kot na ostalih obravnavanjih. Utežni odstotki velikostnih razredov zrnja (< 2 mm, 2,2 do 2,5 mm, 2,5 do 3 mm, 3 do 4 mm, > 4 mm) se v letu s slabšo okužbo pšenice s FG znotraj enega velikostnega razreda med obravnavanji niso razlikovali stat. značilno, v letu z močnejšo okužbo pšenice s FG pa je bil samo pri najmanjšem velikostnem razredu zrnja stat. značilno manjši utežni odstotek zrnja s kontrole.

7.2 SUMMARY

Nowadays, there is an increasing need to produce healthy, safe food. This is why we need to minimise the loss in yields caused by weather conditions as well as weeds, plant diseases and pests. Approximately 40 % of the loss is still caused by inappropriate plant protection. When wheat is strongly infected with *Fusarium* fungi, the yield might be completely unfit for human and animal consumption because of the contamination of grains with mycotoxins. The latter has adverse effects on bread making, beer brewing, and human and animal health. On the EU level, the maximum food and feed contamination with mycotoxins is determined by a regulation.

Wheat is the most sensitive stubble cereal to FHB fungal infections; the FHB of wheat can be caused by various fungi of the genus *Fusarium* or by the *Monographella nivalis* fungus. The fungi of the genus *Fusarium* release various mycotoxins into the grains. The deoxynivalenol mycotoxin that was studied in the doctoral thesis is released by the *F. graminearum* and the *F. culmorum* fungi. The first case of FHB was reported already in the second half of the 19th century. Stronger FHB fungal infections in Europe with an increased DON value, however, started to appear at the end of the 20th century. In Central and Southern Europe, FHB is predominantly caused by the *F. graminearum* fungus.

During the flowering, wheat heads are infected with the FHB-fungi conidia and spores through the stamina. The infection occurs when there is rainfall during the flowering stage and the temperature is approximately 20 °C. The most typical symptom of a wheat head infection with the *F. graminearum* fungus is an orange mycelium that develops on the rachis of a wheat head.

One of the ways to provide complex protection of wheat against FHB fungi is a proper use of plant protection products. Their efficiency depends on correct application on wheat head. When doing so, we need to take into consideration the environmental requirements, the FHB-fungi epidemiology and the economic aspect of the PPP application, choose an appropriate type of PPP, etc. In the thesis, we mainly focus on the question of how to achieve suitable head coverage with the spray mixture to efficiently protect the wheat against FHB. Most authors state that the best head coverage with the spray mixture can be achieved when using double flat-fan nozzles. This is why, in our trial, state-of-the-art TurboDrop[®] HiSpeed asymmetric double flat-fan nozzles were used for head spraying.

The trial studying the effect of three spraying speeds on the head coverage and the efficacy of the FHB-fungi control was performed on the trial field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana; its base consisted of random blocks with three repetitions. It was performed with the *Isengrain* wheat cultivar with medium plant disease sensitivity. At the beginning of flowering, the wheat was sprayed with Prosaro[®] fungicide – the standard fungicide used for the FHB-fungi control. The spraying was performed with an AGS 600 tractor-mounted sprayer. The wheat production technology followed the integrated crop production guidelines. Water-sensitive paper was used to assess the head coverage and the coverage of the upper four leaves with the spray mixture; before the spraying, the paper had been attached to the above-mentioned locations. For comparison purposes, we additionally analysed the coverage of a support pole with water-sensitive paper attached at the height of a wheat head. The droplet footprints number/cm² and the coverage of water-sensitive paper with the spray mixture were determined at a later point, in the laboratory. The percentage of the FHB-fungi infected wheat heads and the efficiency of the FHB-fungi control were determined during the BBCH 83 wheat growth stage. To determine the types of FHB fungi present in the wheat, the level of grain contamination with the DON mycotoxin, the total percentage of grains with the FHB fungal infection and with the FHB fungal surface contamination, the wheat heads were collected right before the harvest. The total percentage of the FHB-fungi infected grains, the percentage of grains with the surface FHB fungal contamination and the level of DON contamination of grains were determined also after the harvest. Furthermore, we converted the grain yield to yield with a 14 % humidity, determined the hectolitre grain weight, the thousand grain weight and the percentage by weight according to the harvested grain size categories. We statistically analysed the

results and tried to find suitable regression models to explain the interdependence of certain variables in the trial.

As expected, the significantly largest coverage of the front and rear head sides and the support pole at the height of a wheat head was reached at the 5 km/h spraying speed, while the smallest one was reached at 12 km/h. Consequently, the total coverage of both head sides and the support pole at the height of a wheat head was also the largest at 5 km/h and the smallest at 12 km/h. While comparing the coverage of the front and rear heads sides with the coverage of the support pole at the height of a wheat head, we were surprised to find that, in both cases, the coverage was better on the rear side. We presume that, to achieve better and more equal coverage, it would be recommendable to set the forward-angled spray jet at an angle of at least 30° to the perpendicular. Since, at all the studied spraying speeds, the head coverage was better than the coverage of the support pole at the height of the wheat head, we furthermore note that the support pole coverage results cannot be directly used to determine the head coverage.

The dependence of the head coverage on the droplet footprints number/cm² was easily explained with regression models. The 'Square root-X' regression model confirmed the dependence of the front head side coverage on the droplet footprints number/cm² at the 8.5 km/h spraying speed. With all the other spraying treatments, the 'Double square root' regression model showed the dependence of the head coverage on the droplet footprints number/cm². The regression model 'Double square root' of the droplet footprints number/cm² is also the most appropriate statistical model for explaining the dependence of the total coverage of both head sides on the droplet footprints number/cm².

As expected, the percentage of heads, infected with the FHB-fungi, was statistically the highest on the unsprayed control; in both years, it was lower at the 5 and 8.5 km/h spraying speeds than it was at 12 km/h. The calculation of the efficacy of the FHB-fungi control with Prosaro[®] fungicide according to Abbot's formula showed that, in the year with a lighter FHB fungal infection of the wheat, the FHB-fungi control was statistically most efficient at the 5 km/h spraying speed, while there were no statistically significant differences at the 8.5 and 12 km/h spraying speeds. In the year with a stronger FHB fungal infection of the wheat, the FHB-fungi control was equally efficient at all the studied spraying speeds. The dependence of the efficacy of the FHB-fungi control on the head coverage could not be determined by using regression models because of the excessive influence of the unsprayed control results. The dependence of the efficacy of the FHB-fungi control on the droplet footprints number/cm² could only be confirmed in the year with a lighter FHB fungal infection of the wheat using the 'Square root-X' regression model; in the year with a stronger FHB-fungal infection of the wheat, it could, however, not be confirmed with a regression model.

Furthermore, we were unable to find a suitable regression model with which to predict the dependence of the DON contamination of grains before the harvest on the percentage of the FHB-fungi infected heads/the head coverage/the droplet footprints number/cm². In both years, the DON contamination of grains was statistically the highest on the unsprayed control and statistically the same among all the studied spraying speeds. In both 2011 and 2012, we managed to lower the DON contamination of grains below 200 µg/kg of dry matter at all the studied spraying speeds. In the year with a lighter FHB fungal infection and in the year with a stronger FHB fungal infection of the wheat, we managed to reduce the DON contamination of grains by 67.3 to 71.4 % and 92.8 to 94.72 %, respectively. In 2012, the year with a stronger FHB fungal infection of the wheat, we moreover compared the DON contamination of grains before and after the harvest. At the 5 km/h and 8.5 km/h spraying speeds, we managed to produce a grain yield without any DON content; this was due to efficient FHB-fungi control of the wheat and its harvest.

When comparing the total percentage of the FHB-fungi infected grains and the grains with the FHB-fungi contaminated surface before the harvest for both years, we were able to confirm statistically significant differences between the unsprayed control and the studied spraying speeds, while there were no statistically significant differences among the studied spraying speeds. Moreover, it was interesting to note that, by harvesting the wheat (grains blown from the combine harvester), we managed to reduce the total percentage of the FHB-fungi infected grains and the grains with the FHB-fungi contaminated surface on an average sample from an unsprayed control from 32 % to 2.5 % in the year with a lighter FHB fungal infection of the wheat and from 78 % to 12.8 % in the year with a stronger FHB fungal infection.

We tried to find suitable regression models for the DON contamination of grains before the harvest that would prove its dependence on the percentage of the FHB-fungi infected heads, the head coverage and the droplet footprints number/cm² of a head. By including the results of the unsprayed control into the regression model, we were able to establish suitable links to prove the dependence of the DON contamination of the grains on the above-mentioned variables. When these results were not included, the regression models proved inapplicable since the regression model 'Reciprocal-Y square root-X' without the unsprayed control results was only able to prove the dependence of the DON contamination of grains on the droplet footprints number/cm² in the year with a lighter FHB-fungal infection of the wheat. Otherwise, the unsprayed control results interfered with the regression models.

The grain yield varied greatly according to the year; in 2011, we achieved the biggest grain yield (10,073 kg/ha at the 5 km/h spraying speed), while in 2012 the yield amounted to 6645 kg/ha (at the 8.5 km/h spraying speed). In both years, the statistically smallest grain

yield was achieved on the unsprayed control (9115 kg in 2011 and 4680 kg in 2012). In 2012, the grain yield was statistically the same at all the studied spraying speeds, while in 2011 it was statistically higher at the 5 km/h and 8.5 km/h spraying speeds than at the 12 km/h spraying speed.

In 2011, the year with a lighter FHB-fungal infection of the wheat, we studied the effect of the head coverage, the effect of the head coverage and the coverage of the upper four leaves as well as the effect of the droplet footprints number/cm² on the grain yield. The 'Square root-X' regression model helped us determine the dependence of the grain yield on the head coverage/the head coverage and the coverage of the upper four leaves. In spite of the correlation coefficient also showing strong dependence of the grain yield on the droplet footprints number/cm² ($r = 0.64$), we could not confirm any statistically significant dependence of the grain yield on the droplet footprints number/cm² ($p = 0.086$).

In the year with a lighter FHB-fungal infection of the wheat, the hectolitre grain weight of the harvested grains was statistically the same in all the tested treatments, while, in the year with a stronger FHB infection of the wheat, it was statistically smaller only on the unsprayed control. Similarly, in the year with a stronger FHB fungal infection of the wheat, the thousand grain weight was statistically smaller on the unsprayed control, while, in the year with a lighter FHB infection of the wheat, it was statistically bigger at the 5 km/h spraying speed than in the other treatments. In the year with a lighter FHB-fungal infection of the wheat, there were no statistically significant differences among the different treatments within one size category in the percentage by weight according to the grain size categories (< 2 mm, 2,2-2,5 mm, 2,5-3 mm, 3-4 mm, > 4 mm); in the year with a stronger FHB-fungal infection of the wheat, a statistically significant difference occurred only in the smallest size category, where the percentage by weight of the unsprayed control grains was statistically smaller.

8 VIRI

- Aleksandratos N., Bruinsma J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. EFSA working paper, 12, 3: 147 str.
<http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf> (25. maj 2016)
- Anderson A.L. 1948. The development of *Gibberella zea* head-blight of wheat. *Phytopathology*, 38: 599–611
- ARSO. Arhiv meritev. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija republike Slovenije za okolje.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (28. dec. 2015)
- A summary of tank mix and nozzle effects on droplet size. 2001. Spray Drift Task Force: 5 str.
http://fyi.uwex.edu/manureirrigation/files/2013/04/AG_DRIFT_TankMixNozzleEffectDropSize.pdf (6. feb. 2016)
- Beccari G., Covarelli L., Nicholson, P. 2011. Infection processes and soft wheat response to root rot and crown rot caused by *Fusarium culmorum*. *Plant Pathology*, 60: 671–684
- Beyer M., Klix M. B., Klink H. Verreet J.A. 2006. Quantifying the effects of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain - a review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113, 6: 241–246
- Blandino M., Minelli L., Reyneri A. 2006. Strategies for the chemical control of *Fusarium* head blight: effect on yield, alveographic parameters and deoxynivalenol contamination in winter wheat grain: *European Journal of Agronomy*, 25: 193–201
- Blandino M., Pilati A., Reyneri A. 2009. Effect of foliar treatments to durum wheat on flag leaf senescence, grain yield, quality and deoxynivalenol contamination in North Italy. *Field Crops Research*, 114, 2: 214–222
- Blandino M., Pascale M., Haidukowski M., Reyneri A. 2011. Influence of agronomic conditions on the efficacy of different fungicides applied to wheat at heading: effect of flag senescence, *Fusarium* head blight attack, grain yield and deoxynivalenol contamination. *Italian Journal of Agronomy*, 6: 204–211
- Both C. 1971. The genus *Fusarium*. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux [for the] Commonwealth Mycological Institute: 237 str.
- Bottalico A. 1998: *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles. *European Journal of Plant Pathology*, 80: 85–103
- Bottalico A., Perone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 7: 611–624
- Boyacioglu D., Hettiarachchy N.S. 1995. Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. *Journal of Cereal Science*, 21: 57–62
- Breiteneder H., Radauer C. 2004. A classification of plant food allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113: 821–830

- Bryden W.L. 2012. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*, 173: 134–158
- Celar F., Trdan S. 2000. Glivične bolezni kmetijskih rastlin.
http://www.google.de/url?url=http://web.bf.uni-lj.si/ag/fitomedicina/program-dod/RAZVRSTITEV%2520RASTL.%2520PARAZ.%2520GLIV-STROK.-nova.doc&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CDMQFjAFahUKEwjF54DAibvIAhWHvXIKHXgXDJM&usg=AFQjCNGQz_tQ7usk00B-HIERE7OvuZD30Q (12. okt. 2015)
- Celar F., Šantavec I., Tavčar Kalcher G., Kos. K. 2015. Povezave med stopnjo okuženosti klasov in zrn pšenice s fuzariozami ter vsebnostjo mikotoksina deoksinivalenola. V: Zbornik predavanj in referatov 12. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo. Ptuj, 3.–4. marec 2015. Trdan S. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 216–222
- Cereals: Additional Management Opportunities. 2015. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub811/4additional.htm> (28. maj 2016)
- Charm[®] ROSA[®]. Mycotoxin tests for feed & grain. Rapid one step assay. 2016. Charm Sciences Inc., Lawrence, USA: 4
<http://www.charm.com/products/mycotoxins/rosa-mycotoxin-strips> (27. maj 2016)
- Čosić J., Vrandečić K. 2002. Biološke karakteristike *Fusarium graminearum* Schw. i *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc. (Biological characteristics of *Fusarium graminearum* Schw. and *F. culmorum* (W.G. Smith) Sacc.). *Poljoprivreda*, 8, 2: 16–20
- Čosić J., Jurković D., Vrandečić K., Šimić B. 2006. Occurrence of *Fusarium* species isolated from winter wheat and barley grains in Croatia. V: Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection. 9th International Working Conference on Stored Product Protection, São Paulo, 15th to 18th October 2006. Lorini I., Bacaltchuk B., Beckel H., (eds). Passo Fundo, Brazilian Postharvest Association: 1359 str.
- Dänicke S. 2002. Prevention and control of mycotoxins in the poultry production chain: an European view. *World's Poultry Science Journal*, 58: 451–474
- Desjardin A.E. 2006. *Fusarium* Mycotoxins: chemistry, genetics and biology. St. Paul, American Phytopathological Society Press: 260 str.
- Devries A.P. 1971. Flowering biology of wheat, particularly in view of hybrid seed production - review. *Euphytica*, 20, 2: 152–170
- Doohan F.M., Brennan J., Cooke B.M. 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 755–768
- EPPO standard PP 1/26(3). Guideline for the efficacy evaluation of fungicides - Foliar diseases on cereals. 2012. European and Mediterranean plant protection organization. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42, 3: 419–42

- Frießleben R. 2005. Influence of application technology on *Fusarium* control. V: *Fusarium Symposium*, Monheim (neobjavljeno)
- Gilbert J., Tekauz A. 2000. Review: recent developments in research on *Fusarium* head blight of wheat in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 22: 1–8
- Gilsinger J., Kong L., Shen X., Ohm H. 2004. DNA markers associated with low *Fusarium* head blight incidence and narrow flower opening in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 110: 1218–1225
- Gossen B.D., Peng G., Wolf T.M., McDonald M.R. 2008. Improving spray retention to enhance the efficacy of foliar applied disease- and pest-management products in field and row crops. *Journal of Plant Pathology*, 30: 505–516
- Goswami R.S., Kistler H.C. 2004. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 5: 515–525
- Grupp B. 2007. Fungicides matter in more than one way. *Courier. The Bayer CropScience Magazine for Agriculture*, 2: 28–31
- Guo X.W., Fernando W.G.D., Bullock P., Sapirstein H. 2010. Quantifying cropping practices in relation to inoculum levels of *Fusarium graminearum* on crop stubble. *Plant Pathology*, 59, 6: 1107–1113
- Günther J.C., Trail F. 2005. The development and differentiation of *Giberella zae* (anamorph: *Fusarium graminearum*) during colonization of wheat. *Mycologia*, 97, 1: 229–237
- Halley S., Pederson J., McMullen M., Lukach J. 1999. Sprayer modifications for enhanced control of *Fusarium* head blight with fungicides. V: *Proceedings of the National Fusarium Head Blight Forum*, Sioux Fall, SD: 50–52
- Haschek W.M., Voss K.A., Beasley V.R., 2002. Selected mycotoxins affecting animal and human health. V: *Handbook of Toxicological Pathology*. Vol. 1, 2nd ed. Haschek W.M., Rousseaux E.C.G., Wallig M.A. (eds.). New York, Academic Press: 645–699
- Hollingsworth C.R., Motteberg C.D., Thompson W.G. 2006. Assessing fungicide efficacies for the management of *Fusarium* head blight on spring wheat and barley. *Plant Health Progress*: 1–6
<https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/fusarium/> (3. mar. 2016)
- Hooker D.C., Spieser H., Shaafsma A.W. 2004. Effective applications of fungicides on wheat heads: what's the best? (Fungicide application systems for controlling *Fusarium* head blight). V: *Proceedings 2nd International Symposium on Fusarium head blight*. Orlando, 11th to 15th December 2004. Canty M.S., Boring T., Versdahl K., Wardwell J., Ward R.W. (eds.). Orlando, Michigan State university: 330–330
- Hooker D.C., Spieser H., Schaafsma A.W. 2005. Effective application of fungicides on wheat heads: What's the best? V: *Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum*. Milwaukee, 11th to 13th December 2005. Canty M.S., Boring T., Wardwell J., Siler L., Ward R.W. (eds.). Michigan, Michigan State university: 209–210

- Hope R., Aldred D., Magan N. 2005. Comparison of environmental profiles for growth and deoxynivalenol production by *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* on wheat grain. *Letters in Applied Microbiology*, 40: 295–300
- How to feed the world: Global agriculture towards 2050. 2009. Rome, High-level expert forum.
http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf (3. feb. 2016)
- Ismail A.A., Papenbrock J. 2015. Mycotoxins: Producing Fungi and Mechanisms of Phytotoxicity. *Agriculture*, 5: 492–537
- Jajić I., Jurić V., Abramovič B. 2008. First survey of deoxynivalenol occurrence in crops in Serbia. *Food Control*, 19, 6: 545–550
- Jakovac-Strajn B., Vengušt A., Pestevšek U., Tavčar-Kalcher G., Ujčič-Vrhovnik I., Pavšič-Vrtač K. 2009. V: Proceedings of the 17 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals 'Zadavec-Erjavec Days'. 17. mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali 'Zdravčevi-Erjavčevi dnevi', Radenci, 13. - 14. november 2008. Kapun T., Verbič S., Kramberger J. (ur.). Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Murska sobota: 41–50
- 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, 2: 121–128
- Jansen C., von Wettstein D., Schäfer W., Kogel K.H., Felk A., Maier F.J. 2005. Infection patterns in barley and wheat spikes inoculated with wild-type and trichothecene synthase gene disrupted *Fusarium graminearum*. V: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 46: 16892–16897
- Kocjan Ačko D. 2015. Poljščine, pridelava in uporaba. Ljubljana, Kmečki glas: 191 str.
- Kovač B. 2009. Kemijska tveganja izdelkov iz žit; Ostanki fitofarmaceutskih sredstev in mikotoksini. V: Zbornik predavanj in referatov 9. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin. 9. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin, Nova Gorica, 4.–5. marec 2009. Maček J. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin: 25–30
- Krašovec A. 2010. Vpliv različnih izvedb šob na škropilnici na kakovost nanosa fitofarmaceutskih sredstev pri ozimni pšenici (*Triticum aestivum* L.) in na krompirju (*Solanum tuberosum* L.). Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 38 str.
- Kushiro M. 2008. Effects of milling and cooking processes on the deoxynivalenol content in wheat. *International Journal of Molecular Science* 9, 11: 2127–2145
- Lechoczki-Krsjak S., Toth B., Kotai C., Martonosi I., Farady L., Kondrak L., Szabo-Hever A., Mesterhazy A. 2008. Chemical control of FHB in wheat with different nozzle types and fungicides. *Cereal Research Communications*, 36: 677–681
- Leonard K.J., Bushnell W.R. 2003. *Fusarium* head blight of wheat and barley. St. Paul, APS Press: 512 str.

- Leslie J.F., Summerell B.A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Ames, Blackwell Publishing: 388 str.
- Lešnik M. 2007. Tehnika in ekologija zatiranja plevelov. Ljubljana, Kmečki glas: 243 str.
- Lešnik M., Cencič A., Vajs S., Simončič A. 2008. Milling and bread baking techniques significantly affect the mycotoxin (deoxynivalenol and nivalenol) level in bread. *Acta Alimentaria*, 4, 37: 471-483
- Magan N., Hope R., Colledge S., Baxter E.S. 2002. Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium* species, biocides and environment. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 685-690
- Matić J.J., Jajić I.M., Šarić B.M., Mišan A.Č., Krstović S.Z., Mandić A.I. 2011. ELISA and HPLC analyses of deoxynivalenol in maize and wheat. *Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke*, 120: 25–32
- Matić J.J., Mastilović J.S., Čabarkapa I.S., Mandić A.I. 2009. Mycotoxins as a risk in the grain food. *Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke*, 117: 79–86
- Mauler-Machnik A., Zahn K. 1994. Ear fusarioses in wheat - New findings on their epidemiology and control with Folicur® (tebuconazole). *Pflanzenschutz-Nachrichten*, 47: 129–155
- McMullen M., Jones R., Gallenberg D. 1997. Scab of wheat and barley: a reemerging disease of devastating impact. *Plant Disease*, 81: 1008–1021
- Mesterházy Á. 1984. *Fusarium* species of wheat in south Hungary, 1970-1983. *Cereal Research Communities*, 12, 3/4: 167–170
- Mesterházy Á. 2002. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 675–684
- Mesterházy Á., Bartok T., Lamper C. 2003. Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. *Plant Disease*, 87: 1107–1115
- Mesterházy Á., Tóth B., Varga M., Bartók T., Szabó-Hevér Á., Farády L., Lehoczki-Krsjak S. 2011. Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol. *Toxins*, 3: 1453–1483
- Miedaner T. 2012. Mykotoksine in Weizen und Mais. Fusarien erfolgreich vorbeugen. Frankfurt am Main, DLG-Verlag GmbH: 88 str.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Mycofix® prašiči. Bukovci, Agroprehrana
<http://www.agroprehrana.si/mycofix%C2%AE-proizvodni-program.html> (28. dec. 2015)
- Nganje W.E., Bangsund D.A., Leistriz F.L., Wilson W.W., Tiapo N.M. 2004. Regional economic impacts of *Fusarium* head blight in wheat and barley. *Review of Agricultural*

- Economics, 26: 332–347
- Nošene traktorske škroplilnice AGS 400EN, AGS 600EN, AGS 800EN in AGS 1000EN - Navodila za uporabo. 2001. Hrastje, Agromehanika: 63 str.
- Obermayer E. 1916. Untersuchungen über das Blühen und die Befruchtung von Winterroggen und winterweizen. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 4: 397–403
- Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to deoxynivalenol (DON) as undesirable substance in animal feed. 2007. The EFSA Journal, 73: 1–42
- Osborne L.E., Stein J.M. 2007. Epidemiology of *Fusarium* head blight on small-grain cereals. International Journal of Food Microbiology, 119: 103–108
- Ozimna žita, pšenica, ječmen, tritikala, rž. 2010. Semenarna Ljubljana.
http://www.semenarna.si/tl_files/KAZALO/katalogi/poljscine/semenska-ozimna-zita-katalog-web-2010.pdf (15. avg. 2010)
- Pacin A., Bovier E.C., Cano G., Taglieri D., Pezzani C.H. 2010. Effect of the bread making process on wheat flour contaminated by deoxynivalenol and exposure estimate. Food Control, 21: 492–495
- Parkin C.S., Miller P.C.H., Powell E.S., Orson J.H., Gill J., Magan N., Aldred D. 2006. Improving the deposition and coverage of fungicides on ears to control *Fusarium* ear blight and reduce mycotoxin contamination of grain. Project Report No. 383. London, HGCA: 33 str.
- Pascale M.N. 2009. Detection methods for mycotoxins in cereal grains and cereal products. Zbornik Matice Srpske za prirodne nauke, 117: 15–25
- Paul P.A., Lipps P.E., Hershman D.E., McMullen M.P., Draper M.A., Madden L.V. 2008. Efficacy of triazole-based fungicides for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol control in wheat: A multivariate meta-analysis. Phytopathology, 98: 999–1011
- Pieters M.N., Freijer A.J., Baars A.J., Slob W. 2001. Risk Assessment of Deoxynivalenol in Food. An assessment of exposure and effects in the Netherlands. National Institute of Public Health and the Environment: 30 str.
- Pepeljnjak S, Šegvić M. 2004. An overview of mycotoxines and toxigenic fungi in Croatia. V: An overview of mycotoxines and toxigenic fungi in Europe. Logrieco A., Visconti A. (eds.). Dordrecht. Kluwer Academic Publishers: 33–50
- Postić J., Čosić J., Vrandečić K., Jurković D., Saleh A.A., Leslie J.F. 2012. Diversity of *Fusarium* species isolated from weeds and plant debris in Croatia. Journal of Phytopathology, 160: 76–81
- Priporočilo komisije z dne 17. avgusta 2006 o prisotnosti deoksinivalenola, zearalenona, ohratoksina A, toksinov T-2 in HT-2 ter fumonizinov v proizvodih, namenjenih za krmo. 2006. Uradni list Evropske unije, L 229: 7–9
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A32006H0576>
(13. sep. 2015)

- Ransom J.K., McMullen M.V. 2008. Yield and disease control on hard winter wheat cultivars with foliar fungicides. *Agronomy Journal*, 100: 1130–1137
- Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety. 2009. Scientific report submitted to EFSA. EFSA Supporting Publications, 6, 9: 192 str.
<http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/22e.pdf> (26. okt. 2012)
- Rezar V., Frankič T., Salobir J. 2008. Nekatero prehranske možnosti za preprečitev škodljivega vpliva fuzarijskih toksinov (T-2 in DON) na proizvodne lastnosti in lipidno peroksidacijo pri piščancih. *Acta agriculturae Slovenica*, 92, 1: 19–27
- Rotter B.A., Prelusky D.B., Pestka J.J. 1996. Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 48: 1–34
- Ruden B.E., Draper M.A., Ruden K.R. 2005. Sprayer nozzle configurations and effects on fungicide spray deposition on wheat heads. V: Proceedings of the 2005 National *Fusarium* Head Blight Forum. Milwaukee, 11th to 13th December 2005. Canty M.S., Boring T., Wardwell J., Siler L., Ward R.W. (eds.). Michigan, Michigan State university: 230–230
- Ruden B.E., Draper M.A., Roden R., Wittmeier D.S., Thompson S.M. 2007. Fungicide coverage of the wheat rachis, related fungicide movement and effective control of *Fusarium* head blight. *Phytopathology*, 97: 164–167
- Schneider N., Guo J.R., Verreet J.A., Beyer M. 2009. Assessing the intensity of *Fusarium* damage in wheat: A comparison of selected disease parameters during disease development and the role of fungicides. *Journal of Plant Diseases*, 116: 118–123
- Skinnes H., Semagn K., Tarkegne Y., Marøy A.G., Bjørnstad Å. 2010. The inheritance of anther extrusion in hexaploid wheat and its relationship to *Fusarium* head blight resistance and deoxynivalenol content. *Plant Breeding*, 129: 149–155
- Soborova P., Adam V., Vasatkova A., Beklova M., Zeman L., Kizek R. 2010. Deoxynivalenol and its toxicity. *Interdisciplinary Toxicology*, 3, 3: 94–99
- Sorteninformationen: Winterweizen Isengrain. Saaten-Union.
<http://www.saaten-union.de/index.cfm/action/varieties/cul/2/v/85.html> (15. avg. 2010)
- Stepanić A., Stanković S., Lević J., Ivanović M., Krnjaja V. 011. Fusariotoxines in wheat grain in Serbia. *Pesticides and Phytomedicine*, 26, 4: 317–323
- Surai P.F., Mezes M., Fisinin V.I., Fotina T.I. 2009. Effects of mycotoxins on animal health: from oxidative stress to gene expressions. V: Proceedings of the 17 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals 'Zadravec-Erjavec Days'. 17. Mednarodno znanstveno posvetovanje o prehrani domačih živali 'Zadravčevi-Erjavčevi dnevi', Radenci 13. - 14. nov. 2008. Kapun T., Verbič S., Kramberger J. (ur.). Murska Sobota, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota: 51–60

- Sweeney M.J., Dobson A.D.W. 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 3: 141–158
- Tavčar Kalcher G., Jakovac Strajn B., Kirinčič S., Celar F.A., Kos K., Šantavec I., Kocjan Ačko D., Kovač B., Rijavec Bregar A. 2015. Raziskava okuženosti/onesnaženosti žit, izdelkov iz žit in silaže s plesnimi in mikotoksini ter ukrepi za njuno zmanjšanje. Zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta: 105 str.
- The Fusarium experience. 2003. Monheim. Bayer (powerpoint predstavitev, interno gradivo)
- Trail F. 2009. For Blighted Waves of Grain: *Fusarium graminearum* in the postgenomics era. *Plant Physiology*, 149: 103–110
- Turbo FloodJet®: Wide Angle Flat Spray Tips. Tee Jet technologies.
http://www.teejet.com/literature_pdfs/catalogs/C51A/broadcast_nozzles.pdf (16. dec. 2015)
- TurboDrop® HiSpeed – Innovative düsentchnik. Agrotop.
http://www.agrotop.com/fileadmin/images/produkte/duesen/TurboDrop/HiSpeed_Standard/TurboDrop_HiSpeed_Standard.pdf (17. dec. 2015)
- Uredba komisije (ES) št.1881/2006 z dne 19. decembra 2006 cereals o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih. 2006. Uradni list Evropske unije, L 364: 5–24
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32006R1881> (13. jan. 2015)
- Vajs S., Leskošek G., Simončič A., Lešnik M. 2008. Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some winter wheat diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115, 1: 23–31
- Vesonder R.F., Ceigler A., Jensen A.H. 1973. Isolation of the emetic principle from *Fusarium graminearum* infected corn. *Applied Microbiology*, 26: 1008–1010
- Villalba J., Olivet J.J., Cassanello M.E., Bentancur O., Cunha J.P. 2011. Evaluation of deposition of spray nozzles for control of *Fusarium* in wheat. *Agrociencia*, 15, 2: 69–75
- Vučajnk F., Sreš A., Kocjan Ačko D., Leskošek G., Vidrih M., Trdan S. 2013. Vpliv vozne hitrosti pri škropljenju s fungicidi na prekritost klasov pšenice. V: Zbornik predavanj in referatov 11. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo. Slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Bled, 5.–6. marec 2013. Trdan S. in Maček J. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 439–443
- Wagacha J.M., Muthomi J.W. 2007. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26: 877–885
- Windels C.E. 2000. Economic and social impacts of *Fusarium* head blight: changing farms and rural communities in the Northern Great Plains. *Phytopathology*, 90: 17–21
- Wolf T.M., Caldwell B.C. 2004. Evaluation of double nozzle spray deposits on vertical targets. *Annals of Applied Biology*, 71: 99–106

- Wolf-Hall C.E., Schwarz P.B. 2002. Mycotoxines and fermentation-beer production. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504: 217–226
- Xu X., Parry D.W., Nicholson P., Thomsett M.A., Simpson D., Edwards S.G., Cooke S.G., Doohan F.M., Brennan J.M., Moretti A., Tocco G., Mule G., Hornok L., Giczey G., Tatnell J. 2005. Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology*, 112: 143–154
- Xu X., Nicholson P., Thomsett M.A., Simpson D., Cooke B.M., Doohan F.M., Brennan J., Monaghan S., Moretti A., Mule G., Hornok L., Beki E., Tatnell J., Ritieni A., Edwards S.G. 2008. Relationship between the fungal complex causing *Fusarium* head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology*, 98: 69–78
- Yuen G.Y., Schoneweis S.D. 2007. Strategies for managing *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *International Journal of Food Microbiology*, 119: 126–130
- Zain M.E. 2011. Impact of mycotoxines on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15: 129–144
- Zemljič A., Rutar R., Žerjav M., Verbič, J. 2008: Vpliv sorte, gnojenja z dušikom in razkuževanja semen na okuženost zrnja pšenice s *Fusarium* sp. in onesnaženost z mikotoksini. V: Zbornik simpozija novi izzivi v poljedelstvu 2008. Novi izzivi v poljedelstvu, Rogaška Slatina, 4.–5. december 2008. Tajnšek A. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 257–262

ZAHVALA

Doc. dr. Filipu Vučajniku se zahvaljujem za pomoč pri izvedbi poskusov in izdelavi disertacije.

Za pomoč pri izdelavi statistike se zahvaljujem prof. dr. Branku Šteru s Fakultete za računalništvo in informatiko.

Iskrena hvala podjetju Bayer, d. o. o., za pomoč pri izdelavi mikoloških analiz in materialno podporo ter sodelavcem za razumevanje in potrpljenje zaradi mojih dodatnih obveznosti med študijem.

Ker je disertacija močno vpeta v dolgoletni projekt DONcast, se zahvaljujem tudi vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri pripravi poskusov in vzorčenju pšenice v raziskavi razširjenosti fuzarijskih gliv v Sloveniji.