

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Damjan JAKOFČIČ

**ANALIZA NANOSA FUNGICIDA NA KLAS OZIMNE
PŠENICE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Damjan JAKOFČIČ

ANALIZA NANOSA FUNGICIDA NA KLAS OZIMNE PŠENICE

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij — 1. stopnja

ANALYSIS OF FUNGICIDE DEPOSIT ON WHEAT EAR

B. SC. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo. Poskusi so bili opravljeni na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA, za somentorja pa asist.dr. Filipa VUČAJNKA.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: izr.prof.dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof.dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: asis.dr. Filip VUČAJNK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof.dr. Franci Aco CELAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela v popolnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Damjan JAKOFČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 631.348:62-225 (043.2)
KG	šobe/nanos/fitofarmacevtska sredstva/ozimna pšenica
AV	JAKOFČIČ, Damjan
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2012
IN	ANALIZA NANOSA FUNGICIDA NA KLAS OZIMNE PŠENICE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	IX, 29, [1] str., 4 pregl., 22 sl., 17 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete smo v letu 2011 izvedli poljski poskus, v katerem smo ugotavljali vpliv vozne hitrosti škropljenja (5; 8,5 in 12 km/h) na nanos fungicida na sprednjo in zadnjo stran klasa ozimne pšenice. Škropljenje smo izvedli z injektorskimi šobami z dvojnimi asimetričnim curkom. Prvi curek je usmerjen pod kotom 10° naprej, drugi pa pod kotom 50° nazaj glede na smer vožnje. Odstotek pokritosti s škropilno brozgo je bil pri vseh treh voznih hitrostih na sprednji strani klasa manjši kot na zadnji strani, tako na samih rastlinah kot tudi na nosilcih. Na sprednji strani klasa je bil odstotek pokritosti pri voznih hitrostih 5 in 12 km/h nekoliko večji kot pri vozni hitrosti 8,5 km/h. Na zadnji strani klasa se je odstotek pokritosti s škropilno brozgo zmanjševal pri večji vozni hitrosti, predvsem 12 km/h. Število odtisov kapljic na cm² je bilo pri vseh treh voznih hitrostih na zadnji strani klasa večje kot na sprednji strani klasa. Pri večjih voznih hitrostih je bilo število odtisov kapljic na cm² na sprednji strani klasa nekoliko večje. Na zadnji strani klasa je bilo pri hitrosti škropljenja 12 km/h število odtisov kapljic na cm² manjše kot pri ostalih dveh hitrostih škropljenja (5 in 8,5 km/h).

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 631.348:62-225 (043.2)
CX nozzle/deposition/plant protection/winter wheat
AU JAKOFČIČ, Damjan
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2012
TI ANALYSIS OF FUNGICIDE DEPOSIT ON WHEAT EAR
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO IX, 29, [1] p., 4 tab., 22 fig., 17 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In 2011, a field trial was conducted in the experimental field of the Biotechnical Faculty (University of Ljubljana, Slovenia) to determine the effect of working speed (i.e. 5; 8.5 and 12 km/h) on the fungicide spray deposition on the front and rear parts of winter wheat ears. Asymmetric double flat fan air-injector nozzles were used in the trial. The first spray jet was set at a 10° forward angle and the second one at a 50° backward angle according to the direction of spraying. At all three working speeds, the spray mixture coverage value was smaller on the front part of the ear and bigger on the rear parts of both plants and poles. On the front part of the ear, the coverage value at the working speeds of 5 and 12 km/h was slightly higher than at the working speed of 8.5 km/h. On the rear part of the ear, however, the spray mixture coverage value decreased with an increased working speed (particularly at the speed of 12 km/h). At all three working speeds, the droplet impression number per cm² was higher on the rear part of the ear. At higher working speeds, there was a slight increase in the droplet impression number per cm² on the front part of the ear. At the spraying speed of 12 km/h, the droplet impression number per cm² on the rear part of the ear was smaller than with the other two spraying speeds (5 and 8.5 km/h).

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA DELO	1
1.2 NAMEN POSKUSA	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 NANOS FFS	2
2.2 VELIKOST KAPLJIC IN POKRITOST POVRŠINE	2
2.2.1 Temeljna naloga nanosa FFS	3
2.3 ŠOBE	3
2.3.1 Oznaka šobe	4
2.3.2 Pretok šobe	5
2.4 INJEKTORSKE ŠOBE Z DVOJNIM CURKOM (TH)	5
2.5 NANOS FFS NA KLAS OZIMNE PŠENICE	7
3 MATERIAL IN METODE	8
3.1 ZASNOVA POSKUSA	8
3.2 IZVEDBA ŠKROPLJENJA	9
3.2.1 Injektorska šoba z dvojn timeričnim curkom	9
3.2.2 Nošena škropilnica	11
3.2.3 Traktor	12
3.2.4 Vozna hitrost pri škropljenju	12
3.3 MERITVE	13
3.3.1 Postavitev merilnih lističev	13
3.3.2 Analiza WSP lističev	15
3.4 OBDELAVA PODATKOV	16

4	REZULTATI	18
4.1	ODSTOTEK POKRITOSTI MERILNEGA LISTIČA	18
4.1.1	Sprednja stran klasa	18
4.1.2	Zadnja stran klasa	18
4.1.3	Sprednja stran nosilca	19
4.1.4	Zadnja stran nosilca	19
4.2	ŠTEVILO ODTISOV KAPLJIC NA POVRŠINI LISTIČA	20
4.2.1	Sprednja stran klasa	20
4.2.2	Zadnja stran klasa	21
4.2.3	Sprednja stran nosilca	21
4.2.4	Zadnja stran nosilca	22
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	23
6	POVZETEK	25
7	VIRI	26
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vpliv temperature in relativne zračne vlage na obstojnost kapljic različnih velikosti (Novak in Maček, 1990).....	3
Preglednica 2: Pretok šob pri določeni barvi šobe.....	4
Preglednica 3: Pretok različnih šob pri določenem tlaku	13
Preglednica 4: Izbira prestavnega razmerja za določeno hitrost ter poraba vode pri tem ...	13

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Označevanje šobe (Bernik, 2006)	5
Slika 2: Učinek nanosa škropilne brozge odvisen od hitrosti vožnje in kotnega nanosa pri dveh različnih šobah (Stangl, 2009)	6
Slika 3: Načrt poskusa	8
Slika 4: Vozna pot skozi poskusno parcelo laboratorijskega polja Biotehniške fakultete	9
Slika 5: Smer kapljic pri šobi TurboDrop High Speed 110-03	10
Slika 6: Škropljenje.....	10
Slika 7: Škropilnica AGS 600 EN	11
Slika 8: Traktor Fendt 208 S.....	12
Slika 9: Na vodo občutljiv (WSP) listič	14
Slika 10: Namestitve WSP lističev v smeri vožnje na klas in nosilec.....	14
Slika 11: Pritrditev WSP lističev na nosilec	15
Slika 12: Merilni listič po škropljenju na klasu pšenice	15
Slika 13: Naprava za analizo slik Optimax Image Analyser	16
Slika 14: Analiza podatkov v programu Microsoft Excel 2010	17
Slika 15: Povprečna pokritost sprednje strani klasov ozimne pšenice	18
Slika 16: Povprečna pokritost zadnje strani klasov ozimne pšenice	19
Slika 17: Povprečna pokritost sprednje strani nosilcev lističa	19
Slika 18: Povprečna pokritost zadnje strani nosilcev lističa.....	20
Slika 19: Povprečno število kapljic na površini lističa klasa pšenice od spredaj	20
Slika 20: Povprečno število kapljic na površini lističa klasa pšenice na zadnji strani	21
Slika 21: Povprečno število kapljic na površini lističa s sprednje strani nosilca.....	21
Slika 22: Povprečno število kapljic na površini lističa z zadnje strani nosilca	22

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BBCH	Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry: skala razvojnih faz gojenih rastlin
DD (%)	driftable droplets: delež kapljic, manjših od 100 μm , ki so občutljive na zanašanje z vetrom (%)
FFS	fitofarmacevtska sredstva
ha	hektar
h	ura
in sod.	in sodelavci
kW	kilovat
l	liter
m^2	kvadratni meter
μm	mikrometer
Prosaro	trgovsko ime za pripravek
TD	šoba TurboDrop: injektorska standardna šoba
TH	šoba TurboDrop Hispeed: injektorska standardna šoba z dvojnimi asimetričnim curkom
US galon	ameriška merska enota za prostornino: 1 galon = 3,785 litra
WSP	water sensitive paper: na vodo občutljiv papir
VMD	volume median diameter: srednji volumski premer kapljice, izražen v μm

1 UVOD

Trend povečevanja velikosti kmetij, težnja ekonomičnosti pridelave in vedno večje usmerjanje v kemično varstvo rastlin nam kažejo potrebe po sodobnih škropilnicah z veliko delovno storilnostjo v krajšem času. S tem je tesno povezana tudi uporaba sodobno zasnovanih škropilnih šob, saj klasične oblike šob več ne zadostujejo današnjim potrebam po ekonomičnosti in kvaliteti nanosa. Naraščajoči stroški v kmetijstvu in vse večje zahteve po varovanju okolja silijo pridelovalce k uporabi sodobno zasnovanih šob.

1.1 POVOD ZA DELO

Sodobne šobe omogočajo nanos FFS pri večjih vozni hitrostih, ob katerih dosegajo tudi večji odstotek pokritosti ciljne površine in dopuščajo izvedbo nanosa ob prisotnosti vetra. Potrebe po večji površinski storilnosti navajajo uporabo sodobnih škropilnic in posebnih konstrukcijsko zasnovanih škropilnih šob, katere omogočajo vozno hitrost škropljenja nad 8 km/h. Pri škropljenju v klas pa je še posebej pomembna dobra pokritost s škropilno brozgo s sprednje in zadnje strani klasa. Na trgu je ponudba sodobnih šob velika, ne vemo pa kakšna je njihova delovna sposobnost in kvaliteta nanosa na ciljno površino. Zato smo se odločili za poskus le ene šobe od teh, za injektorsko šobo z dvojnimi asimetričnimi curki.

1.2 NAMEN POSKUSA

Namen poskusa je bil ugotoviti:

- vpliv vozne hitrosti pri uporabi injektorskih šob z dvojnimi asimetričnimi curki na kakovost nanosa sprednje in zadnje strani klasa s fungicidno brozgo

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

V poskusu smo postavili naslednje hipoteze:

- pri povečani vozni hitrosti škropljenja bo manjši odstotek pokritosti sprednje in zadnje strani klasa,
- pri povečani vozni hitrosti škropljenja bo manjše število odtisov kapljic na cm² na sprednji in zadnji strani klasa.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NANOS FFS

Pri nanosu škroplilne brozge na ciljno površino je bistvenega pomena velikost kapljic. Zato na trgu obstajajo številne konstrukcijske izvedbe šob, s katerimi bi na enostaven način dosegli enako velikost kapljic oziroma primerne kapljice za optimalen nanos na ciljno površino. Eden od načinov je tudi izvedba šobe s podporo zraka, ki nam omogoča optimalen nanos pri različnih delovnih razmerah in hitrostih. Ob nanosu fitofarmacevtskega sredstva (FFS) je izrednega pomena zmanjševanje izgub med škropljenjem, ki nastajajo zaradi vpliva zanašanja. Za zmanjšanje izgub oziroma zanašanje kapljic je zelo pomembna izbira šob. Na trgu obstajajo različne šobe, ki preprečujejo zanašanje z različnimi tehnologijami formacij kapljic (Lešnik in sod., 2005).

Veliko je podatkov o praktični uporabi šob, a pri posameznih izvedbah še vedno ne zadosti. Veliko pridelovalcev pšenice dvomi v uporabo novih tipov šob z zmanjšanim zanašanjem, zato jih je še vedno malo v uporabi. Tesna povezava obstaja med velikostjo kapljic in biotično učinkovitostjo FFS (Matthews, 2000). Majhne kapljice zagotavljajo boljšo pokritost, tako da se lahko razporedijo po celotnem površju rastline. Če so pa kapljice premajhne, lahko bistveno zgrešijo ciljno površino in se deponirajo le v nižjih delih rastline. Kapljice, ki pa so prevelike, lahko odtečejo iz bolj nagnjenih površin, kar zmanjšuje pokritost škroplilne brozge. Torej, dober nanos je dosežen, kadar je optimalna velikost kapljic. Takrat je uravnotežena pokritost ciljne površine, penetracija, zmanjšano zanašanje in posledično lažji nadzor nad boleznimi. Zahteve glede nanosa FFS na klasih ozimne pšenice in listih so različne (Vajs in sod., 2008).

2.2 VELIKOST KAPLJIC IN POKRITOST POVRŠINE

Podatki o velikosti kapljic se nanašajo na velikost posamezne kapljice curka iz šobe. V curku se nahajajo kapljice različnih velikosti. Velikost kapljic se običajno izraža v mikrometrih ($1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$). Vrednost VMD – srednji volumski premer (angl. volume median diameter) – je statistična vrednost, ki nam pove, kakšen je statistični premer kapljic. Mejni premer je tista vrednost premera kapljic, pri katerem je 50 odstotkov tekočine, iztekle iz šobe, v obliki kapljic, večjih od mejnega premera, in 50 odstotkov tekočine v obliki kapljic s premerom, manjšim od vrednosti VMD. Praktično pomeni, da pri neki šobi, ki ima na primer VMD-vrednost $270\mu\text{m}$, 50 odstotkov tekočine izteče v obliki kapljic, manjših od $270\mu\text{m}$ (npr. v razponu od 25 do $269\mu\text{m}$), in 50 odstotkov tekočine v obliki kapljic večjih od $270\mu\text{m}$ (npr. v razponu od 271 do $450\mu\text{m}$). VMD-vrednost ni realen izmerjeni premer kapljic, temveč je teoretična statistika, dobljena s posebnim laserskim postopkom meritve velikosti kapljic. Velik vpliv na zanašanje oziroma izgubo kapljic ima velikost kapljic, ki jih oblikujejo šobe. Pri nanosu FFS naj bi delež kapljic, manjših od $150\mu\text{m}$, znašal manj kot 5 odstotkov v celotnem spektru kapljic. Kapljice s premerom manjšim od $150\mu\text{m}$ so zelo nagnjene k zanašanju, s tujko rečemo, da so zelo driftabilne (angl. driftable droplets). Pri izbiri šob za nanos FFS je delež driftabilnih kapljic (DD %) pomemben dejavnik izbire (Lešnik, 2007).

Cilj, da bi s čim tanjšim tekočinskim filmom prekrili celotno površino rastline ali insekta, je v praksi težko dosegljiv. V večini primerov to niti ni potrebno, ker se gibajoči in sesajoči insekti zastrupijo kljub pretrganemu filmu FFS, ki lahko prepreči tudi razvoj glivične okužbe. Zato mnogi raziskovalci trdijo, da za uspešno prekrivnost zadostuje določeno število odtisov (impaktov), ki jih pustijo kapljice škropiva na površini, potem ko se osušijo. Za popolno učinkovitost fungicida naj bi zadostovalo 100 odtisov na cm^2 .

Preglednica 1: Vpliv temperature in relativne zračne vlage na obstojnost kapljic različnih velikosti (Novak in Maček, 1990)

Premer kapljic (μm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Relativna zračna vlaga (%)	Obstojnost (sekunde)
100	20	70	20
100	30	40	8
50	20	70	5
50	30	40	2

Majhne kapljice tudi mnogo počasneje padajo in dlje časa lebdijo v zraku, ker so pod vplivom dejavnikov razvidnih s preglednice 1. Novak in Maček (1990) navajata, da imajo kapljice s premerom 200 μm šestkrat manjšo hitrost prostega pada, kot kapljice s premerom 1400 μm .

2.2.1 Temeljna naloga nanosa FFS

Smotrno, gospodarno in za okolje sprejemljivo nanašanje ustrezno pripravljenih FFS na ciljne površine rastlin ali insekte, kar je tudi poseg v določen prostor, je temeljna naloga tehnike aplikacije.

Postopki aplikacije so povečini trifazni. V prvi fazi je treba ustrezno formulirano FFS (večinoma v obliki škropilne brozge) razdeliti na drobne delce (kapljice); to je dezintegracija, razpršitev ali atomizacija pripravka. Druga faza je transport delcev dezintegriranega pripravka na ciljno površino. Vsi delci, ki se iz različnih vzrokov ne usedejo in ne ostanejo na ciljni površini, se izgubijo v okolje. Te izgube označujemo s skupnim pojmom drift (Novak in Maček, 1990).

2.3 ŠOBE

Šobe imajo nalogo, da razpršijo tekočinski tok škropiva z določenim deležem aktivne kemične snovi v curek z določenim spektrom kapljic, ki ga aplicirajo in čimbolj enakomerno razporedijo po ciljni površini. Nanos aktivne kemične snovi na rastlino oziroma na ciljno površino je tehnično težko izvedljiv, saj je aktivno sredstvo v vodi porazdeljeno v majhnih količinah (Novak in Maček, 1990).

Glavna naloga šobe je pretvarjanje hidravlične energije v kinetično energijo z obliko curka kapljic, ki se gibljejo z določeno hitrostjo. Velikost same šobe vpliva na pretok, zato se uporablja tudi za natančno odmerjanje apliciranega sredstva. Dezintegracija tekočine predstavlja postopek, pri katerem se pretrgajo medmolekularne vezi tekočine, ki se razdeli na kapljice. Na intenzivnost postopka vplivata dva bistvena parametra: fizikalno kemične lastnosti tekočine in tehnične lastnosti šobe. Od fizikalno kemičnih lastnosti imajo največji vpliv: površinska napetost v tekočini, viskoznost tekočine in hlapljivost (volatilnost). Tekočina naj bi imela viskoznost manjšo kot $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ in površinsko napetost od 0,2 do 0,8 mN/m^2 (Bernik, 2006).

2.3.1 Oznaka šobe

Oznaka je sestavljena iz tipa šobe v povezavi z imenom proizvajalca (slika 1). Proizvajalci uporabljajo tudi svoje specifične oznake šob, katere je dobro upoštevati za čimboljšo uporabo njihovega namena. Pretok šobe je podan v galonah na minuto, ki pa je točno določen s tlakom, pri katerem šoba deluje. Škropilni odmerek naprave je po standardu določen ob naslednjih pogojih: razmik šob na škropilni letvi je 50 cm, tlak škropljenja je podan v šobnem vložku, temperatura tekočine je 20 °C.

Na kot curka šobe vpliva izbira tlaka in tip šobe. Pri zmanjševanju tlaka se zmanjšuje tudi kot curka ali obratno. Ob povečanju tlaku pa se zmanjšuje tudi premer kapljic in poveča kot curka. Pretok tekočine skozi šobo se povečuje s kvadratom tlaka. To pomeni, da ob dvakratnem povečanju pretoka potrebujemo štirikratno povečevanje tlaka, kar predstavlja enačba 1 (Bernik, 2006).

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{\sqrt{p1}}{\sqrt{p2}} \quad \dots (1)$$

$Q1$ – pretok pri tlaku 1 (l/min)

$Q2$ – pretok pri tlaku 2 (l/min)

$p1$ – tlak 1 bar

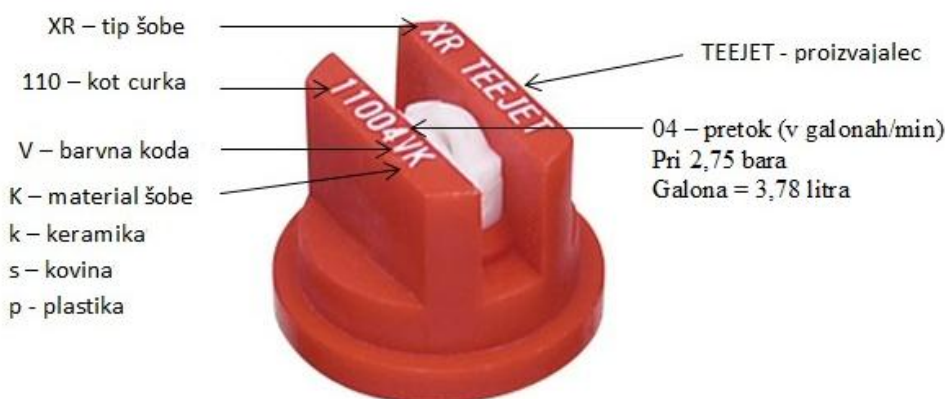
$p2$ – tlak 2 bar

Šobe plastičnih tipov in plastično-keramičnih oziroma kovinskih, pri katerih je konica šobe iz keramike ali kovine, proizvajalci označujejo z različnimi barvami, ki izražajo različne pretoke pri delovnem tlaku 3 barov (preglednica 2).

Preglednica 2: Pretok šob pri določeni barvi šobe

Barva	oranžna	zelena	rumena	modra	rdeča	rjava	siva	bela
Pretok (l/min)	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2

Barve šob ne označujejo velikost kota pršenja, ampak le pretok šobe. Oznake šob imajo določen pretok pri tlaku 3 barov in pri eni barvi imamo dva različna kota pršenja. Zato mora uporabnik dobro poznati oznake šob, ter jih za natančne vrednosti pregledati v priloženi tabeli (Thornhill in Matthews, 1995).



Slika 1: Označevanje šobe (Bernik, 2006)

2.3.2 Pretok šobe

Vpliv na pretok šobe ima izstopna površina. Če želimo pretok povečati štirikrat, potem izstopno odprtino šobe povečamo dvakrat. Pretok šobe je podan z enačbo 2 (Bernik, 2006).

$$Q_{\text{šobe}} = k * d_{\text{šobe}}^2 * \sqrt{p_{\text{šobe}}} \quad \dots (2)$$

Q – pretok šobe (l/s)

k – koeficient izstopne odprtine šobe

d – premer izstopne površine tekočine iz šobe (cm)

p – tlak v šobi (bar)

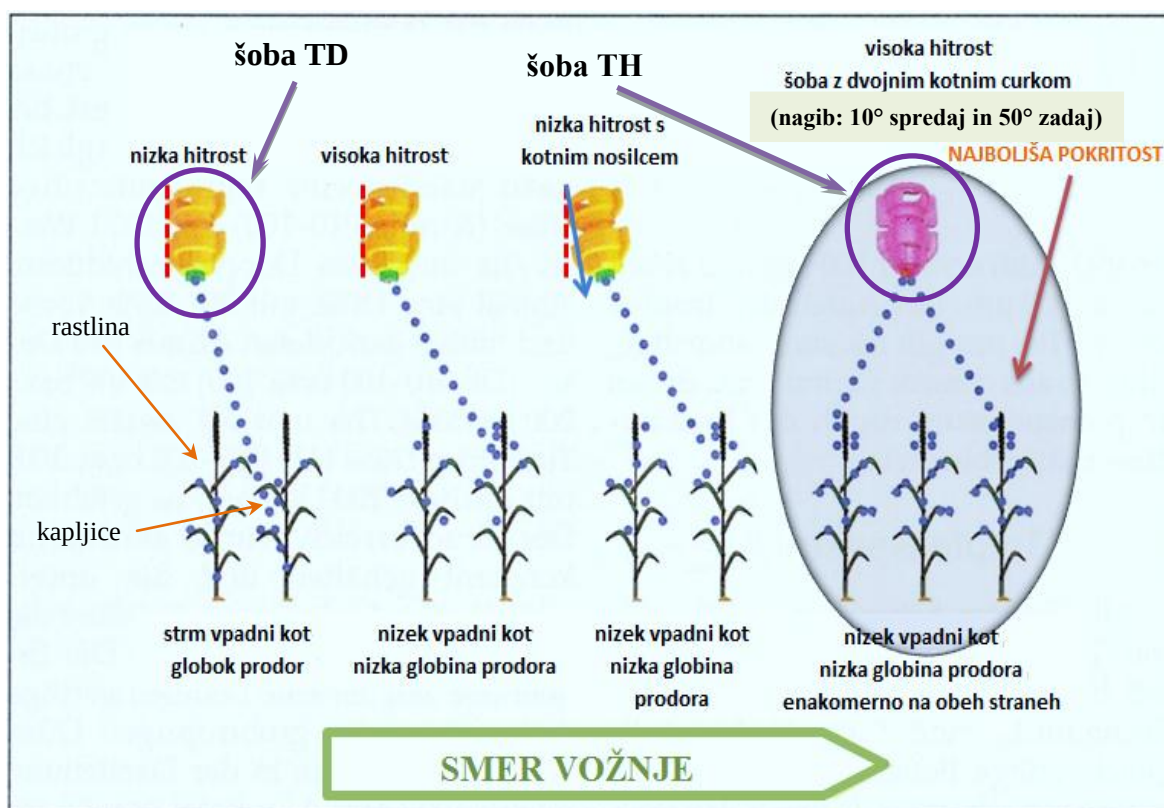
Širina curka kapljic posamezne pahljačaste šobe je povezana z oddaljenostjo šobe od ciljne površine. Kot curka se teoretično zmanjšuje ob zmanjšanju razdalje od šobe do ciljne površine, s tem se pa tudi povečuje neenakomernost porazdelitve škropilne brozge po ciljni površini. Za zmanjšanje neenakomernosti nanosa na ciljno površino je razdalja od šobe do ciljne površine 50 cm in razdalja med šobami ravno tako 50 cm. Vsaka šoba pa je glede na predhodnjo zamaknjena za 8 do 10°, da ne pride do medsobojnega prekrivanja škropilnih curkov (Bernik, 2006).

2.4 INJEKTORSKE ŠOBE Z DVOJNIM CURKOM (TH)

Injektorska šoba z dvojnim curkom TurboDrop HiSpeed (TH). Curka sta razporejena asimetrično; torej z dvema različnima škropilnima kotoma. Sprednji del dvojnega ploskega curka je nagnjen za 10° naprej in in drugi del za 50° nazaj. Šoba s tako zasnovano škropilno sposobnostjo omogoča boljšo pokritost ciljne površine s FFS pri večjih voznih hitrostih ter zmanjša tudi porabo FFS. V podjetju Landwirt so izvedli poskus, pri katerem so preverjali pokritost ciljne površine (ozimne pšenice) glede na hitrost vožnje in nagib škropilnih curkov. Uporabili so dve različni injektorski šobi: TurboDrop (TD) in TurboDrop HiSpeed z dvojnim asimetričnim curkom (slika 2). Šoba TD ima curek v osnovi nagnjen nekoliko naprej v smeri vožnje, šoba TH pa ima dvojni curek s kotom

usmerjenim 10° naprej in 50° nazaj. Šobo TD so testirali pri visoki in nizki hitrosti ter pod dodatnim nosilnim kotom, s katerim so še povečali nagnjenost curka naprej. Pri nizkih hitrostih so ugotovili, da je vpadni kot curka bolj strm in globok; s tem je dosežena večja pokritost spodnjih delov rastlin. Pri večjih hitrostih se je pokazalo ravno obratno; vpadni kot curkov se je zmanjšal in tako je bila boljša pokritost zgornjih delov rastline. Enako se je zgodilo tudi s šobo, ki je imela dodatno povečan kot curka. Šoba TH se je v poskusu izkazala kot boljša, saj je pri visoki hitrosti enakomerno in v celoti prekrila ciljno površino s sprednje in zadnje strani, medtem ko je šoba TD bolj pokrila samo sprednjo stran (Stangl, 2009).

Pri klasičnih špranjastih šobah je tok kapljic nagnjen pod določenim kotom naprej in ne pod kotom 90° . S tem je pokritost zadnje strani rastline slabo pokrita s škropilno brozgo in pri večjih hitrostih se ta učinek še poveča. Običajne šobe z dvema curkoma, ki so usmerjene pod enakim kotom učinek pokritosti nekoliko izboljšata, vendar samo do vozne hitrosti 8 km/h. Šobe TurboDrop HiSpeed imajo ta učinek precej boljši, saj je kot curka usmerjen nazaj, precej večji (50°) in naprej 10° . Na ta način se ob določeni hitrosti doseže kot toka kapljic, ki je z zadnje strani manjši in s sprednje večji. Oba kota se približno izenačita pri hitrosti 7–8 km/h in enakomerno pokrijeta ciljno površino tako s sprednje kot z zadnje strani, kar je razvidno iz slike 2 pod oznako šoba TH (Agrotop, 2012).



Slika 2: Učinek nanosa škropilne brozge odvisen od hitrosti vožnje in kotnega nanosa pri dveh različnih šobah (Stangl, 2009)

2.5 NANOS FFS NA KLAS OZIMNE PŠENICE

Velikokrat se ne bomo mogli natančno odločiti, kateri od številnih dejavnikov (na primer izbira FFS, čas nanosa ali izbira šob) ima večji vpliv na stopnjo razvoja bolezni. Nekateri viri navajajo, da izbira šob ni preveč pomemben dejavnik pri uporabi sistemskih FFS za žita (Cooke in sod., 1990), medtem ko drugi trdijo, da ima prava izbira šob ključen pomen (Marshall in sod., 2000). Freßleben (2004) je ugotovil, da so šobe za zmanjšanje zanašanja privedle do nekoliko boljših rezultatov kot navadne šobe v skoraj 50 % od vseh njegovih testov iz primerjav šob. V samo 23 % njegovih poskusov je bila uspešnost teh šob slabša od standardnih.

Ena od večjih prednosti šob proti zanašanju je ta, da lahko uporabljajo FFS tudi na manj ugodnih vetrovnih razmerah, kadar škropljenja ni mogoče preložiti na obdobje optimalnih vremenskih pogojev ter, da se je hitrost nanosa bistveno povečala. To prinaša tudi boljšo pokritost na klasih pšenice, posledično se prihrani tudi na času in nižjih stroških škropljenja (Wolf in Caldwell, 2004).

Fuzarioze klasa (*Fusarium* spp.) lahko bistveno zmanjša pridelek zrnja pšenice in povečajo tvorbo mikotoksinov, ki so potencialno škodljivi za ljudi in živali. Tako je bistvenega pomena pri zatiranju bolezni, mesto nanosa. Parkin in sod. (2006) so ugotovili boljšo pokritost klasov ozimne pšenice pri uporabi šob, pri katerih je škropilni curek usmerjen pod določenim kotom nazaj od smeri vožnje. Vajs in sod. (2008) so ugotovili, da se pri uporabi standardnih šob z dvojnimi curki usmerjenimi naprej in nazaj pod kotom 30° za 15–25 % izboljša nanos fungicidov na klase ozimne pšenice. To pa pomeni boljšo učinkovitost fungicidov pri zatiranju fuzarioz klasa (*Fusarium* spp.). Kljub temu pa te šobe niso bile učinkovite pri zatiranju listne pegavosti pšenice (*Septoria tritici*).

V zadnjih časih se zaradi večanja površinske sotrilnosti pri škropljenju s fungicidi uporabljajo visoke vozne hitrosti nad 10 km/h in nizka poraba vode pod 200 l/ha. Pri tem v glavnem uporabljajo injektorske šobe z dvojnimi asimetričnimi curki. Kramer (2010) navaja, da je bila pokritost rastlin zelo slaba na spodnjih delih rastlin pri hitrosti 14 km/h in porabi vode 100 l/ha. Splošna ugotovitev je bila ta, da je pri visoki vozni hitrosti in nizki porabi vode slabša učinkovitost fungicidov.

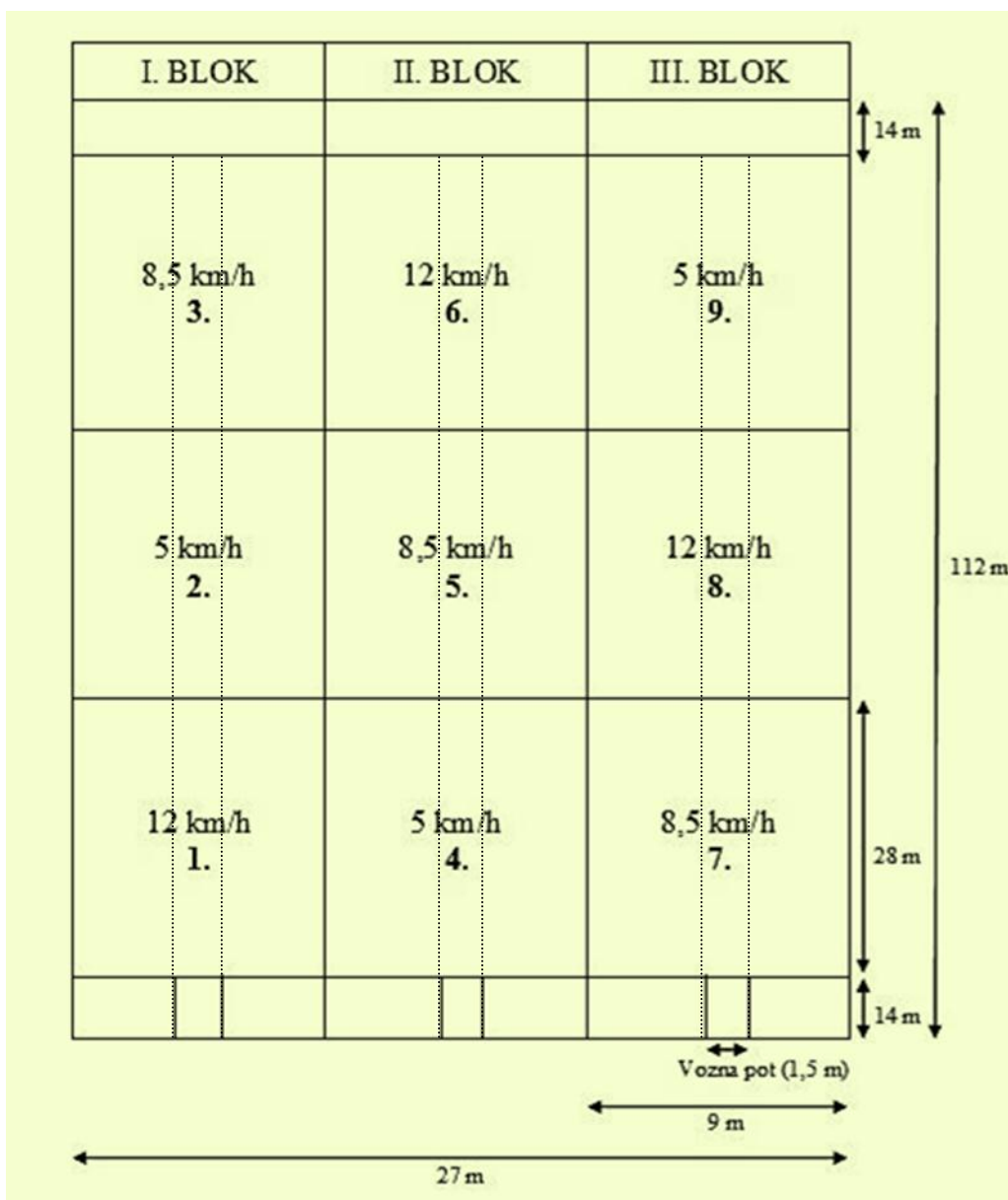
Knewitz in Koch (2010) sta ugotovila, da je bila pokritost pri uporabi injektorskih šob s curkom (30° naprej in 30° nazaj) boljša, kot pri injektorskih šobah z enojnim curkom. To velja za pokritost celotne rastline. Injektorska šoba z dvojnimi asimetričnimi curki (10° naprej in 50° nazaj) je dosegla boljšo pokritost po celi rastlini, kot šoba z dvojnimi simetričnimi curki, še posebej na najnižje ležečih listih.

Kramer (2010) je primerjal injektorske špranjaste šobe z enojnim curkom in injektorske špranjaste šobe z asimetričnim curkom pri nanosu fungicidov na ozimni pšenici. Ugotovil je, da šobe z asimetričnim curkom boljše pokrivajo zgornji del rastline, medtem ko šobe z enojnim curkom boljše pokrijejo spodnji del rastline. Ob slabši pokritosti spodnjih delov rastlin se je pojavila močnejša okužba z listno pegavostjo pšenice (*Septoria tritici*).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 ZASNOVA POSKUSA

Poskusno polje smo zasnovali tako, da smo polje razdelili na tri bloke s tremi slučajnimi ponovitvenimi polji za posamezno hitrost. Dolžina posameznega polja je bila 28 m, celotnega bloka pa 84 m. Širina bloka je bila 9 m (slika 3). V posameznem bloku smo imeli tri obravnavanja hitrosti 5 km/h, 8,5 km/h in 12 km/h. Poskusni bloki so bili opremljeni tudi z voznimi potmi (slika 4).



Slika 3: Načrt poskusa



Slika 4: Vozna pot skozi poskusno parcelo laboratorijskega polja Biotehniške fakultete

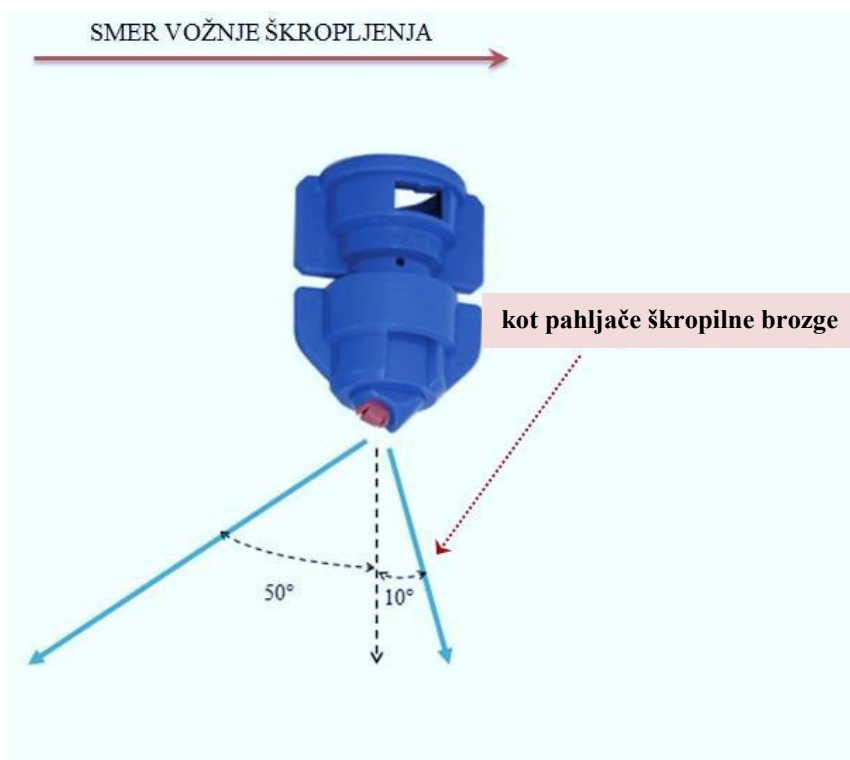
3.2 IZVEDBA ŠKROPLJENJA

3.2.1 Injektorska šoba z dvojnimi asimetričnim curkom

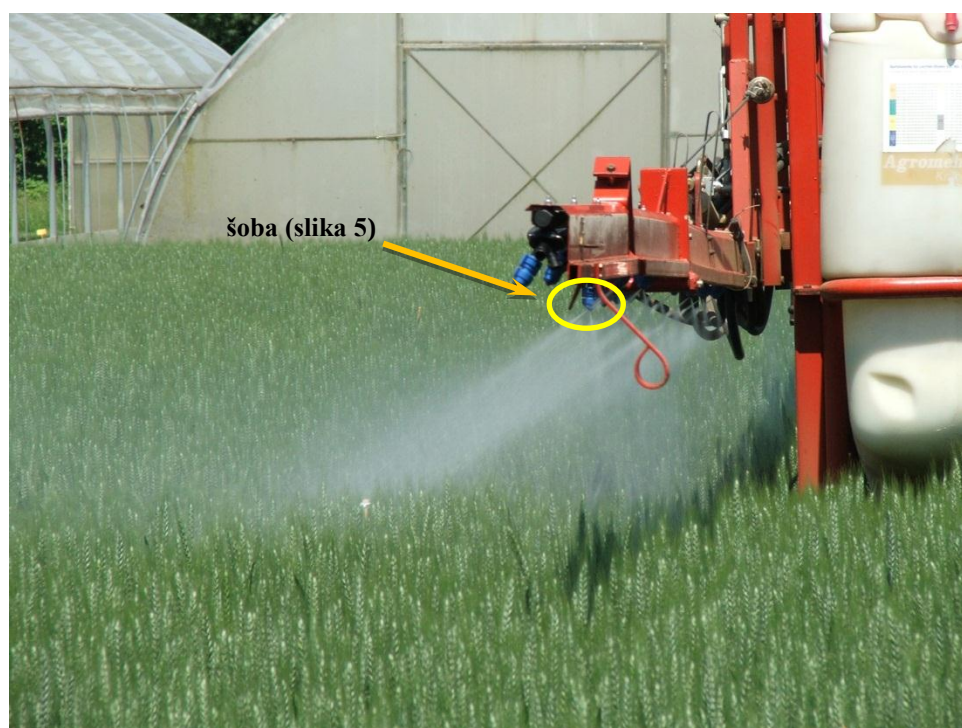
V poskusu smo uporabljali šobe s trgovskim imenom TurboDrop Asymmetric TwinFan High Speed 110-03. Šobe so odporne na obrabo, saj so izdelane iz trpežne keramike. Šobe imajo dva različna škropilna kota z naklonom, spredaj 10° in zadaj 50° (sliki 5 in 6). Takšna postavitev naklonov curkov omogoča boljšo pokritost ciljne površine pri večjih vozni hitrostih.

Naravnavanje delovanja šob v našem poskusu:

- tlak: 5 bar
- razdalja med šobami in kontaktno površino: 50 cm
- pretok skozi šobo: 1,55 l/m
- velikost kapljic: 340 μm (VMD)



Slika 5: Smer kapljic pri šobi TurboDrop High Speed 110-03



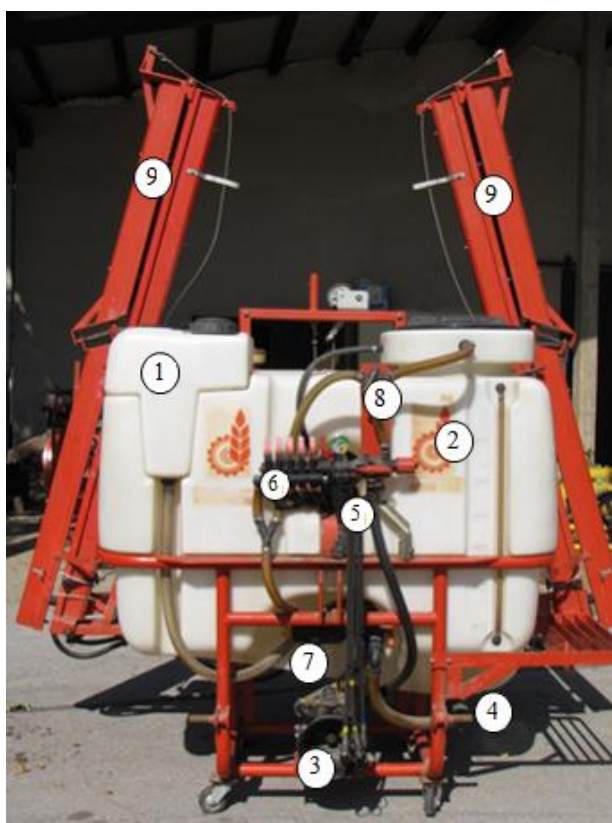
Slika 6: Škropljenje

3.2.2 Nošena škropilnica

V poskusu smo uporabili nošeno traktorsko škropilnico trgovske oznake AGS 600 EN proizvajalca Agromehanika Kranj (slika 7). Škropilnica je zasnovana za nanos fitofarmaceutskih sredstev (FFS) raztopljenih v vodi. Uporablja se za kemično varstvo. Škropilnica je sodobnega koncepta, saj zagotavlja dobro mešanje škropiva, lahko čiščenje škropilnice in popolno izpraznitev rezervoarja. Zaradi ožje konstrukcije polietilenskega rezervoarja ima krajšo težiščno razdaljo med traktorjem in škropilnico.

Sklopi škropilnice: nosilno drogovje s kemično odpornim polietilenskim rezervoarjem in nalivnim sitom, črpalka, regulator pretoka in tlaka, sesalni filter, tlačni filter, krmilnik toka in dvizni mehanizem škropilne letve z dvigalko. Serijsko opremo zajema še dodatni rezervoar za čiščenje škropilnice po končanem škropljenju (zajema 10 % osnovnega rezervoarja ali 60 l) in posodo za pranje rok 10 l.

Na škropilnici je nameščena škropilna letev širine 12 m, je hidravlično zložljiva in s posebnim mehanizmom prečno prilagodljiva terenu. Ob razgibanem terenu je oddaljenost šob od ciljne površine približno vedno enaka, torej neodvisna od položaja traktorja. Višina škropilne letve se naravnava s pomočjo ročnega vitla.



1. rezervoar za izpiranje
2. glavni rezervoar
3. črpalka
4. zaporni ventil
5. regulator tlaka s tlačnim manometrom
6. krmilnik toka
7. sesalni filter z ventilom
8. izbirni ventil
9. škropilne letve

Slika 7: Škropilnica AGS 600 EN

3.2.3 Traktor

Za škropljenje smo uporabili traktor Fendt 208 S (slika 8). Traktor ima 60 kW imenske moči, opremljen je z menjalnikom z velikim številom prestavnih stopenj (21/21), za smeri naprej in nazaj. Zaradi večjih prestavnih stopenj, smo lažje nastavili željeno hitrost traktorja v sorazmerju s priključno gredjo in s tlakom škropilnice. Masa traktorja je bila 3300 kg.



Slika 8: Traktor Fendt 208 S

Na traktor smo namestili ozke pnevmatike, ki so namenjene za medvrstno obdelavo. Pnevmatike so bile radialne, na sprednji osi so bile izvedbe brez zračnice z oznako 9,5 R24 in tlakom 1,6 bara. Zadaj so bile nameščene radialne pnevmatike brez zračnice z oznako 230/95 R40 in tlakom 1,6 bara. Kolotek traktorja spredaj je bil 149 cm, zadaj pa 150 cm.

3.2.4 Vozna hitrost pri škropljenju

V obravnavi smo imeli tri vozne hitrosti 5; 8,5 in 12 km/h. Najprej smo morali določiti pretok šobe za določitev porabe škropiva (l/ha). Pretok šobe smo določili s pomočjo preglednice 3. Oznaka šobe je bila 110-03, delovni tlak je bil 5 barov.

Preglednica 3: Pretok različnih šob pri določenem tlaku (Agrotop, 2012)

TLAK (bar)	Pretok (l/min) za določen tip šobe											
	-005	-0075	-01	-015	-02	-025	-03	-04	-05	-06	-08	-10
1,0	0,12	0,17	0,23	0,35	0,46	0,58	0,69	0,92	1,15	1,39	1,85	2,31
1,5	0,14	0,21	0,28	0,42	0,57	0,71	0,85	1,13	1,41	1,70	2,26	2,83
2,0	0,16	0,24	0,33	0,49	0,65	0,82	0,98	1,31	1,63	1,96	2,61	3,27
2,5	0,18	0,27	0,37	0,55	0,73	0,91	1,10	1,46	1,82	2,19	2,92	3,65
3,0	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
3,5	0,22	0,32	0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,59	3,46	4,32
4,0	0,23	0,35	0,46	0,69	0,92	1,15	1,39	1,85	2,31	2,77	3,70	4,62
5,0	0,26	0,39	0,52	0,77	1,03	1,29	1,55	2,07	2,58	3,10	4,13	5,16
6,0	0,28	0,42	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	2,26	2,83	3,39	4,53	5,66
7,0	0,30	0,46	0,61	0,92	1,22	1,53	1,83	2,44	3,05	3,67	4,89	6,11
8,0	0,33	0,49	0,65	0,98	1,31	1,63	1,96	2,61	3,26	3,92	5,23	6,53
9,0	0,35	0,52	0,69	1,04	1,39	1,73	2,08	2,77	3,46	4,16	5,54	6,93
10,0	0,36	0,55	0,73	1,09	1,46	1,82	2,19	2,92	3,65	4,38	5,84	7,30
12,0	0,40	0,60	0,80	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	4,80	6,40	8,00

S pomočjo enačbe 3 smo določili porabo vode na hektar. Za točno vrtilno frekvenco motorja je bilo potrebno izbrati primerno prestavno razmerje. Tlak smo naravnali s tlačnim regulatorjem na škropilnici. Tako smo dobili potrebno hitrost ter tlak za izračun škropilnega odmerka na hektar (preglednica 4).

$$Q = \frac{q \times 1200}{v} \quad \dots (3)$$

Q – škropilni odmerek (l/ha)

q – pretok skozi šobo (l/min)

v – delovna hitrost (km/h)

1200 – faktor zaradi pretvorbe osnovnih enot v l/min in km/h za lažji izračun

Preglednica 4: Izbira prestavnega razmerja za določeno hitrost ter poraba vode pri tem

	vozna hitrost	prestavno razmerje	škropilni odmerek (l/ha)
V_1	5.0 km/h	1.S 1400 o/min ^a	$Q_1 = 360$ l/ha
V_2	8.5 km/h	2.S 1480 o/min ^b	$Q_2 = 215$ l/ha
V_3	12.0 km/h	3.M 1600 o/min ^c	$Q_3 = 150$ l/ha

^a Prestava 1. S, 1400 vrtilne hitrosti (o/min)

^b Prestava 2. S, 1480 vrtilne hitrosti (o/min)

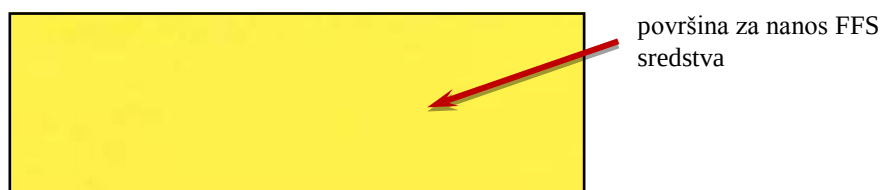
^c Prestava 3. M, 1600 vrtilne hitrosti (o/min)

3.3 MERITVE

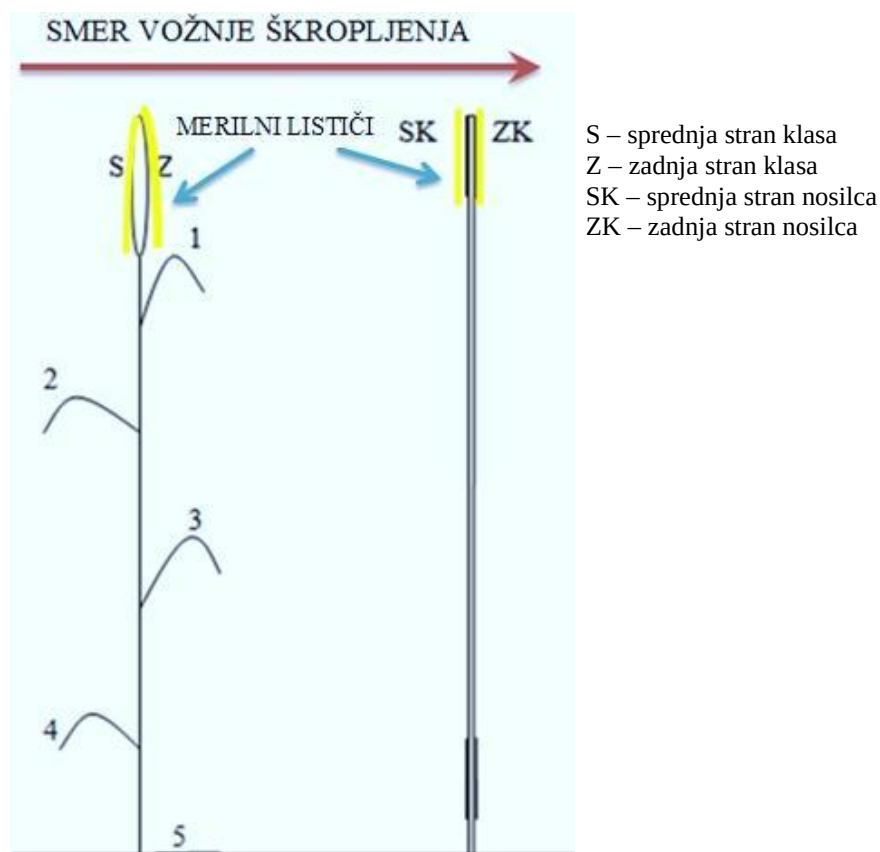
3.3.1 Postavitev merilnih lističev

Znotraj vsakega obravnavanja smo postavili 20 na vodo občutljivih lističev velikosti 26 x 76 mm (WSP – water sensitive paper) proizvajalca Novartis (slika 9). V posamezni obravnavi smo si naključno izbrali pet rastlin (klasov), na katere smo pritrdili lističe na

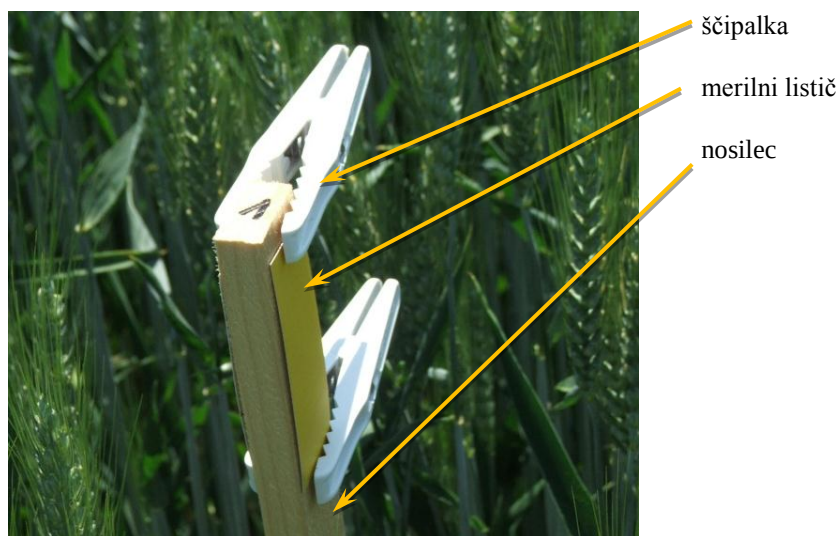
sprednjo in zadnjo stran klasov v smeri vožnje (sliki 10 in 12). V isti obravnavi smo naključno postavili tudi pet nosilcev, postavljenih pod kotom 90° na tla (slika 11). Ravno tako smo tudi na nosilce v smeri vožnje postavili lističe s sprednje in zadnje strani. Po pritrditvi lističev smo izvedli škropljenje ob optimalnem vetru in vlažnosti zraka. Temperatura zraka je znašala $20,1^\circ\text{C}$, relativna zračna vlaga je bila 68 % in hitrost vetra je bila $0,9\text{ m/s}$. Škropljenje smo izvedli na pšenici v fenofazi 61 po BBCH; torej ob začetku cvetenja. Uporabili smo fungicid Prosaro z aktivnima snovema protiokonazol (12,5 %) in tebukonazol (12,5 %) v odmerku $1,0\text{ l/ha}$. Ta fungicid se uporablja za zatiranje bolezni listov in klasov ozimne pšenice.



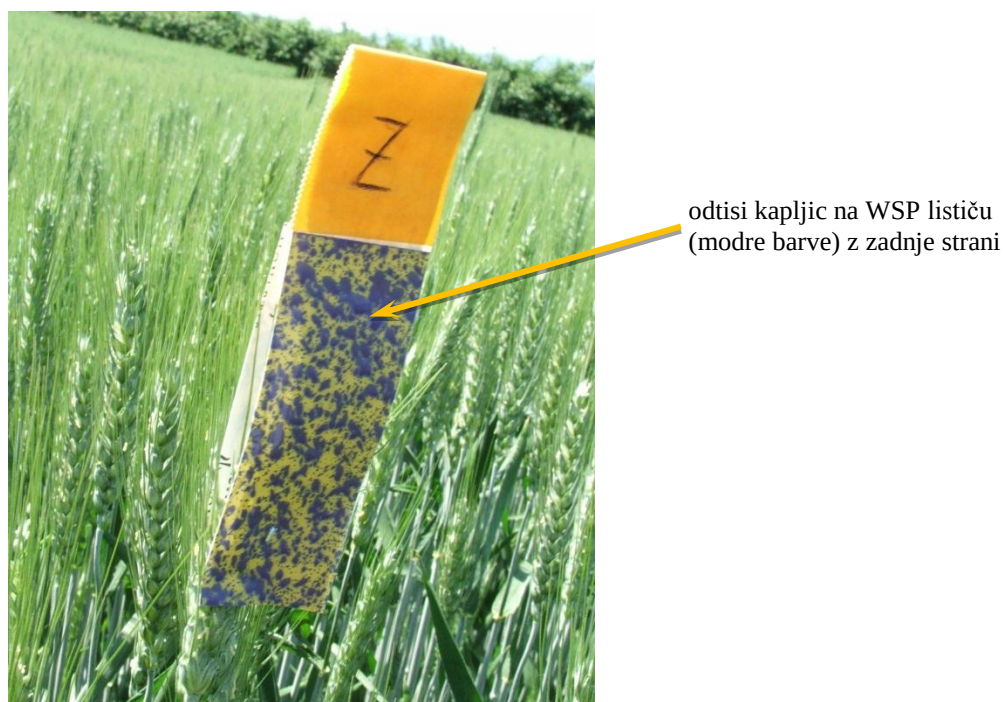
Slika 9: Na vodo občutljiv (WSP) listič



Slika 10: Namestitve WSP lističev v smeri vožnje na klas in nosilec



Slika 11: Pritrditev WSP lističev na nosilec

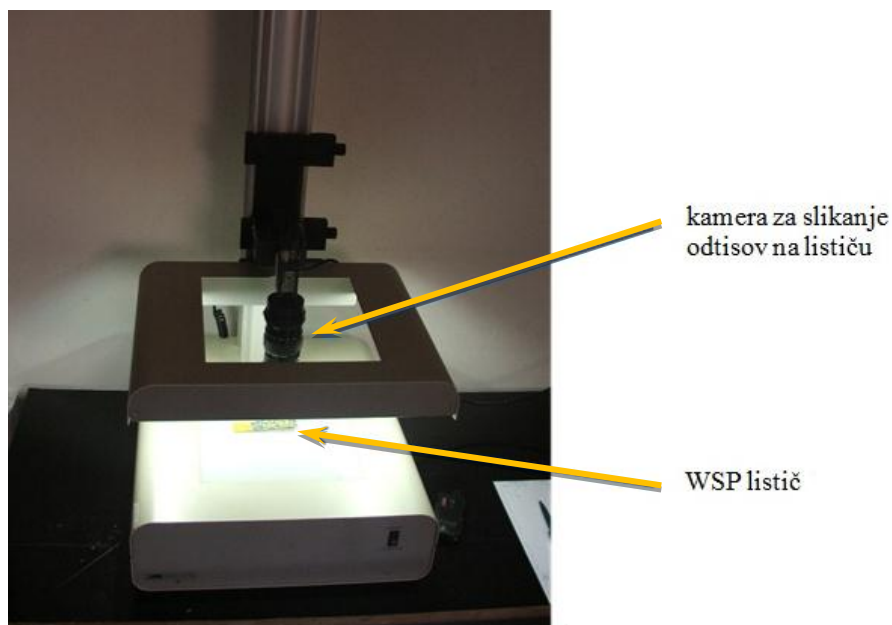


Slika 12: Merilni listič po škropljenju na klasu pšenice

3.3.2 Analiza WSP lističev

Analizo WSP lističev smo izvedli na IHP Žalec. Meritve za analizo smo opravili z napravo za analizo slik s trgovskim imenom Optimax Image Analyser (slika 13). S to napravo smo na vsakem lističu posebej analizirali odtise kapljic. Za vsak listič posebej smo naredili tri meritve. Program (APA 2001 V5.1) za obdelavo teh meritev pa je izračunaval odstotek

pokritosti merilnega lističa z odtisi kapljic in število odtisov kapljic na cm^2 . Vse podatke smo vnesli v program Microsoft Excel za nadaljnjo obdelavo.



Slika 13: Naprava za analizo slik Optimax Image Analyser

3.4 OBDELAVA PODATKOV

Podatke iz meritev smo vnesli v vrtilno tabelo programa Microsoft Excel (slika 14), da smo pridobili povprečja ter standardne odklone od povprečja za odstotek pokritosti in število kapljic na cm^2 . Obdelane podatke povprečij in standardnih odklonov smo predstavili v grafikonih. Podatke z odstotkom pokritosti in število kapljic na cm^2 smo posebej obravnavali pri vseh hitrostih za sprednjo in zadnjo stran, tako pri klasu kot tudi pri nosilcu. Ročaji na diagramih pomenijo standardni odklon od povprečja.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Blok	Ponovitev	Obravnavanje	Površina objektov	Št. obj. na površino		Površina objektov	Št. obj. na površino			B
2				%	n/cm2		%	n/cm2			
3	1	rastlina 1	5 km/h	0.8050	11.484		0	1,1484		1	
4	1	rastlina 1	5 km/h	19.300	11.484		1,93	1,1484		1	
5	1	rastlina 1	5 km/h	0.5880	0.5742		0	0		1	
6	1	rastlina 2	5 km/h	170.720	241.172		17,072	24,1172		1	
7	1	rastlina 2	5 km/h	115.450	132.070		11,545	13,207		1	
8	1	rastlina 2	5 km/h	44.230	86.133		4,423	8,6133		1	
9	1	rastlina 3	5 km/h	162.380	155.039		16,238	15,5039		1	
10	1	rastlina 3	5 km/h	80.840	183.750		8,084	18,375		1	
11	1	rastlina 3	5 km/h	108.170	166.523		10,817	16,6523		1	
12	1	rastlina 4	5 km/h	109.350	246.914		10,935	24,6914		1	
13	1	rastlina 4	5 km/h	124.170	212.461		12,417	21,2461		1	
14	1	rastlina 4	5 km/h	25.390	183.750		2,539	18,375		1	
15	1	rastlina 5	5 km/h	34.810	45.937		3,481	4,5937		1	
16	1	rastlina 5	5 km/h	0.8990	17.227		0	1,7227		1	
17	1	rastlina 5	5 km/h	0.0150	0.5742		0	0		1	
18	1	rastlina 1	8,5 km/h	41.750	212.461		4,175	21,2461		1	
19	1	rastlina 1	8,5 km/h	37.210	252.656		3,721	25,2656		1	
20	1	rastlina 1	8,5 km/h	52.090	166.523		5,209	16,6523		1	
21	1	rastlina 2	8,5 km/h	173.810	384.727		17,381	38,4727		1	
22	1	rastlina 2	8,5 km/h	165.530	292.852		16,553	29,2852		1	
23	1	rastlina 2	8,5 km/h	77.740	120.586		7,774	12,0586		1	
24	1	rastlina 3	8,5 km/h	162.380	155.039		16,238	15,5039		1	
25	1	rastlina 3	8,5 km/h	80.840	183.750		8,084	18,375		1	

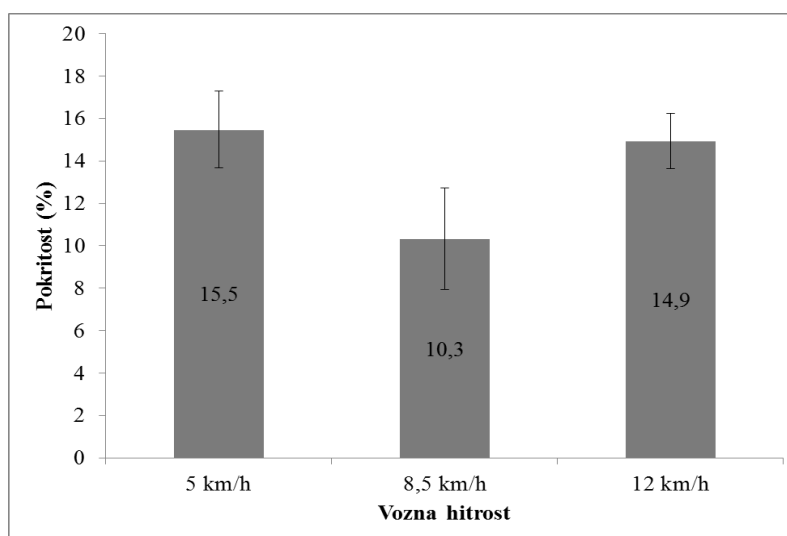
Slika 14: Analiza podatkov v programu Microsoft Excel 2010

4 REZULTATI

4.1 ODSOTOK POKRITOSTI MERILNEGA LISTIČA

4.1.1 Sprednja stran klasa

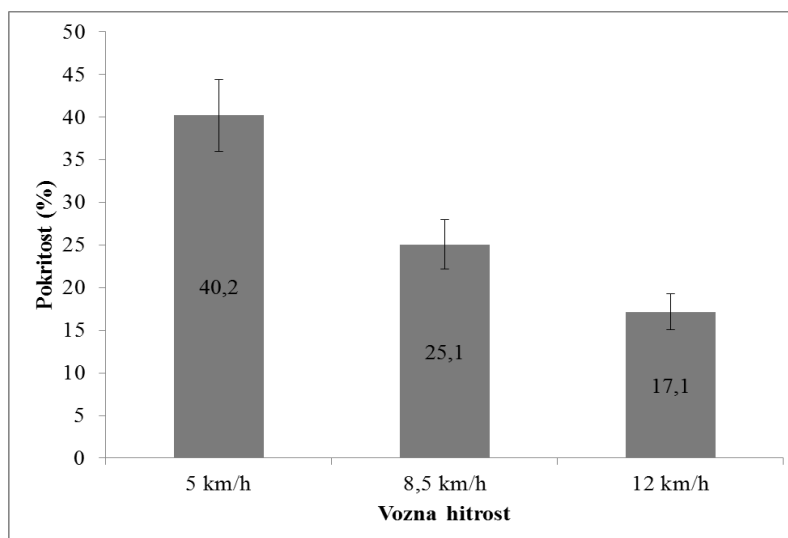
Slika 15 prikazuje povprečen odstotek pokritosti sprednje strani klasa pšenice s škropilno brozgo pri treh voznih hitrostih škropljenja. Pri voznih hitrostih 5 in 12 km/h je bil odstotek pokritosti podoben; in sicer je znašal 15,5 oziroma 14,9 %. Manjši odstotek pokritosti je bil pri hitrosti 8,5 km/h (10,3 %).



Slika 15: Povprečna pokritost sprednje strani klasov ozimne pšenice

4.1.2 Zadnja stran klasa

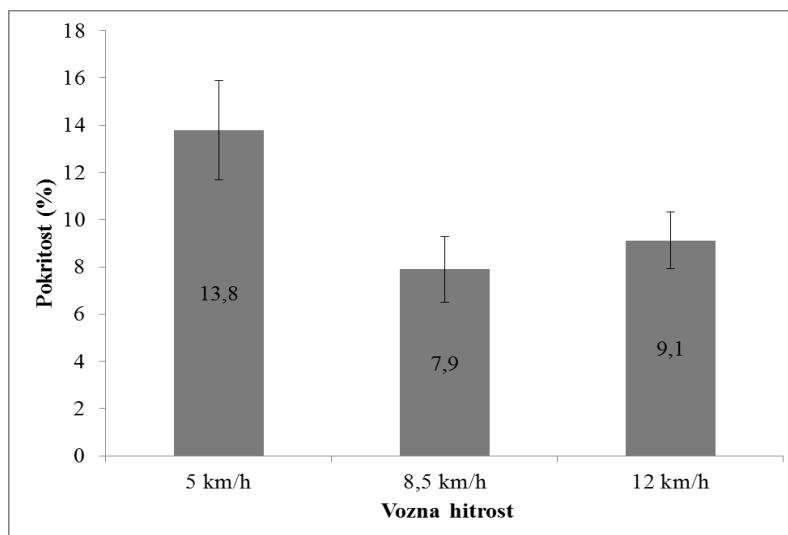
Povprečen odstotek pokritosti s škropilno brozgo na zadnji strani klasa je bil pričakovan, saj je bil pri najmanjši hitrosti 5 km/h tudi največji (40,2 %) (slika 16). Torej; s povečevanjem hitrosti se je odstotek pokritosti zmanjševal. Tako je bila pokritost pri hitrosti 8,5 km/h (25,1 %) in pri 12 km/h (17,1 %).



Slika 16: Povprečna pokritost zadnje strani klasov ozimne pšenice

4.1.3 Sprednja stran nosilca

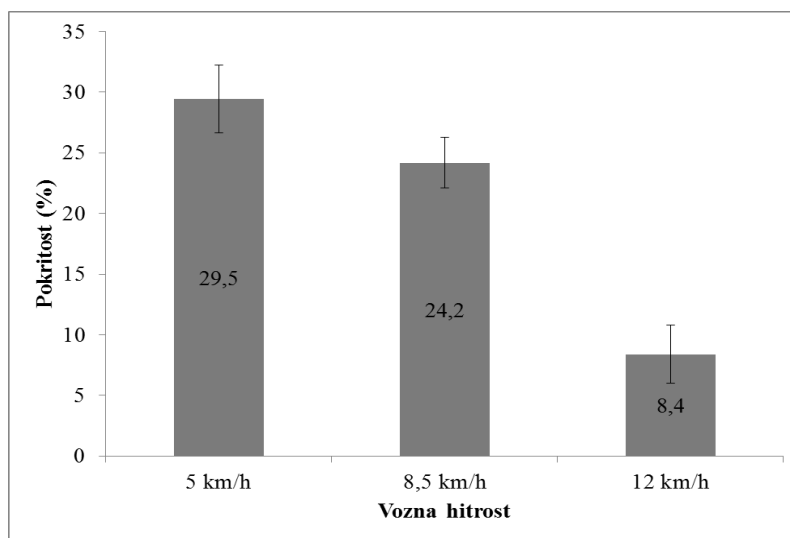
Pri hitrosti 5 km/h je povprečen odstotek pokritosti na sprednji strani nosilca vidno večji (13,8 %). Pri voznih hitrostih 8,5 in 12 km/h je bil odstotek pokritosti nekoliko podoben, znašal je 7,9 in 9,1 % (slika 17).



Slika 17: Povprečna pokritost sprednje strani nosilcev lističa

4.1.4 Zadnja stran nosilca

Na zadnji strani nosilca se je povprečen odstotek pokritosti zmanjševal s povečevanjem hitrosti (slika 18). Pri vozni hitrosti 5 km/h je bil odstotek pokritosti največji (29,5 %), pri hitrosti 8,5 km/h (24,2 %), bistveno manjši pa je bil pri 12 km/h (8,4 %).

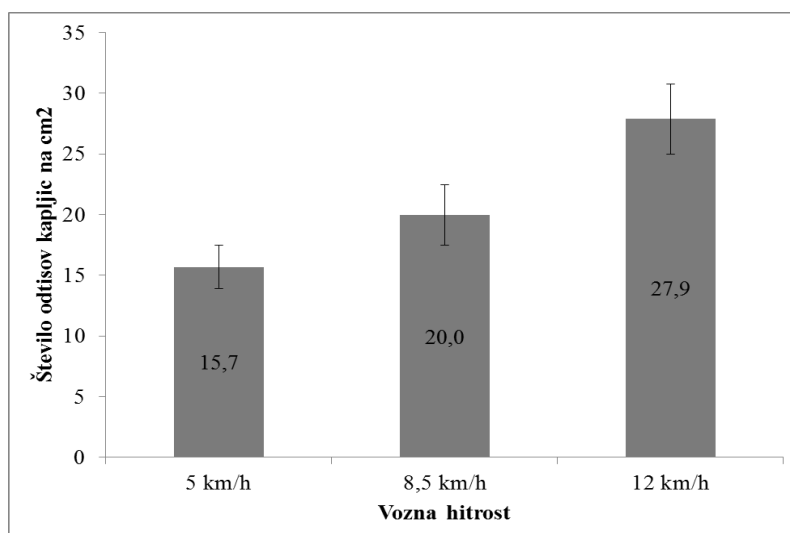


Slika 18: Povprečna pokritost zdnje strani nosilcev lističa

4.2 ŠTEVILO ODTISOV KAPLJIC NA POVRŠINI LISTIČA

4.2.1 Sprednja stran klasa

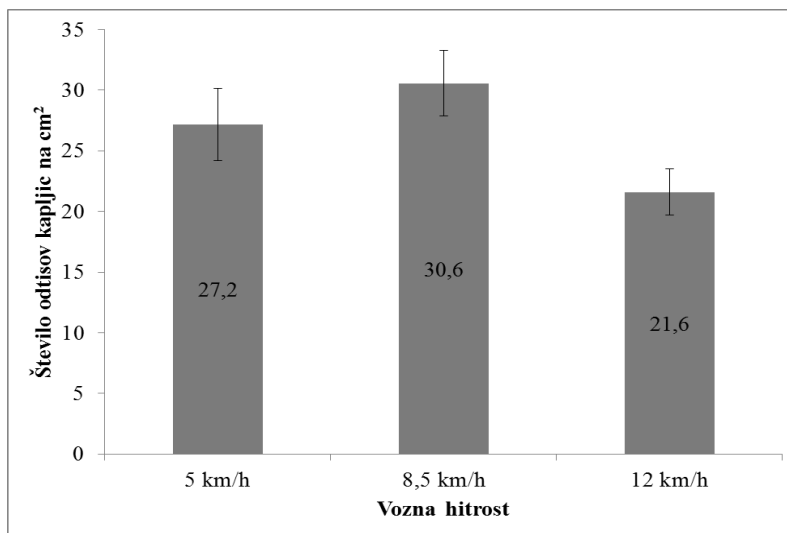
Ob povečevanju hitrosti na spodnji sliki 19, je prikazana približno enakomerna rast povprečnega števila odtisov kapljic. Pri hitrosti vožnje 5 km/h je bilo povprečno število kapljic 15,7; pri 8,5 km/h jih je bilo 20 in največ pri hitrosti 12 km/h 27,9.



Slika 19: Povprečno število kapljic na površini lističa klasa pšenice od spredaj

4.2.2 Zadnja stran klasa

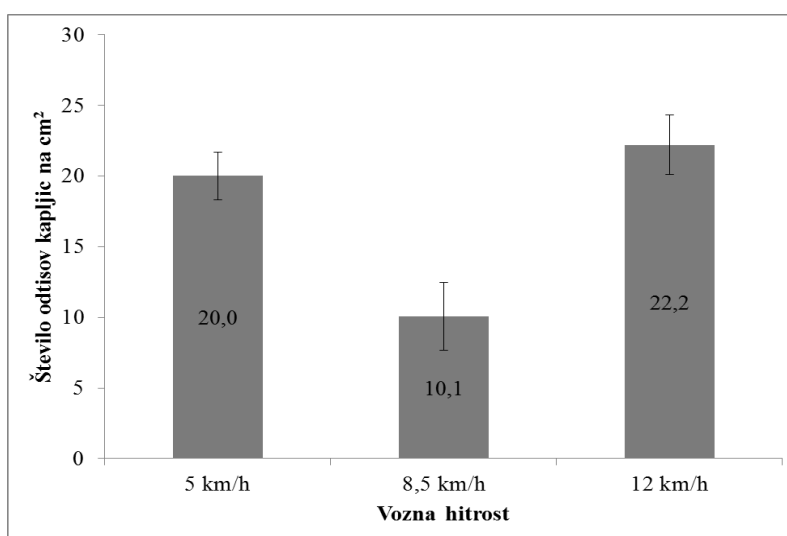
Na zadnji strani klasa je bilo največje povprečno število odtisov kapljic pri vozni hitrosti 8,5 km/h (30,6 odtisov), pri hitrosti 5 km/h je bilo odtisov nekoliko manj (27,2) in najmanj odtisov je bilo pri hitrosti 12 km/h, kjer je bilo 21,6 odtisov (slika 20).



Slika 20: Povprečno število kapljic na površini lističa klasa pšenice na zadnji strani

4.2.3 Sprednja stran nosilca

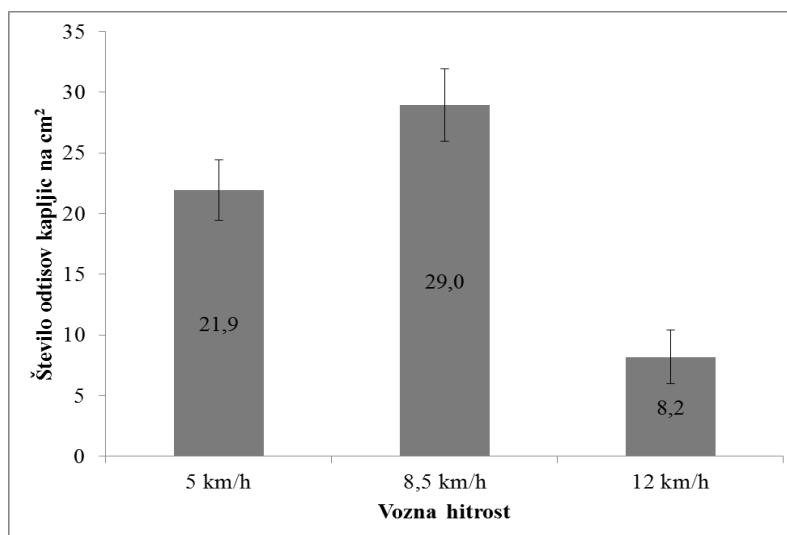
Največje povprečno število odtisov kapljic na lističu je bilo pri hitrosti 12 km/h (22,2), podobno je bilo pri hitrosti 5 km/h, kjer je bilo 20 odtisov in očitno najmanj jih je bilo pri hitrosti 8,5 km/h (10,1) (slika 21).



Slika 21: Povprečno število kapljic na površini lističa s sprednje strani nosilca

4.2.4 Zadnja stran nosilca

Povprečno število odtisov je precej odstopalo pri hitrosti 8,5 km/h, kjer jih je bilo 29. Za tem je sledila hitrost 5 km/h z 21,9 odtisi. Precej manj odtisov je bilo pri 12 km/h, kjer je bilo samo 8,2 odtisov (slika 22).



Slika 22: Povprečno število kapljic na površini lističa z zadnje strani nosilca

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

V poskusu smo ugotovili, da je bil odstotek pokritosti tako na sprednji strani klasov kot tudi na sprednji strani nosilcev manjši kot na zadnji strani. To ni bilo pričakovano, saj mnogi avtorji navajajo, da je pri škropljenju klasa slabša pokritost predvsem zadnje strani klasa. Rezultati nakazujejo, da ima injektorska šoba z dvojnimi asimetričnim curkom pravičen kot curka, ki je usmerjen nazaj za 50 %, kar omogoča dobro pokritost zadnje strani klasa. Predvidevamo pa, da je kot sprednjega curka (10°) nekoliko premajhen in bi moral biti večji. Predvidevamo, da je večina kapljic zadela nižje dele rastlin pod klasom na sprednji strani. Wilmer (2011) navaja, da sta pri uporabi te šobe pri vozi hitrosti 9 km/h in hitrosti kapljic 4 m/s oba škropilna curka, tako sprednji kot zadnji, pod enakim kotom – simetrična, kar pomeni boljšo pokritost tako prednje kot zadnje strani klasa. Naši rezultati tega ne potrjujejo. Podobnih raziskav kot je naša je v tujini malo, večinoma gre za primerjavo različnih izvedb injektorskih in standardnih šob, tako da naših rezultatov ne moremo neposredno primerjati.

Zanimivo je, da je bil odstotek pokritosti na sprednji strani klasa kot tudi na sprednji strani nosilca pri vozi hitrosti 8,5 km/h manjši kot pri ostalih dveh hitrostih. To ni bilo v skladu z našo postavljeno hipotezo, saj smo pričakovali, da bo pri povečani vozi hitrosti odstotek pokritosti slabši.

Po drugi strani se je odstotek pokritosti na zadnji strani klasa zmanjševal s povečanjem vozne hitrosti, kar je potrdilo postavljeno hipotezo. Pri hitrostih 8,5 in 12 km/h je bil občuten padec odstotka pokritosti (25,1 % in 17,1 %) v primerjavi z vozi hitrostjo 5 km/h (40,2 %). Podobne rezultate kot na zadnji strani klasov smo dobili tudi na zadnji strani nosilcev. Nosilce smo v poskusu uporabili zato, ker so bili postavljeni natančno pod kotom 90° in na enaki oddaljenosti od tal (90 cm), medtem ko so klasi postavljeni pod različnimi koti. Tako smo zagotovili konstantne pogoje. Izkazalo se je, da je pokritost na sprednji in zadnji strani nosilcev nekoliko manjša kot na samih rastlinah. Kljub temu smo dobili podobne rezultate. Sami klasi pšenice niso enake debeline po celi površini klasa, ampak so na vrhu malo zoženi, medtem ko je bila debelina nosilcev 10 mm. Očitno sta to dejstvo in sam kot, pod katerim je postavljen klas, vplivala na boljšo pokritost klasov v primerjavi z nosilci.

Analizirali smo tudi število odtisov kapljic na cm^2 na sprednji in zadnji strani klasov kot tudi nosilcev. Na sprednji strani klasa je število odtisov kapljic naraščalo s povečanjem vozne hitrosti. Če podatke primerjamo s pokritostjo na prednji strani klasov, lahko rečemo, da so bile te kapljice manjše. Predvidevamo, da večje kapljice sprednje strani klasa niso zadele, ampak so zadele nižje dele rastlin pod klasom. Če primerjamo število odtisov kapljic na cm^2 in odstotek pokritosti na sprednji strani klasa pri hitrostih 5 in 12 km/h, lahko rečemo, da so bile pri hitrosti 5 km/h kapljice, ki so zadele sprednjo stran klasa nekoliko večje kot pri hitrosti 12 km/h. Na sprednji strani nosilca je bilo število odtisov kapljic na cm^2 pri hitrostih 5 in 12 km/h večje kot pri hitrosti 8,5 km/h. Očitno je pri hitrosti 12 km/h na sprednjo stran nosilca padlo večje število manjših kapljic, medtem ko je pri hitrosti 8,5 km/h padlo manjše število večjih kapljic, saj med tema dvema hitrostima ni večjih razlik v odstotku pokritosti na sprednji strani nosilca.

Na zadnji strani klasa je večje število odtisov kapljic kot na sprednji strani. Podobna ugotovitev velja tudi za nosilce. Rezultati tako na klasu kot na nosilcu na zadnji strani kažejo, da je predvsem pri hitrosti škropljenja 12 km/h manjše število odtisov kapljic kot pri ostalih dveh hitrostih. Verjetno je bila ta hitrost prevelika, da bi zadostno število kapljic zadelo zadnjo stran klasa in zagotovilo dober fungicidni nanos.

Če povzamemo rezultate lahko rečemo, da je pri uporabi injektorske šobe z dvojnimi asimetričnim curkom zaradi premajhnega kota prednjega curka boljša pokritost zadnje strani klasa pšenice kot pa sprednje strani, ne glede na vozno hitrost. V poskusu smo dosegli najboljšo kakovost nanosa pri hitrostih 5 in 8,5 km/h, medtem ko je bila hitrost škropljenja 12 km/h previsoka. Za takšno vozno hitrost je potrebno uporabiti tudi škropilne letve, ki imajo pri tej hitrosti minimalno prečno nihanje.

Na podlagi poskusa smo prišli do naslednjih sklepov:

- Odstotek pokritosti s škropilno brozgo je bil pri vseh treh vozni hitrostih na sprednji strani klasa manjši kot na zadnji strani klasa, tako na samih rastlinah kot tudi na nosilcih.
- Na sprednji strani klasa je bil odstotek pokritosti pri vozni hitrosti 5 in 12 km/h nekoliko večji kot pri vozni hitrosti 8,5 km/h.
- Na zadnji strani klasa se je odstotek pokritosti s škropilno brozgo zmanjševal pri večji vozni hitrosti, predvsem 12 km/h.
- Število odtisov kapljic na cm^2 je bilo pri vseh treh vozni hitrostih na zadnji strani klasa večje kot na sprednji strani klasa.
- Pri večjih vozni hitrostih je bilo število odtisov kapljic na cm^2 na sprednji strani klasa nekoliko večje.
- Na zadnji strani klasa je bilo pri hitrosti škropljenja 12 km/h manj odtisov kapljic na cm^2 kot pri ostalih dveh hitrostih (5 in 8,5 km/h).

6 POVZETEK

Povečevanje velikosti kmetij, težnja po ekonomičnosti pridelave in vedno večja usmerjenost v kemično varstvo rastlin, nakazujejo potrebo po sodobnih škropilnicah z veliko delovno storilnostjo. S tem je tesno povezana tudi uporaba sodobno zasnovanih škropilnih šob, ker obilajne šobe več ne zadostujejo današnjim okoljskim zahtevam in kvaliteti nanosa.

Na trgu se pojavlja velika paleta raznovrstnih šob, pri katerih ne vemo, kakšna je njihova delovna sposobnost in kvaliteta nanosa na ciljno površino. Odločili smo se za poskus le ene od teh, za šobo z dvojnimi asimetričnimi curki. Pri poskusu smo ugotavljali kvaliteto nanosa FFS na ciljno površino, pri treh različnih hitrostih na klasu ozimne pšenice.

Namen poskusa je bil ugotoviti, kako vpliva različna vozna hitrost pri uporabi injektorske šobe z dvojnimi asimetričnimi curki na kakovost nanosa FFS na sprednji in zadnji strani klase pšenice.

Pri poskusu smo predpostavili naslednje hipoteze:

- pri povečani vozni hitrosti škropljenja bo manjši odstotek pokritosti sprednje in zadnje strani klase in
- pri povečani vozni hitrosti škropljenja bo manjše število odtisov kapljic na cm² na sprednji in zadnji strani klase

Pri poskusu smo ugotavljali kvaliteto nanosa s sprednje in zadnje strani klase pšenice. Hkrati smo pa tudi opravili testni nanos na nosilcih lističev pri istem številu ponovitev, kot na klasah pšenice. Z nosilci smo skušali ugotoviti, kakšna bi bila pokritost s FFS pri pravilni postavitvi klasov; torej pod kotom 90°, v primerjavi s položaji klasov v naravi.

Če povzamemo lahko rečemo, da je pri uporabi injektorske šobe z dvojnimi asimetričnimi curki boljša pokritost zadnje strani klase pšenice kot pa sprednje, ne glede na vozno hitrost zaradi premajhnega kota prednjega curka. V poskusu smo dosegli najboljšo kakovost nanosa pri hitrostih 5 km/h in 8,5 km/h, medtem ko je hitrost 12 km/h previsoka.

Ugotovili smo, da je hitrost 8,5 km/h še sprejemljiva za nanos FFS. Pri hitrosti 12 km/h pa bi morali uporabiti posebne vzmetene letve, ki se boljše prilagajajo terenu. Potrebno bi bilo tudi izvesti več dodatnih meritev, za pridobitev natančnejših podatkov glede pokritosti ciljne površine škropilnih šob.

7 VIRI

- Agrotop. Spray Technology. 2012. Obertraubling, Agrotop GmbH
<http://www.agrotop.com/?lang=de&navid=2&contentid=1&keyid=1&infos=7> (avgust 2012)
- Bernik R. 2006. Tehnika v kmetijstvu. Mehanična nega in oskrba ter kemično varstvo rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 168 str.
- Cooke B.K., Hislop E.C., Herrington P.J., Western N.M., Humpherson-Jones F. 1990. Air-assisted spraying of arable crops, in relation to deposition, drift and pesticide performance. *Crop Protection*, 9, 4: 303–311
- Friebleben R. 2004. Balancing drift management with biological performance and efficacy. V: *Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management*, Waikoloa, Hawaii, October, 27-29 2004: 72-79
- Knewitz H., Koch H. 2010. Was die neuen Düsen bringen. *DLG-Mitteilungen*, 3: 68–71
- Kramer H. 2010. Weniger Wasser,weniger Mittel. *DLG-Mitteilungen*, 1: 1–4
- Lešnik M., Pintar C., Lobnik A., Kolar M. 2005. Comparison of effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some pests of apple. *Crop Protection*, 24, 2: 94–101
- Lešnik M. 2007. Tehnika in ekologija zatiranja plevelov. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 153 str.
- Matthews G.A. 2000. Targets of pesticide deposition. V: *Pesticide application methods*. 3rd editon. Oxford, Blackwell: 17–50
- Marshall D.J., Robinson T.H., Scott T. 2000. The effects of forward speed, spray quality and nozzle types on the deposition and biological performance of strobilurin fungicide. *Aspects of Applied Biology*, 57: 235–242
- Novak M., Maček J. 1990. Tehnike nanašanja pesticidov. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 301 str.
- Parkin C.S., Miller P.C.H., Magan N., Aldred D., Gill J., Orson J.H. 2006. The deposition of fungicides on ears to control *Fusarium* ear blight and the mycotoxin contamination of grain. *Aspects of Applied Biology*, 77, 2: 445–452
- Stangl J. 2009. Applikationstechnik – Wie viel Wasser und Welche Düse. *Landwirt*, 19: 28–29

- Thornhill E.W., Matthews G.A. 1995. Hydraulic spray nozzles V: Pesticide application equipment for use in agriculture. Vol. 2: Mechanically powered equipment. 2nd edition. Rome, FAO: 21–23
- Vajs S., Leskovšek G., Simončič A., Lešnik M. 2008. Comparison of effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some winter wheat diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115, 1: 23–31
- Wilmer H. 2011. Düsentchnik: Entscheidende Schnittstelle. *Magazin für professionelle Agrartechnik*: 2: 4–6
- Wolf T.M., Caldwell BC. 2004. Evaluation of double nozzle spray deposits on vertical targets. *Aspects of Applied Biology*, 71: 99–106

ZAHVALA

Za mentorstvo, strokovne nasvete in pomoč se zahvaljujem mentorju prof.dr. Rajku Berniku. Posebej bi se zahvalil somentorju asistentu dr. Filipu Vučajniku za pomoč pri vodenju in za spodbudo skozi celotno diplomsko nalogo.

Zahvalil bi se tudi svoji družini in prijateljem, ki so mi pomagali in me spodbujali skozi celoten študij in ob pisanju diplomske naloge.