



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Janko REDNAK

**KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE ŠOB NA
TRAKTORSKIH ŠKROPILNICAH IN NJIHOV NANOS
NA CILJNO POVRŠINO**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Janko REDNAK

**KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE ŠOB NA TRAKTORSKIH
ŠKROPILNICAH IN NJIHOV NANOS NA CILJNO POVRŠINO**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**NOZZLE TYPES ON TRACTOR MOUNTED SPRAYERS AND THEIR
SPRAY DEPOSITION ON THE TARGET SURFACE**

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Marina PINTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Fanci Aco CELAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomski projekt je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Janko Rednak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 631.348:62-225 (043.2)
- KG šobe/fitofarmaceutvska sredstva/ nanos
- AV REDNAK, Janko
- SA BERNIK, Rajko (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2012
- IN KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE ŠOB NA TRAKTORSKIH ŠKROPILNICAH IN NJIHOV NANOS NA CILJNO POVRŠINO
- TD Diplomski projekt (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
- OP VII, 21 str., 1 pregl.,23 sl., 15 vir.
- IJ sl
- Jl sl/en
- AI V Sloveniji večinoma prevladujejo standardne šobe s ploskim curkom. Na trgu se nenehoma pojavljajo nove konstrukcijske izvedbe šob, ki omogočajo boljši nanos fitofarmaceutskih sredstev (FFS) na ciljno površino. Pri uporabi teh šob je zelo zmanjšan učinek zanašanja kapljic z vetrom (drift). Pri sodobnem škropljenju z injektorskimi šobami je podana tudi željena velikost kapljic. S pravilno izbiro injektorske šobe in tlaka škropljenja lahko dosežemo zahtevano velikost kapljic. Za točno določena škropljenja so navedene posebne izvedbe šob, kot so injektorske šobe z dvojnimi simetričnim ali asimetričnim curkom. V diplomskem seminarju bodo predstavljene novejšje izvedbe šob in nekatere nove tehnike nanosa FFS. Na kratko bodo prikazani rezultati nanosa FFS pri ozimni pšenici in pri krompirju, ti poizkusi so bili opravljeni v tujini.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDC 631.348:62-225 (043.2)
- CX nozzle / plant protection / spray deposition
- AU REDNAK, Janko
- AA BERNIK, Rajko (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2012
- TY NOZZLE TYPES ON TRACTOR MOUNTED SPRAYERS AND THEIR SPRAY DEPOSITION ON THE TARGET SURFACE
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VII, 21 p., 1 tab., 23 fig., 15 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB Slovenian agriculture is predominantly in favour of the use of standard flat jet spray pattern nozzles. The market offer of new nozzle types for better pesticide spray deposition on the target surface is on a constant increase. These nozzle types considerably reduce the effect of drift. In modern spraying, the recommended droplet size is set for air-injector nozzles. Choosing the right air-injector nozzle and spray pressure both contribute to reaching the required droplet size. For particular spraying techniques, the use of special nozzle types, such as symmetric double flat fan and asymmetric double flat fan air-injector nozzles, is applicable. The present bachelor thesis seminar paper will present some newer nozzle types and new pesticide deposition techniques. Furthermore, it will briefly tackle the results of pesticide deposition with winter wheat and potato, these experiments were carried out abroad.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VII
SLOVARČEK	VII
1 UVOD	1
2 IZGUBE ŠKROPILNE BROZGE	1
2.1 ZANAŠANJE ŠKROPILNE BROZGE	1
3 ŠOBE	2
3.1 RAZDELITEV ŠOB	3
3.2 VELIKOST KAPLJIC	4
4 NOVE IZVEDBE ŠOB	5
4.1 KRATKE IZVEDBE INJEKTORSKIH ŠOB S PLOSKIM ENOJNIM CURKOM	6
4.1.1 Lechler IDK 90	6
4.1.2 TurboDrop® TDAN Standard	6
4.1.3 Albuz® AVI 80°	7
4.1.4 AirMix® Flat Fan	7
4.2 DOLGE IZVEDBE INJEKTORSKIH ŠOB S PLOSKIM ENOJNIM CURKOM	8
4.2.1 TurboDrop® TD Standard	8
4.2.2 TurboDrop® TDXL Standard	8
4.2.3 Lechler ID	9
4.3 INJEKTORSKE ŠOBE S PLOSKIM DVOJNIM SIMETRIČNIM CURKOM	10
4.3.1 Albuz® AVI-TWIN	10
4.3.2 Lechler IDKT	10
4.3.3 TurboDrop® TDDF Standard	11
4.4 INJEKTORSKE ŠOBE S PLOSKIM DVOJNIM ASIMETRIČNIM CURKOM	11
4.4.1 Turbo Drop®HiSpeed Standard	11
4.5 VRTINČNE ŠOBE	12
4.5.1 TurboDrop® TDHC Universal	12
4.5.2 Lechler ITR	13
4.5.3 Albuz TVI	13
4.6 POTISNI SISTEM ŠKROPLJENJA ZRAK–VODA (JOHN DEERE TWIN FLUID SISTEM)	13

5	KAKOVOST NANOSA FFS NA CILJNO POVRŠINO	15
5.1	NANOS FFS NA KROMPIR	15
5.2	NANOS FFS NA OZIMNO PŠENICO	16
6	SKLEPI	17
7	VIRI	18

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razdelitev kapljic po velikosti v velikostne razrede (British Crop Protection Council, 1985)	5
---	---

KAZALO SLIK

Slika 1: Okoljski dejavniki, ki vplivajo na zanos škropilne brozge (Agrotop, 2010)	1
Slika 2: Šoba z vrtnčastim votlim curkom (Bernik, 2006)	3
Slika 3: Šoba s ploščatim curkom (Bernik, 2006)	3
Slika 4: Slika povprečni volumski premer kapljic (VMD) (Agrotop, 2010)	4
Slika 5: Šoba s podporo zraka (Bernik, 2006)	5
Slika 6: Šoba Lechner IDK 90 (Lechner, 2012)	6
Slika 7: Šoba TurboDrop® TDAN Standard (Agrotop, 2010)	6
Slika 8: Razpršilni kot šobe TurboDrop® TDAN Standard (Agrotop, 2010)	6
Slika 9: Šoba Albuz® AVI 80° (Agrotop, 2010)	7
Slika 10: Šoba AirMix® Flat Fan (Agrotop, 2010)	7
Slika 11: Šoba TurboDrop® TD Standard (Agrotop, 2010)	8
Slika 12: Šoba TurboDrop® TDXL Standard (Agrotop, 2010)	9
Slika 13: Šoba Lechler ID (Lechler, 2012)	9
Slika 14: Šoba Albuz® AVI-TWIN (Agrotop, 2010)	10
Slika 15: Škropilni kot šobe Albuz® AVI-TWIN (Agrotop, 2010)	10
Slika 16: Šoba Lechler IDKT (Lechler, 2012)	11
Slika 17: Šoba TurboDrop® TDDF Standard (Agrotop, 2010)	11
Slika 18: Šoba TurboDrop® HiSpeed Standard (Agrotop, 2010)	12
Slika 19: Šoba TurboDrop® TDHC Standard (Agrotop, 2010)	12
Slika 20: Šoba Lechler ITR (Lechler, 2012)	13
Slika 21: Šoba Albuz TVI (Agrotop, 2010)	13
Slika 22: Šoba John Deere Twin fluid (Banaj, 2010)	14
Slika 23: Kompresor za delovanje šob John Deere Twin fluid (Banaj, 2010)	15

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ST –standardna špranjasta šoba

IDK – injektorska šoba z dvojnimi curki

IDKT – injektorska šoba z enojnim curkom

AVI-TWIN – injektorska šoba z dvojnimi curki

TR – standardna vrtnična šoba

FFS – fitofarmacevtska sredstva

TH – šoba TurboDrop HiSpeed – injektorska standardna šoba z dvojnimi curki

LAI – indeks listne površine

SLOVARČEK

VMD – volume mean diameter: povprečni volumski premer

JOHN DEER TWIN FLUID – potisni sistem škropljenja zrak–voda

GREEN STAR – naprava, ki ima stalni nadzor nad tlakom tekočine in zračnim tlakom

TURBO DROP HISPEED STANDARD – injektorska šoba z dvojnimi asimetričnimi curki, ki je izdelana za škropljenje pri večjih hitrostih (nad 8 km/h)

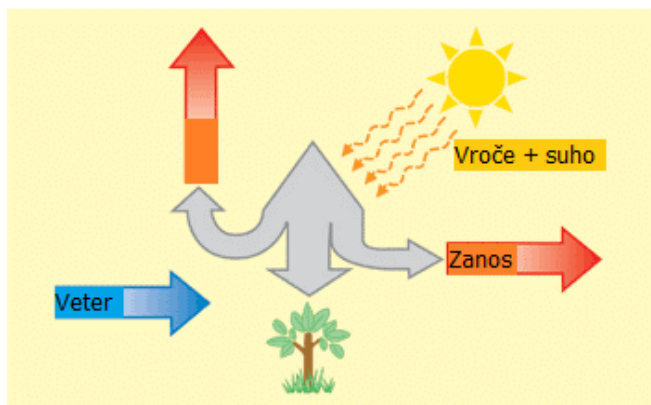
1 UVOD

Težnja po večji gospodarnosti pridelave in vedno bolj kemično usmerjenemu varstvu rastlin zahteva sodobne škropilnice z veliko površinsko storilnostjo v kratkem času. Sem sodi tudi uporaba sodobnih škropilnih šob. Običajno je pri kemičnem varstvu rastlin potrebno uporabiti več različnih šob in ne samo ene. Standardne špranjaste šobe ne izpolnjujejo več zahtev glede zanašanja z vetrom, zato jih je potrebno zamenjati. Sodobne injektorske šobe imajo dober učinek in zmanjšajo zanašanje kapljic škropiva z vetrom. Zaradi tega so v današnjem času nujno potrebne za kvalitetno škropljenje. Naraščajoči stroški v kmetijstvu silijo profesionalne pridelovalce k zmanjšanju porabe FFS. To je mogoče doseči z uporabo primernih šob ter zmanjšanjem porabe vode na hektar (Schenk, 2009). Pri namestitvi škropiva na ciljno površino je ključnega pomena velikost kapljic. Glede na to se uporabljajo številne konstruktivske rešitve šob, s katerimi bi na enostaven način dosegli enake velikosti kapljic, oziroma kapljice oblikovali tako, da bi dosegle zaželen namen nanašanja. Eden od teh načinov so tudi šobe, ki delujejo s pomočjo zraka (Bernik, 2006).

2 IZGUBE ŠKROPILNE BROZGE

2.1 ZANAŠANJE ŠKROPILNE BROZGE

Pri aplikaciji FFS moramo vedno upoštevati možnost zanašanja (angl. drift) iz območja nanosa FFS. Z izrazom zanašanje opisujemo pojave transporta FFS iz območja, kamor smo ga želeli nanesti.



Slika 1: Okoljski dejavniki, ki vplivajo na zanos škropilne brozge (Agrotop, 2010)

Tako ločimo neposreden ali aplikacijski zanos in postaplikacijski zanos. Aplikacijski zanos je posledica gibanja zračnih tokov med škropljenjem. Ti odnesejo kapljice brozge v stran od biotičnega cilja. Pri listnih herbicidih kot zanos (endodrift) označimo del škropilne brozge, ki pade na tla in se ni ujel na organih rastline. Postaplikacijski drift nastane zaradi kemičnih procesov in atmosferskih pojavov po aplikaciji. V ta okvir uvrščamo izhlapevanje FFS s površine rastlin in tal, izpiranje FFS iz tal v podtalje, premeščanje FFS

z delci tal zaradi vetrne ali površinske vodne erozije ter zanos, povezan s kontaminacijo škropilne tehnike. Zadnja oblika zanos se nanaša na ostanke aktivnih snovi, ki ostanejo v rezervoarju škropilnice ter na površini škropilnice in se sprostijo v okolje ob pranju škropilnice. Skupno lahko zanos pri povprečnih pogojih dela kmalu doseže 30 odstotkov. Nanašanje FFS s pršilniki pa je še manj primerno, saj le-ti povzročajo nadpovprečno velik zanos (Lešnik, 2007).

Zanašanje herbicidov iz območja nanašanja ima več vrst negativnih posledic: povzroči onesnaženje okolice (voda, neketijski habitati, bivalno okolje, ipd.) in povzroča pojave fitotoksičnosti in onesnaženja neciljnih gojenih rastlin. Zanašanje preprečujemo z dvema osnovnima ukrepoma: z izvajanjem škropljenja v primernih vremenskih razmerah in uporabo sodobnih naprav, ki omogočajo dober nadzor velikosti kapljic škropilne brozge in usmerjanja škropilnih curkov. Optimalne vremenske razmere za nanos FFS v pogledu temperature so v območju med 15 in 20 °C, v pogledu zračne vlage med 60 in 70 odstotkov in v pogledu vetra pri hitrosti med 0 in 2,5 m/s. Z višanjem temperature se sicer lahko poveča učinkovitost FFS, vendar se značilno poveča tudi izhlapevanje. Običajni cilj pri redukciji zanos je zmanjšanje pod 1 odstotek na razdalji do 10 metrov od roba pridelovalne površine in pod 0,1 odstotka na razdalji 100 metrov v stran od pridelovalne površine, kadar gre za vodne vire in občutljive robne habitate. Velik vpliv na zanašanje ima velikost kapljic, ki jih oblikujejo šobe. Pri nanosu FFS naj bi delež kapljic, manjših od 150 µm, znašal manj kot 5 odstotkov v celotnem spektru kapljic. Kapljice s premerom manjšim od 150 µm so zelo nagnjene k zanašanju z vetrom. Pri izbiri šob za nanos FFS je delež kapljic, ki jih veter lahko zanaša (DD %), pomemben dejavnik izbire. Zmanjšanje dela drobnih kapljic najlažje dosežemo z znižanjem delovnega tlaka in z uporabo šob, ki preprečujejo zanašanje z vetrom. Poznamo veliko tipov šob, ki preprečujejo zanašanje z vetrom. Vsem je skupna lastnost to, da oblikujejo velike kapljice s povprečnim premerom med 200 in 800 µm. Pri nekaterih šobah produkcijo izenačenih in zmerno velikih kapljic dosežejo s prilagoditvami predrazpršilne komore in izstopnega ustja šobe, pri drugih pa z vgradnjo posebnih sesalnih kanalov za vsesavanje zraka (angl. air-induction nozzles = venturi nozzles; nem. Injektordüsen) (Agrotop, 2010).

3 ŠOBE

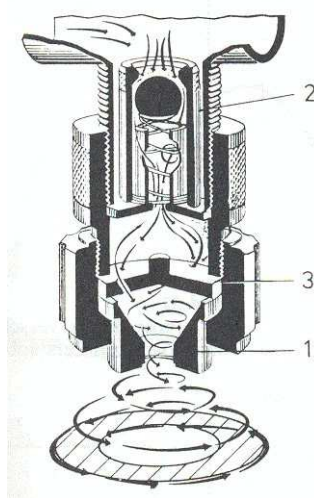
Šobe imajo posebno nalogo, da tekočinski tok, ki vsebuje določeno koncentracijo aktivne kemične snovi, enakomerno porazdelijo po ciljni površini. Enakomernost porazdelitve tekočine se najlažje in tehnično izvedljivo doseže s pretvorbo toka v kapljice. Nanos aktivnega kemičnega sredstva na rastlino – ciljno površino – je tehnično težko izvedljiv predvsem zaradi majhne količine sredstva, ki je porazdeljeno v vodi. Glavna naloga šobe je pretvarjanje hidravlične energije v kinetično energijo z obliko curka kapljic, ki se gibljejo z določeno hitrostjo. Sama velikost šobe vpliva na pretok, zato se uporablja tudi za natančno odmerjanje količine apliciranega sredstva oziroma suspenzije. 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 izparljivost (volatilnost).

Tekočina naj bi imela viskoznost manjšo kot 10^{-4} m²/s in površinsko napetost od 0,2 do 0,8 mN/m² (Bernik, 2006).

3.1 RAZDELITEV ŠOB

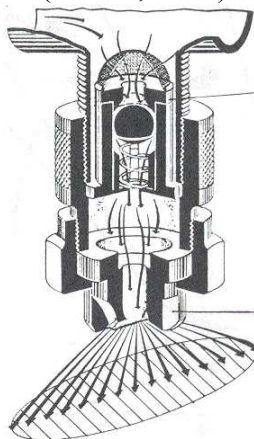
Šobe razdelimo po obliki curka:

- stožčasti curek, pri katerem je stožec lahko poln kapljic, votel, vrtnčast ali tok tekočine, pri katerem se kapljice nahajajo samo v plašču curka. Kapljice se razdelijo naključno – ne eksaktno. Šoba z vrtnčastim votlim stožcem deluje pri višjih tlakih od 15 do 60 bar in pretokih od 0,5 do 4,5 l/min (Bernik, 2006).



Slika 2: Šoba z vrtnčastim votlim curkom (Bernik, 2006)

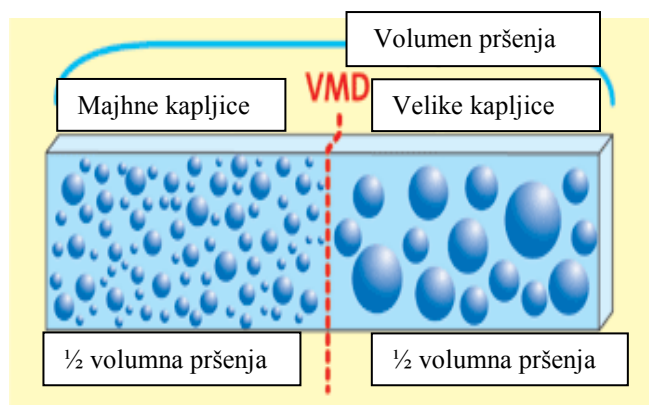
- Za točnejšo porazdelitev kapljic se uporabljajo špranjaste šobe, ki imajo pahljačasti curek v obliki trikotnika s kotom od 60⁰ do 120⁰. Tlak delovanja šobe je od 2 do 4 bar in pretok od 0,5 do 4 l/min (Bernik, 2006).



Slika 3: Šoba s ploščatim curkom (Bernik, 2006)

3.2 VELIKOST KAPLJIC

Podatki o velikosti kapljic se nanašajo na velikosti posamezne kapljice v curku, ki prihaja iz šob. V tem curkom so kapljice različne velikosti. Velikost kapljice je običajno izražena v mikronih. Povprečni volumski premer (VMD) se uporablja za določanje velikosti kapljic v odvisnosti od injiciranega volumna raztopine. VMD predstavlja center kapljice, kjer je 50 % obsega razpršenih kapljic večjih od VMD. Zato povprečni volumski premer temelji na količini šobe za razprševanje curka, tako da premer kapljice zelo pogosto služi kot dejavnik primerjavo značilnosti šob (Banaj, 2010).



Slika 4 : Slika povprečni volumski premer kapljic (VMD) (Agrotop, 2010)

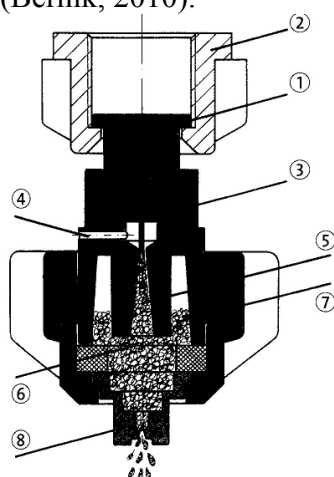
Pri običajnih oblikah nanosa FFS uporabljamo kapljice premera od 50 do 500 μm . Mejna velikost, ki jo pogosto omenjamo kot prag zanašanja, je 100 μm . Številne raziskave so pokazale, da obseg zanašanja pri kapljicah, manjših od 100 μm , prične skokovito naraščati. Nanos FFS navadno izvajamo v razmerah stabilne atmosfere (majhen vertikalni temperaturni gradient) s horizontalnimi hitrostmi vetra v prtilehni plasti od 0,1 do 5 m/s, to je od 0,3 do 15 km/h. Pri hitrostih vetra nad 5 m/s FFS naj ne bi nanašali niti ob uporabi antidriftnih šob. Šobe s hidravlično razpršitvijo tekočine ne dajejo uniformnega spektra kapljic, temveč bolj ali manj ozek spekter v nekem velikostnem intervalu. Z obrabo šob se velikostni spekter spreminja, navadno se poveča delež zelo velikih in zelo majhnih kapljic. V zvezi z zanašanjem pri opisovanju lastnosti šob uporabljamo izraz povprečni volumski premer kapljic (angleško VMD: volume median diameter). VMD je statistični parameter v zvezi s premerom kapljic, to ni realni premer kapljice. Statistični parameter VMD50 nam pove, da je v spektru kapljic, ki jih sprosti neka šoba, 50 % sproščene tekočine v obliki kapljic, katerih premer je večji od vrednosti VMD, in da je drugih 50 % sproščene tekočine v obliki kapljic s premerom manjšim od vrednosti VMD. Večja kot je VMD vrednost, manj so kapljice izpostavljene zanašanju. Pomemben parameter šobe je tudi delež kapljic, manjših od 100 μm (Blažič in sod., 2009).

Preglednica 1: Razdelitev kapljic po velikosti v velikostne razrede (British Crop Protection Council, 1985)

Kategorija kapljic	Velikost kapljic VMD (μm)
Zelo majhne kapljice	< 125
Majhne kapljice	125-250
Srednje velike kapljice	250-350
Velike kapljice	350-450
Zelo velike kapljice	450-575
Ekstremno velike kapljice	> 575

4 NOVE IZVEDBE ŠOB

Pri namestitvi škropiva na ciljno površino je ključnega pomena velikost kapljic. Zato se uporabljajo številne konstrukcijske rešitve šob, s katerimi bi na enostaven način dosegli enake velikosti kapljic, oziroma kapljice oblikovali tako, da bi dosegle zaželen namen nanašanja. Eden od teh načinov so tudi šobe, ki delujejo s pomočjo zraka. Slika 35 prikazuje delovanje navedene šobe. V mešalnem prostoru (5) se tekočina in zrak pri veliki hitrosti mešata. Nastala turbolenca zmesi zraka in tekočine, ki se v komori (6) umiri in zajame v prostor valja (7), v katerem je tudi stalni zračni prostor. Homogena zmes zraka in tekočine prihaja skozi odprtino šobe (8) na ciljno površino. Zmes tekočine in zraka se ob izstopu iz šobe razširi in zaradi predhodno stisnjenega zraka pospešeno giblje proti ciljni površini. Večje kapljice, napolnjene z zrakom, so manj občutljive na veter, na ciljni površini se razletijo na drobnejše kapljice. Pri tem pa se boljše razporedijo po površini (Bernik, 2010).



- 1 – vložek, na katerega se namesti šoba z zračnim tokom
- 2 – nosilec šobe
- 3 – odmerni vložek toka tekočine
- 4 – odprtina za dovod zraka
- 5 – zmes tekočine in zraka
- 6 – valj z zračnim prostorom
- 7 – prostor za umiritev zmesi
- 8 – šoba

Slika 5 : Šoba s podporo zraka (Bernik , 2006)

4.1 KRATKE IZVEDBE INJEKTORSKIH ŠOB S PLOSKIM ENOJNIM CURKOM

4.1.1 Lechler IDK 90

Je enodelna šoba z lahko odstranljivim injektorjem, izdelana je iz kemijsko odporne keramike. Ima obstojno zasnovano in ustreza vsem bajonet cap sistemom z 8 mm (\varnothing 12,6 mm). Spekter kapljic je srednje velik (350-450 μm) do grob (450-575 μm). Optimalen tlak uporabe je 2,0–15,0 barov, pršenje pa poteka pod kotom 120/90°. Lecher IDK 90 visoko zmanjša zanašanje z vetrom (Lechler, 2012).



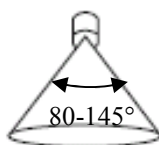
Slika 6: Šoba Lechner IDK 90 (Lechner, 2012)

4.1.2 TurboDrop® TDAN Standard

To je šoba, ki močno zmanjša zanašanje škropilne brozge z vetrom. Nanos FFS se lahko izvaja na nižji višini v primerjavi z drugimi šobami. Uporabna je pri širokem razponu tlaka, njena učinkovitost delovanja je pri tlaku 2–4 bara. Deluje pod kotom 80-145° (Agrotop, 2010).



Slika 7: Šoba TurboDrop® TDAN Standard (Agrotop, 2010)



Slika 8: Razpršilni kot šobe TurboDrop® TDAN Standard (Agrotop, 2010)

4.1.3 Albus[®] AVI 80°

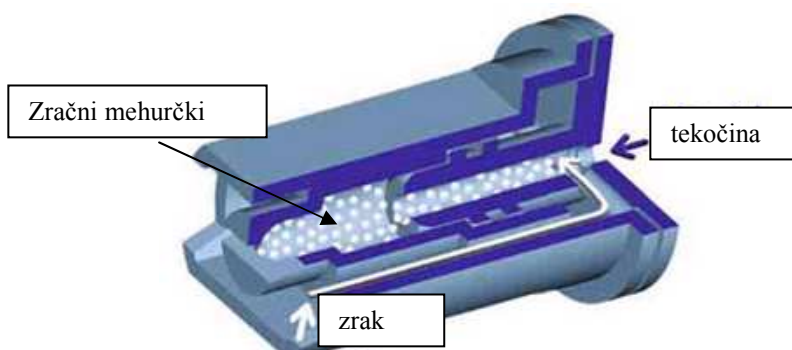
Te šobe imajo veliko možnost zmanjšanja zanašanja škropilne brozge z vetrom. Razprševanje poteka pod kotom 80°. V sadovnjakih zmanjša zanašanje z vetrom kar do 90%. Narejena je iz visoko kakovostne plastike, ki je odporna proti obrabi (Agrotop, 2010).



Slika 9: Šoba Albus[®] AVI 80°(Agrotop, 2010)

4.1.4 AirMix[®] Flat Fan

Gre za dvodelno zasnovano šobo, ki jo lahko odpiramo brez orodja in je brez tesnila. Ima sistem za čiščenje zraka. Velikost kapljice je nastavljiva, od grobih (350 – 450 µm) do finih (< 125 µm) s pomočjo nastavitve tlaka. Do 90% zniža zanašanje z vetrom (Agrotop, 2010).

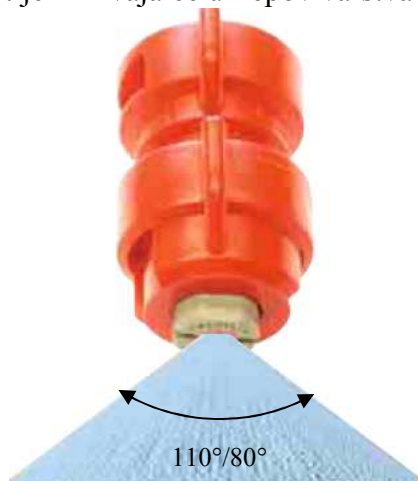


Slika 10: Šoba AirMix[®] Flat Fan (Agrotop, 2010)

4.2 DOLGE IZVEDBE INJEKTORSKIH ŠOB S PLOSKIM ENOJNIM CURKOM

4.2.1 TurboDrop® TD Standard

Šobe odlično znižajo zanašanje škropilne brozge z vetrom. Izdelane so iz trpežne roza keramike, ki preprečuje nastanek obrabe. Njihova lastnost je učinkovito delovanje z uporabo tlaka: FFS 4–10 barov, tekoče gnojilo za 2–3 barov. Pršenje poteka pod kotom $110^{\circ}/80^{\circ}$. Omogočena je enostavna montaža in demontaža, brez uporabe orodja. So odlična rešitev za velike kmetije in izvajalce ukrepov varstva rastlin (Agrotop, 2010).



Slika 11: Šoba TurboDrop® TD Standard (Agrotop, 2010)

4.2.2 TurboDrop® TDXL Standard

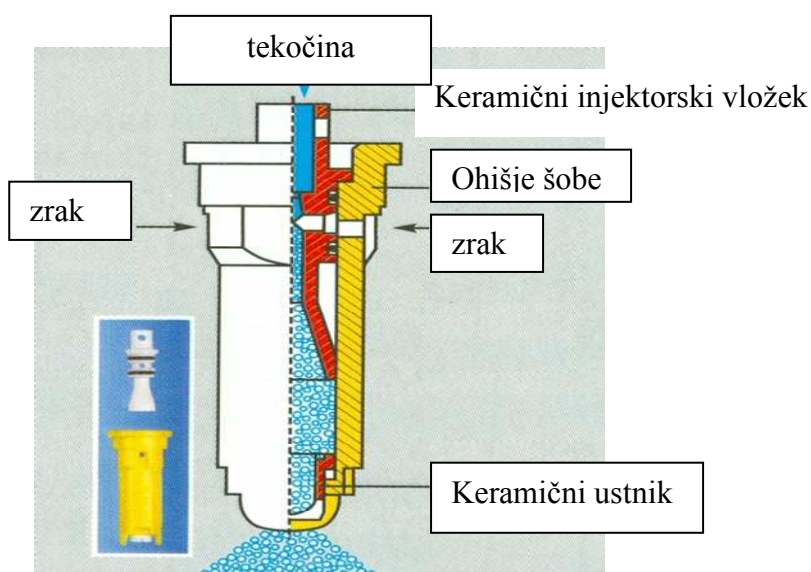
Prednost teh šob je močno zmanjšanje zanašanja škropilne brozge z vetrom, zlasti pri nižjem tlaku. Šoba nudi širok spekter delovanja v smislu tlaka in velikosti kapljic. Učinkovito delovanje z uporabo tlaka: FFS 2–6 barov, tekoče gnojilo za 1–2 bara. Pršenje poteka pod kotom 110° . Enostavna je za čiščenje, saj je sestavljena le iz dveh delov. Največja odpornost proti obrabi je v polovični keramični različici (šobni vložek je prevlečen s keramično prevleko) (Agrotop, 2010).



Slika 12: Šoba TurboDrop® TDXL Standard (Agrotop, 2010)

4.2.3 Lechler ID

Te šobe nudijo izjemno nizko možnost zanašanja škropilne brozge z vetrom, tudi pri višjih tlakih. Najboljše so za herbicide, kjer je zanašanje minimalno oziroma ga naj ne bi bilo. Ustvarja zelo velike kapljice (450 – 575 µm). Kot pršenja je 80/110° (Lechler, 2012).

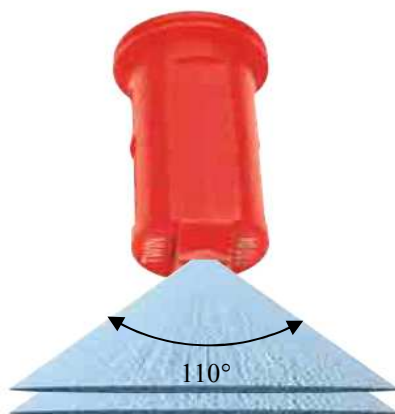


Slika 13: Šoba Lechler ID (Lechler, 2012)

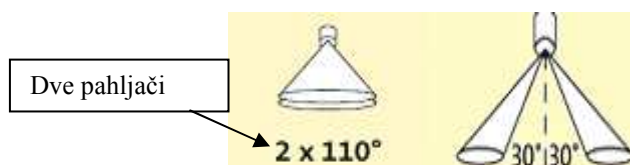
4.3 INJEKTORSKE ŠOBE S PLOSKIM DVOJNIM SIMETRIČNIM CURKOM

4.3.1 Albuz® AVI-TWIN

Albuz® AVI-TWIN omogoča visoko zmanjšanje zanašanja škropilne brozge z vetrom. Ima visoko natančnost in odpornost proti obrabi, vsi keramični deli so izdelani iz močne rožnate keramike, ima pa tudi kratko kompaktno obliko in zato bolje vertikalno pokrije cilje. Uradni preskusi na terenu dokazujejo boljšo učinkovitost nanosa fungicidov. Največja učinkovitost delovanja je pri tlaku 4–7 barov pri 50 cm višine, samo pršenje pa poteka pod kotom 100° v dveh curkih (Agrotop, 2010)



Slika 14: Šoba Albuz® AVI-TWIN (Agrotop, 2010)



Slika 15: Škropilni kot šobe Albuz® AVI-TWIN (Agrotop, 2010)

4.3.2 Lechler IDKT

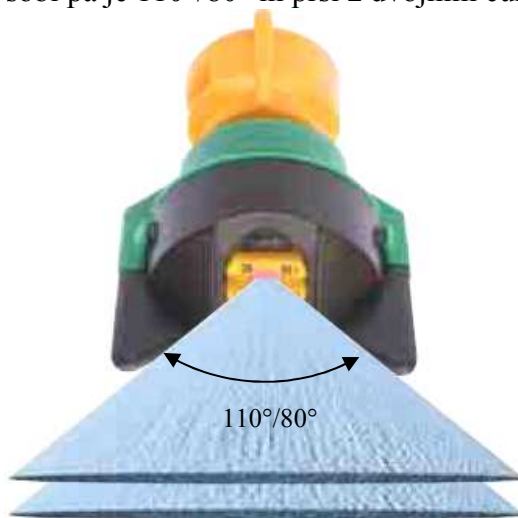
Ena izmed lastnosti Lecher IDKT je zelo majhna možnost zanašanja škropilne brozge z vetrom v primerjavi s konvencionalnimi Twin šobami. Zaradi uporabe dveh ventilatorjev je povečano število kapljic v primerjavi z navadno šobo. Omogoča odlično pokritost na gostem listju in na vertikalnih delov rastlin (steblo, ušesca), prav tako pa je enostavna za čiščenje in zelo majhna je nevarnost zamašitve (Lechler, 2012).



Slika 16: Šoba Lechler IDKT (Lechler, 2012)

4.3.3 TurboDrop® TDDF Standard

Zanje je značilna majhna velikost kapljic ter močno zmanjšanje zanašanja škropilne brozge z vetrom. Prav tako je enostavno čiščenje, demontaža in montaža po zaslugi konstrukcijske izvedbe »bajonet« načina pritrditve. Šoba je idealna za uporabo v vrtnarstvu in ima boljšo pokritost vertikalnih delov rastlin. Njeno učinkovito delovanje je pri uporabi tlaka 5–8 barov, kot pršenja pri tej šobi pa je $110^{\circ}/80^{\circ}$ in prši z dvojnimi curki (Agrotop, 2010).



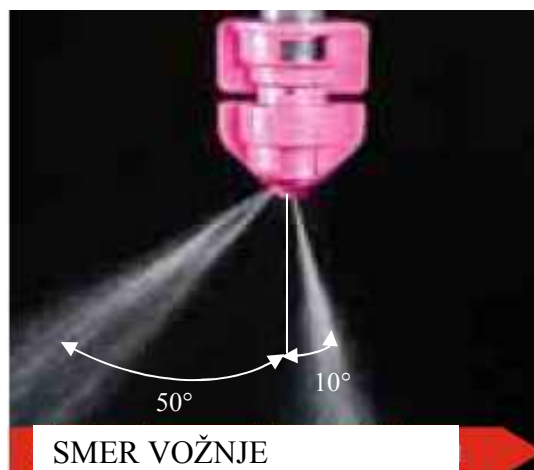
Slika 17: Šoba TurboDrop® TDDF Standard (Agrotop, 2010)

4.4 INJEKTORSKE ŠOBE S PLOSKIM DVOJNIM ASIMETRIČNIM CURKOM

4.4.1 Turbo Drop®HiSpeed Standard

Gre za kompaktno zasnovano šobo, ki ima asimetrično usmerjenost curkov pri škropljenju, zato je posebej priporočljiva pri višjih hitrostih aplikacije. Zanje je značilno tudi visoko zmanjšanje zanašanja škropilne brozge z vetrom in vzdrževanje odlične pokritosti. Idealna je za fungicide in insekticide. Učinkovito deluje pri delovnem tlaku 4–8 barov, sestavljena

je iz keramičnih delov, narejenih iz močne, visoko kakovostne roza keramike. Je enostavna za montažo in demontažo, saj ni potrebno orodje, ima pa tudi izboljšano pokritost vertikalnih in kotnih delov rastlin (Agrotop, 2010).



Slika 18: Šoba TurboDrop®HiSpeed Standard (Agrotop, 2010)

4.5 VRTINČNE ŠOBE

4.5.1 TurboDrop® TDHC Universal

Ta vrsta vrtničnih šob ima majhno velikost kapljic, ki jih prši pod kotom 80° ter odlično zmanjšanje zanašanja škropilne brozge z vetrom. Na voljo je iz trpežne plastike ali na pol keramične. Šobe so odlične za škropljenje v višji vegetaciji, manj pa so primerne za uporabo herbicidov. Priporočljiva je njihova uporaba za pasovno škropljenje, saj so možna nizka tveganja zanašanja in njihova uporaba je zelo natančna po širini. Učinkovito deluje pri tlaku 5–8 barov (Agrotop, 2010).



Slika 19: Šoba TurboDrop® TDHC Standard (Agrotop, 2010)

4.5.2 Lechler ITR

Njeno delovanje je v rangu tlaka od 3 – 30 barov. Zelo malo se obrabi, saj je narejena iz odporne keramike. Spekter kapljic, ki jih tvori, je od grobega (450 – 575 μm) do zelo grobega (> 575 μm). Ima izjemno nizek potencial zanašanja z vetrom (Lechler, 2012).



Slika 20: Šoba Lechler ITR (Lechler, 2012)

4.5.3 Albuz TVI

Šoba TVI je keramična šoba z votlim stožčastim curkom in grobim spektrom kapljic (450 – 575 μm) ter s škropilnim kotom 80° in s predkompresijsko komoro in sesanjem zraka za povečanje velikosti kapljic (Agrotop, 2010).



Slika 21: Šoba Albuz TVI (Agrotop, 2010)

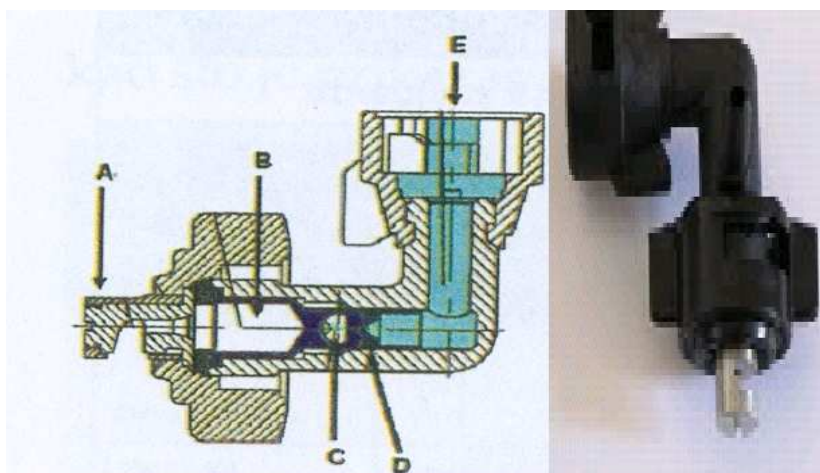
4.6 POTISNI SISTEM ŠKROPLJENJA ZRAK–VODA (JOHN DEERE TWIN FLUID SISTEM)

Ta tehnični sistem je mogoče prikazati z več ugotovitvami večjega števila tujih avtorjev, kot so (Banaj in sod.,2010):

- Sistem zagotavlja natančno uporabo, značilni so majhni odmerki za optimalno pokrivanje površine z minimalnim zanašanjem.
- Večja površinska zmogljivost škropljenja s tem sistemom omogoča dovolj časa za dokončanje celotne zaščite rastlin na velikih posestvih pod optimalnimi agrotehničnimi pogoji.
- Enostavno je prilagajanje velikosti kapljic, od zelo velikih do malih, za delo v vseh vremenskih pogojih, to je pri višjih hitrostih vetra.

- Z uporabo večjih kapljic zmanjšuje zanašanje in s tem dodatno onesnaževanje okolja.
- Pravilen spekter kapljic, brez variacij velike ali male, zagotavlja enakomerno porazdelitev kapljic na tretirane površine.
- Senzor spremlja hitrost vetra in pošilja spremembe na računalnik, da ta izbere pravilno velikost kapljic.
- Na šobi obstaja "Green Star" naprava, ki ima stalni nadzor nad tlakom tekočine in zračnim tlakom, oziroma kakršnakoli sprememba tlaka ne vpliva na velikost kapljic.

Načelo delovanja sistema lahko poveča hitrost kapljice, ki omogočajo pršenje majhnih kapljic, pri nižjih odmerkih poraba 80-150 l/ ha. Enostavno pride do mešanja tekočine in zraka v šobi, prav tako lahko "Twin Fluid" šobi nastavite zračni tlak in tlak tekočine. Prikaz dela in sestava škropilnice "John Deere Twin Fluid" je prikazan na spodnji sliki (slika 22).



Slika 22: Šoba John Deere Twin fluid (Banaj, 2010)

Oznaka A prikazuje širok izhodni kot šobe, oznaka B prikazuje komoro, v kateri se meša zrak in tekočina. Z oznako C je označena cev, po kateri prihaja zrak pod tlakom. Če je večji tlak, se ustvarjajo manjše kapljice, če pa je tlak manjši, se ustvarjajo večje kapljice. Zato se zračni tlak prilagodi glede na vremenske razmere in potrebe aplikacij, odvisno od tega, ali zdravimo boleznimi ali pleveli. Za pleveli moramo zmanjšati tlak, za tretiranje boleznimi morajo biti manjše kapljice, saj ima večja površina boljše pokritje za uničenje boleznimi na celotni rastlini. Oznaka D prikazuje merilo za merjenje pretoka tekočine, oznaka E pa prikazuje tekočino, ki pride iz rezervoarja škropilnice. Kompressor, nameščen na sprednji strani, zagotavlja konstanten tlak v širokem pasu delovanja. Zelo pomembno je, da je sesalni ventil povezan s zračnim čistilcem, ki omogoča, da vstopa samo čist zrak. To zmanjšuje nevarnost zamaševanja in poškodbe kompresorja (Banaj in sod., 2010).



Slika 23: Kompresor za delovanje šob John Deere Twin fluid (Banaj, 2010)

5 KAKOVOST NANOSA FFS NA CILJNO POVRŠINO

5.1 NANOS FFS NA KROMPIR

Nanos na ciljno površino je odločilen dejavnik pri škropljenju s FFS. S spreminjanjem velikosti kapljic, porabe vode na hektar, tlaka in vozne hitrosti je možno vplivati na samo kakovost nanosa na ciljno površino. Rastlina krompirja ima drugačno morfologijo od drugih kulturnih rastlin. Indeks listne površine (LAI) znaša 4. Ima veliko stebel in listov v različnih etazah, ki se med sabo prekrivajo, kar pomeni težave pri prodiranju FFS skozi rastlinski sestoj in nanosu. Pri nanosu je potrebno čim bolj enakomerno pokriti vse rastlinske dele. Listi in stebela krompirja so dlakavi ter imajo voščeno prevleko, kar je dobro za nanos škropiva. Nima pa ta voščena prevleka še dodatne epikutikularne voščene obloge, kot je to pri ostalih kulturnih rastlinah (npr. oljni ogrščici). Kapljice škropiva se ob dotiku dobro oprimejo listne površine in se na koncu razporedijo. Pri tem ni nevarnosti, da bi se kapljice odbile od listov ali odtekle (Luckhard in Brune, 2011).

Luchard in Brune sta primerjala šobe ID, HiSpeed, AVI-TWIN in IDKT z oznako 04 in 02. Poraba vode je znašala 350 in 150 l/ha. Ugotovila sta, da je na zgornjih dveh tretjinah rastline boljša kakovost nanosa kot na spodnji. Šobe z dvojnimi curki IDKT so imele boljši nanos kot ostale. Odstotek pokritosti je bil pri šobah z dvojnimi curki HiSpeed, AVI-TWIN in IDKT višji kot pri šobi z enojnim curkom ID. Pri porabi vode 150 l/ha je bila zaradi manjšega števila kapljic slabša pokritost kot pri porabi vode 350 l/ha. Kljub temu, da je bil povprečen volumski premer kapljic (VMD) pri uporabljenih šobah zelo velik oz. velik, je bil nanos na liste dober zaradi posebne strukture površine lista pri krompirju. Pri porabi vode 350 l/ha je bil boljši nanos FFS kot pri porabi vode 150 l/ha. Ob tem je bila masa odtisov kapljic na zgornji tretjini rastline zaradi manjšega števila velikih kapljic relativno velika, medtem ko je bil odstotek pokritosti majhen, pri tem sta ugotovila boljši nanos pri uporabi injektorskih šob z dvojnimi curki in pri porabi vode 350 l/ha kot pri injektorskih šobah z enojnim curkom (Luckhard in Brune, 2011).

Pri dobrih pogojih za škropljenje škropivo ne ostane popolnoma na ciljni površini. Če so pogoji za škropljenje slabši, potem pride do slabe škropilne obloge na ciljni površini. Pri tem je potrebno uporabiti pravo količino vode in pravi odmerek FFS. Zahtevana količina vode in zahtevan odmerek FFS pomeni dobro škropilno oblogo na ciljni površini in je osnovni pogoj za željeno delovanje FFS. Zmanjšana količina vode na hektar pomeni manjše število kapljic in manjšo škropilno oblogo na ciljni površini. Pri enakem odmerku

na hektar in nižji porabi vode se poveča koncentracija FFS v posamezni kapljici in obstaja tudi nevarnost, da bodo kapljice zgrešile ciljno površino. To velja predvsem za majhne plevelce. Tudi pri uporabi kontaktnih pripravkov je potrebna dobra pokritost ciljne površine. Pri tem mora poraba vode znašati najmanj 250 do 300 l/ha. To velja tudi za sistemične fungicide in herbicide, ki morajo priti skozi goste rastlinske sestoje do ciljne površine (Brune, 2011).

5.2 NANOS FFS NA OZIMNO PŠENICO

V zadnjem času se zaradi večanja površinske storilnosti pri škropljenju s fungicidi v ozimni pšenici uporabljajo visoke vozne hitrosti nad 10 km/h in nizka poraba vode pod 200 l/ha. Pri tem se uporabljajo dvojne injektorske šobe. Kramer (2010) navaja, da je bila pri škropljenju ozimne pšenice z injektorsko šobo z dvojnimi curki pri hitrosti 14 km/h in porabi vode 100 l/ha zelo slaba pokritost spodnjih listov oz. je sploh ni bilo. Splošna ugotovitev je bila, da je pri višji hitrosti in nizki porabi vode slabša učinkovitost fungicidov (Kramer, 2010).

Na trgu se v zadnjem času pojavljajo injektorske šobe z dvojnimi asimetričnimi curki. Te šobe omogočajo boljšo pokritost sprednjih in zadnjih delov klasa pri voznih hitrostih do 16 km/h. Ob tem je omogočeno boljše prodiranje v rastlinski sestoj in večja površinska storilnost. Zaradi boljše pokritosti je boljša učinkovitost kontaktnih insekticidov (Agrotop, 2010). Zelo malo pa je primerjav z uporabo standardnih šob in njihovo biološko učinkovitostjo.

Kryger-Jensen in sod. (2001) so primerjali biološko učinkovitost sistemskih fungicidov pri uporabi šob z zmanjšanim zanašanjem s standardnimi šobami pri zatiranju bolezni listov v ozimni pšenici. Razlike v biološki učinkovitosti med različnimi izvedbami šob so bile zelo majhne. Na listu zastavičarju je bila večja količina depozita FFS kot na 3 listu od vrha rastline navzdol, vendar to ni vplivalo na biološko učinkovitost. V nekaterih primerih so dobili slabšo biološko učinkovitost pri uporabi šob z zmanjšanim zanašanjem, ki so imele srednje do velike kapljice.

Cooke in sod. (1990) so ugotovili bolj enakomerno porazdelitev kapljic pri uporabi škropilnic z zračno podporo in vrtničnimi šobami z majhnimi kapljicami kot pri uporabi standardne škropilnice s standardnimi šobami z večjimi kapljicami.

Knewitz in Koch (2010) sta ugotovila pri uporabi injektorskih šob z dvojnimi simetričnimi curki (30° naprej, 30° nazaj) boljšo pokritost kot pri injektorskih šobah z enojnim curkom. To velja tako za list zastavičar kot tudi za nižje ležeče liste. Injektorska šoba z dvojnimi asimetričnimi curki (10° naprej, 50° nazaj) je dosegla boljšo pokritost na listu zastavičarju in na prvem listu nižje kot pa injektorska šoba z dvojnimi simetričnimi curki. Pri slednji je bila dosežena boljša pokritost na najnižje ležečih listih pšenice.

Permin in sod. (1992) so ugotovili, da je bila pri uporabi standardnih šob boljša pokritost zgornjega dela rastline kot pri uporabi šob z zmanjšanim zanašanjem z dvojnimi curki. Pri slednjih je bila predvsem slabša pokritost lista zastavičarja in zgornjega dela rastline.

Kljub temu ni bilo značilnih razlik v biološki učinkovitosti fungicidov pri zatiranju žitne pepelaste plesni in rumene rje.

Kramer (2010) je primerjal injektorske špranjaste šobe z enojnim curkom in injektorske špranjaste šobe z dvojnimi asimetričnimi curki pri nanosu fungicidov v ozimni pšenici. Na zgornjem delu rastline so pri šobi z dvojnimi asimetričnimi curki dosegli boljšo pokritost, na spodnjem delu rastline pa je bila boljša pokritost pri uporabi šobe z enojnim curkom. Posebej na spodnjih listih se je pri slabši pokritosti pojavila močnejša okužba z listno pegavostjo pšenice (*Septoria tritici*).

6 SKLEPI

Povečanje velikosti kmetij, težnja po večji gospodarnosti pridelave in vedno bolj kemično usmerjenemu varstvu rastlin zahtevajo sodobne škropilnice z veliko površinsko storilnostjo v kratkem času. Sem sodi tudi uporaba sodobnih škropilnih šob. Univerzalne standardne šobe ne izpolnjujejo več zahtev glede zanašanja škropiva z vetrom, zato jih bodo zamenjale injektorske šobe.

Na trgu obstaja veliko različnih izvedb sodobnih šob, za katere pa ne vemo natančno, kakšna je njihova kvaliteta nanosa na ciljno površino pri različnih kmetijskih rastlinah in pri različnih pogojih. Zaradi tega je bilo opravljenih kar nekaj poskusov. Predvsem na ozimni pšenici in jedilnem krompirju, kjer so ugotavljali kakovost nanosa FFS na ciljno površino pri uporabi različnih izvedb šob.

Ugotovitve teh poskusov pa so sledeče:

- Pri sodobnem škropljenju je uporaba injektorskih šob nujna.
- Prednost teh šob pred standardnimi je predvsem v zmanjšanem zanašanju škropilne brozge z vetrom.
- Za posamezna škropljenja so na voljo posebne izvedbe injektorskih šob.
- Pri kratkih izvedbah injektorskih šob je manjša velikost kapljic kot pri daljših izvedbah injektorskih šob.
- Pri škropljenju s herbicidi se uporabljajo injektorske šobe z enojnim ploskim curkom.
- Injektorske šobe z dvojnimi simetričnimi in asimetričnimi curki se uporabljajo za škropljenje žita v klas, kjer dosegajo boljši nanos tako na sprednji kot tudi na zadnji strani klasa.
- Injektorske vrtnične šobe se v poljedelstvu uporabljajo večinoma pri škropljenju s fungicidi.
- Pri izbiri ustrezne šobe za škropljenje je potrebno poznati željeno velikost kapljic pri tlaku škropljenja.

7 VIRI

- Banaj Đ., Tadić V., Banaj Ž., Lukač P. 2010. Unapređenje tehnike aplikacije pesticida. Osijek, poljoprivredni fakultet u Osijeku: 217 str.
- Bernik R. 2006. Tehnika v kmetijstvu: mehanična nega in oskrba ter kemično varstvo rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 168 str.
- Brune R.A. 2011. Wassermenge perfekt abstimmen. DLZ Agrarmagazin, 4: 82–85
- Blažič M., Bolčič T. M., Bukovec P., Drofelnik J., Fatur T., Jukić S.L., Koprivnikar B.M., 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: 303–311
- Kramer H, Sonderdruck aus den DLG-Mitteilungen 1/2010, Weniger Wasser, weniger Mittel.
<http://www.turbodrop.de/Downloads/Sonderdruck%20aus%20den%20DLG-Mitteilungen%20Jan2010.pdf>
- Kryger-Jensen P., Nilstrup L., Kirknel E 2001. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. Crop Protection 20: 57–64
- Knewitz H., Koch H. 2010 Was die neuen Düsen bringen? Sonderdruck aus den DLG-Mitteilungen 3/2010.
http://bd2.lv-h.de/dlgarchiv/volltext/DLG_SD_016_019_0610.pdf
- Lešnik M. 2007. Tehnika in ekologija zatiranja plevelov. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 243 str.
- Lešnik M., Malovrh M., Šarc L., Vranac S., Van der Gerst B. 2009. Gradivo za usposabljanje prodajalcev FFS in izvajalcev varstva rastlin, Ljubljana, 2009
<http://http://www.furs.si/svn/ffs/files/GRADIVO-USPOSABLJANJE-FITOMEDICINA2009.pdf>
- Luckhard J., Brune R. 2011. Kartoffel rundum schützen. Kartoffelbau, 4: 18–23
- Permin O., Jorgensen L.N., Persson K. 1992. Deposition characteristics and biological effectiveness of fungicides applied to winter wheat and the hazard of drift when using different types of hydraulic nozzles. Crop Protection 11: 541–546
- Schenk S. 2009. Top Agrar Österreich: Das Magazin für moderne Landwirtschaft. Münster: 156 str.

Rednak J. Konstrukcijske izvedbe šob ...in njihov nanos na ciljno površino.

Dipl. projekt (UN). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2012

Agrotop, Spray Technology, 2010.

<http://www.agrotop.com/?lang=de&navid=2&contentid=1&keyid=1&infos=7>

Lechner, Spray Tehnology, 2012

http://www.lechlerusa.com/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/LechlerUS-Shop-Site/en_US/-/USD/L3_ApplicationFrame-Start

ZAHVALA

Za mentorstvo, strokovne nasvete in pomoč se zahvaljujem prof. dr. Rajku Berniku in recenzentu prof. dr. Franciju Acu Celarju. Posebna zahvala pa gre tudi asistentu dr. Filipu Vučajniku, za njegovo prizadevanje in pomoč.