

Aleksandar MEŠIĆ, Ivan JURAN, Ivana PAJAČ ŽIVKOVIĆ

*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
amesic@agr.hr*

IZBOR SAPNICA (DIZNI) ZA POSTIZANJE OPTIMALNE APLIKACIJE PESTICIDA

SAŽETAK

Za uspješnu aplikaciju pesticida potrebno je ravnomjerno distribuirati aktivnu tvar na ciljani objekt – dijelove uzgajane biljke ili štetne organizme, katkad i po tlu. Pritom je važno izbjeći zanošenje pesticida u obliku egzo- i endo-drifta. Da bi se to postiglo, potrebno je optimizirati utrošak škropiva, veličinu kapljica i oblik mlaza kojim se prska. Aplikaciju pesticida potrebno je prilagoditi vrsti i fenofazi razvoja biljke koju se štiti, odnosno vrsti i razvojnom stadiju štetnog organizma koji se suzbija. U ovom radu ukratko su prikazani kriteriji za izbor sapnica, njihova svojstva i označavanje.

Ključne riječi: utrošak škropiva, kapacitet, označavanje sapnica, oblik mlaza, veličina kapljica, zanošenje pesticida.

UVOD

Cilj aplikacije pesticida jest distribuirati sredstvo za zaštitu bilja (pesticid) u optimalnoj količini po ciljanom objektu – dijelovima uzgajane biljke ili štetnim organizmima, katkad i tlu, uz što manje gubitke. Gubitkom se pritom može smatrati i pesticid koji dospije na biljku koja se tretira, ali ne dospije na željeni cilj tretiranja, primjerice na naličje lista. U praksi se gubitci pri primjeni pesticida obično nazivaju zanošenje pesticida ili drift (engl. *spray drift*), a uzrokuju ih nepravilna primjena pesticida i vremenske prilike (poput temperaturnih inverzija i smanjivanja veličine kapljica zbog evaporacije) (Elliott i Wilson, 1983). Uz izbjegavanje tretiranja pri nepovoljnim vremenskim prilikama, na smanjenje drifta može se utjecati fizikalno-kemijskim svojstvima škropiva (pesticida dispergirano u vodi) - viskoznost i dinamična površinska napetost (Dexter i sur., 1998) te ispravnim korištenjem opreme za aplikaciju pesticida (Spray Drift Taskforce, 1977).

U zanošenju pesticida ili driftu može se razlikovati egzo-drift i endo-drift. Endo-drift se može opisati kao distribucija škropiva izvan tretirane površine, a endo-drift kao pojava (gubitak) pri kojoj pesticid dopijeva na tretiranu površinu, ali ne i na cilj tretiranja (primjerice kada kapljice škropiva dopijevaju u prostor između biljaka ili na organe koji nisu predviđeni za tretiranje) (Himel, 1974). Nastanku egzo-drifta pogoduje aplikacija sitnijih kapljica škropiva, pogotovo za vjetrovita vremena, a njegova je posljedica kontaminacija okolnih

površina pesticidima. Ako se na okolnim površinama uzgajaju druge biljne kulture, postoji rizik od izazivanja fitotoksičnosti, pogotovo zbog nepravilne primjene herbicida. Smanjivanje egzo-drifta može se postići primjenom krupnijih kapljica škropiva. Tada raste rizik od pojave endo-drifta, koji je volumenski puno veći i može uzrokovati znatnu kontaminaciju okoliša pesticidima, pogotovo tla i podzemnih voda.

Posljedice svakog drifta uvijek su negativne, a mogu utjecati i na učinkovitost mjere zaštite bilja koja se provodi. Drift osim ekološkog nosi i financijski rizik. Da bi se ti rizici što više smanjili, potrebno je postići što učinkovitiju distribuciju kapljica pesticida do ciljanog objekta tretiranja. To se može postići ako se vodi računa o optimalnom broju (i veličini) kapljica škropiva (Matthews, 2000). Veličinu i broj kapljica prilagođava se:

- svojstvima i namjeni pesticida,
- vrsti štetnih organizama koji se suzbijaju i
- svojstvima tretirane biljke.

Za odabir tehnike i vremena aplikacije važan je način djelovanja pesticida. Insekticidi mogu djelovati na kukce kontaktno, putem probave (uneseni hranjenjem) ili inhalacijski. Fungicidi i herbicidi mogu djelovati kontaktno ili biti učinkoviti zbog sistemičnog kretanja prema vršnim dijelovima biljke, mogu se translocirati kroz listove ili se translocirati prema podzemnim dijelovima biljke (poput glifosata). Optimalni rok primjene važniji je za pesticide koji se brzo razgrađuju nego za perzistentnije pesticide. U svakom slučaju, pesticidi koji se brže razgrađuju imaju kraću karencu te su prikladniji za primjenu kada preostaje manje vremena do berbe ili žetve.

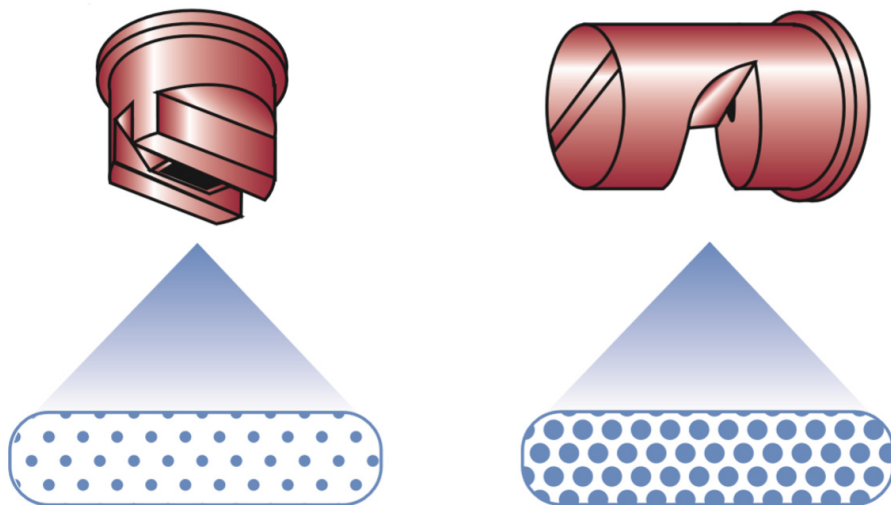
Pri određivanju parametara aplikacije pesticida posebno treba voditi računa o tipu pesticida (sredstva za zaštitu bilja) koji se planira koristiti – jesu li sistemični (translokacijski) ili kontaktni. Uspjeh djelovanja kontaktnoga sredstva za zaštitu bilja uvelike ovisi o kvalitetnoj distribuciji kapljica pesticida po tretiranoj površini; znatno više nego za translokacijske pesticide. Zato se u primjeni kontaktnih insekticida i fungicida primjenjuju sitnije kapljice nego pri aplikaciji sistemičnih insekticida i fungicida. Zbog moguće pojave egzo-drifta pri primjeni herbicida postoji visok rizik za izazivanje fitotoksičnosti te se za aplikaciju herbicida koriste krupnije kapljice nego pri aplikaciji insekticida i fungicida. Razlika u aplikaciji herbicida u odnosu na aplikaciju insekticida i fungicida jest u tome što su herbicidi namijenjeni suzbijanju (neželjenih) biljaka, a insekticidi i fungicidi služe zaštiti biljaka od štetnih organizama. Stoga distribucija insekticida i fungicida po objektu tretiranja obično mora biti kvalitetnija nego distribucija herbicida što se postiže sitnijim kapljicama.

TIPOVI SAPNICA (DIZNI)

U fitomedicini se najčešće provodi aplikacija pesticida pomoću tlačne atomizacije škropiva, pri čemu je neizostavna primjena sapnica (engl. *nozzle*;

njem. *Düse, Spritzdüse*) koje se najčešće u nestandardnom i stručnom jeziku nazivaju dizne. Sapnice (dizne) je moguće klasificirati prema različitim kriterijima: prema obliku mlaza, prema promjeru (veličini) kapljica, prema kapacitetu (koliko litara škropiva protječe kroz sapnicu u minuti) i dr. Osnovna podjela sapnica je prema obliku mlaza, pri čemu se razlikuju sapnice koje tvore lepezasti mlaz (engl. *flat-fan*) i sapnice koje tvore konusni (engl. *cone*) mlaz.

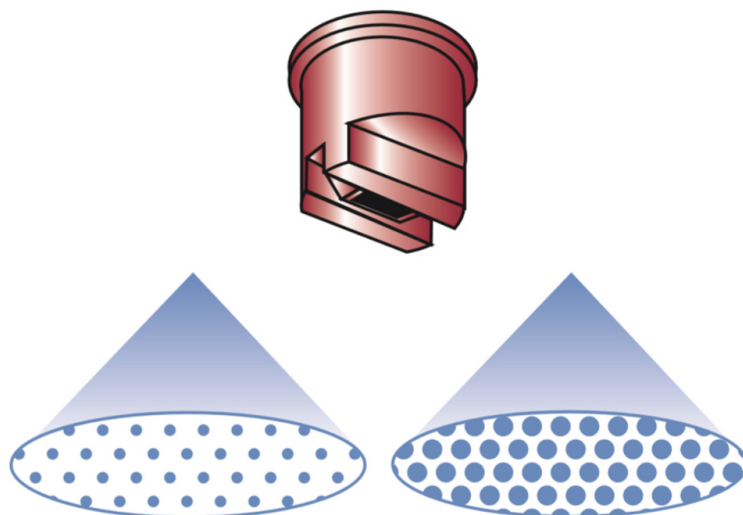
Lepezasti mlaz obično se koristi u ratarstvu i za aplikaciju herbicida krupnijim kapljicama (slika 1.). Za raspršivanje lepezastim mlazom obično se koriste standardne spljoštene sapnice, koje isprva stvaraju nizove kapljica koji se dezintegriraju na pojedinačne kapljice. Kut izlaska mlaza iz takvih sapnica obično je 110° . Površina koju pokriva takav mlaz ima oblik spljoštene elipse. Takav mlaz može nastati i korištenjem deflektirajućih (odbijajućih) sapnica (slika 1). Takve sapnice tvore krupnije kapljice veće od $250 \mu\text{m}$ volumnog medijalnog promjera (engl. *Volume Median Diameter - VMD*) (Southcombe i Seaman, 1990; Matthews, 2000).



Slika 1. Standardna lepezasta (lijevo) i deflektirajuća sapnica (dizna) za lepezasti mlaz (desno) (orig.)

Figure 1. Standard fan (left) and deflector nozzle (right) (orig.)

Da bi se smanjio rizik od pojave egzo-drifta razvijene su (lepezaste) sapnice prilagođene radu pri tlaku od 1 do 3 bara, koji je niži od tlaka za standardne lepezaste sapnice, a da se na taj način ne umanjí ravnomjernost distribucije (Matthews, 2000; 2006). Na slici 2. prikazan je mlaz koji nastaje u radu s višim (lijevo) i nižim tlakom (desno). S višim tlakom postiže se mlaz sa sitnijim kapljicama, a s nižim tlakom mlaz s krupnijim kapljicama.

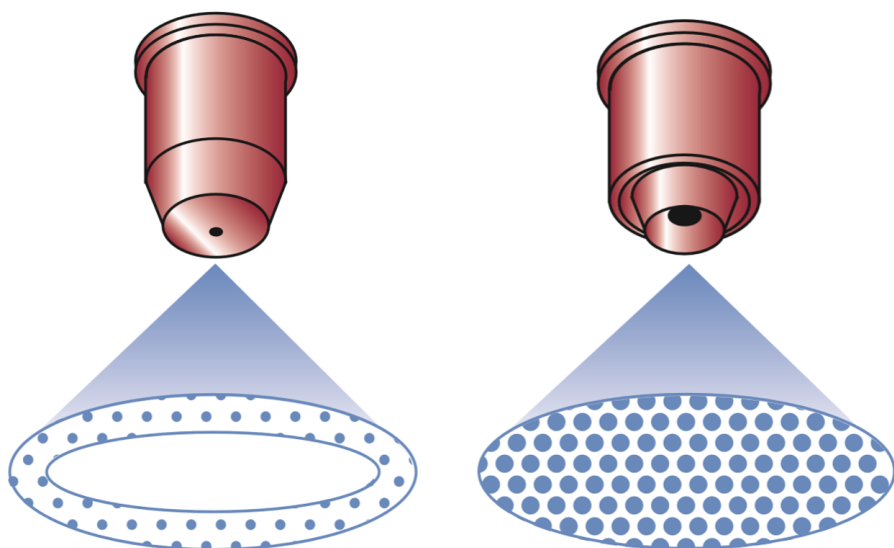


Slika 2. Sapnica (dizna) za rad s višim (lijevo) i nižim tlakom (desno) (orig.)

Figure 2. Low pressure fan nozzle working on higher (left) and lower pressure (right) (orig.)

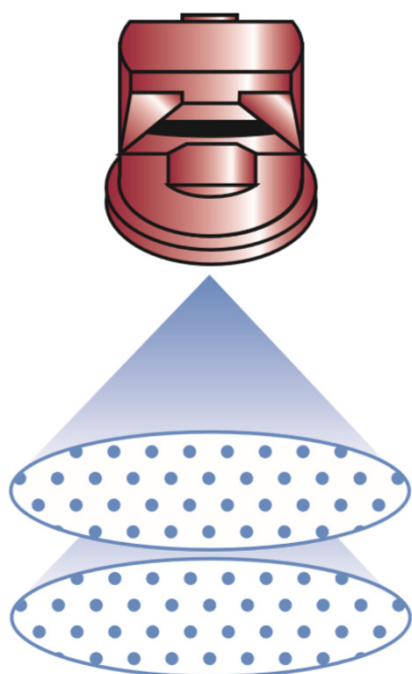
Da bi se dodatno smanjio rizik od pojave egzo-drifta i omogućila aplikacija pesticida čak i pri (umjereno) vjetrovitom vremenu ili pri višoj brzini kretanja prskalice u radu, konstruiran je poseban tip sapnica s injektiranim zrakom, pri čemu nastaju vrlo krupne kapljice, čime se značajno smanjuje i broj kapljica po jedinici površine u odnosu na tretiranje standardnim lepezastim sapnicama i sapnicama za rad pri niskom tlaku. Takve sapnice imaju lateralno jedan ili više otvora kroz koje se u radu usisava zrak prema Venturijevu načelu, a što rezultira stvaranjem krupnih kapljica koje sadrže jedan ili više „mjehurića“ zraka. Primjenom takvih „mjehurića“ postiže se neravnomjerna pokrivenost tretirane površine, ali ona je ipak pri vjetru brzine od 4 m/s bolja nego kod korištenja standardnih lepezastih sapnica (Matthews, 2000). Korištenjem takvih sapnica značajno se smanjuje rizik pojave egzo-drifta, ali povećava se rizik od endo-drifta, pogotovo pri tretiranju trava.

Konusni mlaz obično se koristi u voćarstvu i vinogradarstvu te za primjenu insekticida i fungicida. Nastaje u sapnicama koje imaju vrtložnik (jedan ili više njih) u kojem se škropivo rotira velikom brzinom tvoreći konusni mlaz (slika 3.). Takav mlaz obično čine sitnije kapljice od kapljica u lepezastom mlazu (Southcombe i Seaman, 1990; Matthews, 2000).



Slika 3. Sapnice (dizne) sa šupljim konusnim mlazom (lijevo) i punim konusnim mlazom (desno) (orig.)

Figure 3. Hollow cone nozzle (left) and solid cone nozzle (right) (orig.)



Slika 4. Sapnica (dizna) s dvostrukim otvorom (orig.)

Figure 4. Twin nozzle (orig.)

U novije vrijeme sve se više koriste se i sapnice s dvostrukim otvorom (slika 4.). Mlazovi koji nastaju korištenjem ovih sapnica usmjereni su u dva različita smjera - jedan mlaz usmjeren je pod kutem od 30° u smjeru kretanja prskalice, a drugi je usmjeren pod kutem od 30° u smjeru suprotnom od smjera kretanja prskalice. Na taj način postiže se kvalitetnija distribucija sitnijih kapljica škropiva po tretiranim biljkama nego pri korištenju standardnih sapnica.

OZNAČAVANJE SAPNICA (DIZNI)

Svaki proizvođač sapnica ima svoj vlastiti način označavanja oblika mlaza sapnica. Kratice koje se pri tome koriste prikazane su u tablici 1., a primjer izbora dizni prema predviđenoj namjeni u tablici 2.

Tablica 1. Oznake koje se nalaze na sapnici (dizni) (prilagođeno prema Matthews, 2000)

Table 1. Code for describing nozzles (Matthews, 2000)

Oznaka	Tip sapnice (dizne)	Kut prskanja	Kapacitet	Radni tlak
F	Standardna lepezasta	označen u	označen u	obično je 3
FE	Lepezasta s ravnomjernom distribucijom	stupnjevima (ako je poznat)	litrama u minuti	bara, ali neke LP
RD	Smanjeni drift			sapnice rade na 1 bar
LP	Lepezasta s niskim tlakom			
AI	Sapnice s uključivanjem zraka			
D	Deflektirajuće			
HC	Šuplji konusni mlaz			
FC	Puni konusni mlaz			

Tablica 2. Primjeri preporuka za izbor sapnica (dizni) s obzirom na očekivanu učinkovitost aplikacije (MSU, 2018)

Table 2. Examples of recommendations for selecting nozzles with regard to the expected performance of the application (MSU, 2018)

	Standardna lepezasta sapnica	Sapnica s dvostrukim otvorom („twin“)	Sapnica za šuplji konusni mlaz	Sapnica za puni konusni mlaz
Herbicidi				
pre-em*	vrlo dobra	dobra		dobra
post-em**	– dobra	vrlo dobra	vrlo dobra	
kontaktni				
post-em	– vrlo dobra	dobra		
sistemični				
Fungicidi				
kontaktni	dobra		dobra	
sistemični	vrlo dobra			
Insekticidi				
kontaktni		vrlo dobra	vrlo dobra	
sistemični	vrlo dobra			
Regulatori rasta biljaka	dobra			vrlo dobra

*pre-em (engl. *pre-emerge*) – prije nicanja korova; **post-em (engl. *post-emerge*) – poslije nicanja korova

VELIČINA (PROMJER) KAPLJICA

Spektar veličine kapljica u mlazu koji proizvode sapnice iznimno je važan pri izboru sapnica, a vrlo poželjno je da bude ujednačen. O veličini (promjeru) kapljica ovisi struktura pokrivenosti cilja tretiranja pesticidom (i učinkovitost u suzbijanju različitih štetnih organizama), ali i rizik od zanošenja i evaporacije (oba se povećavaju sa smanjenjem promjera kapljica).

O volumnom medijalnom promjeru (VMD) kapljica škropiva ovisi gustoća kapljica odnosno pokrivenost tretirane površine pesticidom, za što je primjer prikazan u tablici 3.

Tablica 3. Teoretska gustoća kapljica pri ravnomjernoj distribuciji 1 litre na 1 ha (prilagođeno prema Matthews, 1979)

Table 3. Theoretical droplet density when spraying 1 litre evenly (Matthews, 1979)

Promjer kapljica (µm)	Broj kapljica po cm ²
10	19099
20	2387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1000	0,019

Spektar veličine kapljica klasificiran u Standardu 572.1 od American Society of Agricultural & Biological Engineers (ASABE) prikazan je usporedno s približnim rasponom VMD kapljica u tablici 4.

Tablica 4. Spektar veličine kapljica klasificiran u Standardu 572.1 od American Society of Agricultural & Biological Engineers (prilagođeno prema ASABE, 2018)

Table 4. American Society of Agricultural & Biological Engineers - ASABE S572.1 Droplet Size Classification (ASABE, 2018)

Kategorija kapljica	Simbol i značenje	Oznaka bojom	Približan raspon VMD
ekstremno sitne	XF (engl. <i>extremely fine</i>)	ljubičasta	<60 µm
vrlo sitne	VF (engl. <i>very fine</i>)	crvena	60-145 µm
sitne	F (engl. <i>fine</i>)	narančasta	145-225 µm
srednje	M (engl. <i>medium</i>)	žuta	226-325 µm
krupne	C (engl. <i>coarse</i>)	plava	326-400 µm
vrlo krupne	VC (engl. <i>very coarse</i>)	zelena	401-500 µm
ekstremno krupne	XC (engl. <i>extremely coarse</i>)	bijela	501-650 µm
ultra krupne	UC (engl. <i>ultra coarse</i>)	crna	>650 µm

Izbor sapnica kategoriziranih u tablici 4. ovisi o namjeni za koju se koriste, za što je primjer prikazan u tablici 5.

Tablica 5. Izbor sapnica (dizni) prikladnih za različite namjene (prilagođeno prema Hipkins i Griss, 2014)

Table 5. Droplet range for application/pest control (Hipkins i Griss, 2014)

Primjena	Kategorija sapnica prema VMD	Približni VMD kapljica
Fungicid		
folijarno - preventivno ili kurativno	srednja (M)	226-325 μm
Insekticid		
folijarno - kontaktni ili želučani	srednja (M)	226-325 μm
inskticid		
folijarno – sistemik	krupna (C)	326-400 μm
zemljišni – sistemik	krupna (C)	326-400 μm
zemljišni – sistemik	vrlo krupna (VC)	401-500 μm
zemljišni – sistemik	ekstremno krupna (EC)	501-650 μm
zemljišni – sistemik	ultra krupna (UC)	>650 μm
Herbicid		
folijarno – post-em kontaktni	srednja (M)	226-325 μm
folijarno – post-em sistemični	krupna (C)	326-400 μm
zemljišni herbicid / pre-em – sistemik	krupna (C)	326-400 μm
zemljišni herbicid / pre-em – sistemik	vrlo krupna (VC)	401-500 μm
zemljišni herbicid / pre-em – sistemik	ekstremno krupna (EC)	501-650 μm
zemljišni herbicid / pre-em – sistemik	ultra krupna (UC)	>650 μm
zemljišni herbicid / pre-em – sistemik		

KAPACITET SAPNICE (DIZNE)

Kapacitet sapnice je brzina protjecanja škropiva kroz nju, a izražava se u litrama po minuti. O kapacitetu sapnice uvelike ovisi i utrošak škropiva, odnosno količina škropiva kojom se tretira određena površina, što se izražava u litrama po hektaru. Utrošak škropiva potrebno je prilagoditi tipu i razvojnom stadiju biljaka koje se tretiraju (tablica 6.).

Tablica 6. Klasifikacija utroška škropiva za oranične kulture i voćnjake (Pompe i Holterman, 1992)

Table 6. Water rate classification for arable crops and orchard (Pompe i Holterman, 1992)

	Utrošak škropiva (Q), l/ha	
	Oranične kulture	Voćnjaci
Visoki utrošak (engl. <i>high volume – HV</i>)	>600	>1000
Srednji utrošak (engl. <i>medium volume – MV</i>)	200-600	500-1000
Nizak utrošak (engl. <i>low volume – LV</i>)	50-200	200-500
Vrlo nizak utrošak (engl. <i>very volume – VLV</i>)	5-50	5-200
Ultra nizak utrošak (engl. <i>ultra low volume – ULV</i>)	0,5-5	<5
Ultra ultra nizak utrošak (engl. <i>ultra ultra low volume – UULV</i>)	0,05<	-

Da bi se postigao željeni utrošak škropiva, potrebno je pravilno odabrati kapacitet sapnice, koji se računa tako da se kapacitet prskalice podijeli s brojem sapnica na prskalici (preduvjet je da su sve sapnice iste). Kapacitet prskalice računa se prema ovoj formuli:

$$\text{kapacitet prskalice} = \frac{\text{utrošak škropiva} \times \text{brzina rada} \times \text{širina zahvata}}{600}$$

Pritom treba napomenuti da se tako izračunati kapacitet prskalice izražava u litrama po minuti (l/min), utrošak škropiva u litrama po hektaru (l/ha), brzina rada u kilometrima na sat (km/h), a širina zahvata u metrima (m). Umnožak tih parametara dijeli se s brojem 600 radi jednostavne konverzije mjernih jedinica. Radi lakšeg prepoznavanja sapnica prema kapacitetu provodi se kodiranje sapnica prema različitim standardima. Jedan od njih je standardno kodiranje sapnica prema The British Crop Production Council (BCPC). Taj sustav unaprijeđen je u standard ISO 10625:2005 kojim je standardizirano označavanje kapaciteta sapnica pri tlaku od 3,0 bara s pomoću različitih boja. Kapacitet sapnice proporcionalan je tlaku.

Tablica 7. Kodiranje kapaciteta sapnica (dizni) bojama prema ISO 10625: 2015 i prema BCPC (prilagođeno prema Matthews, 2000)

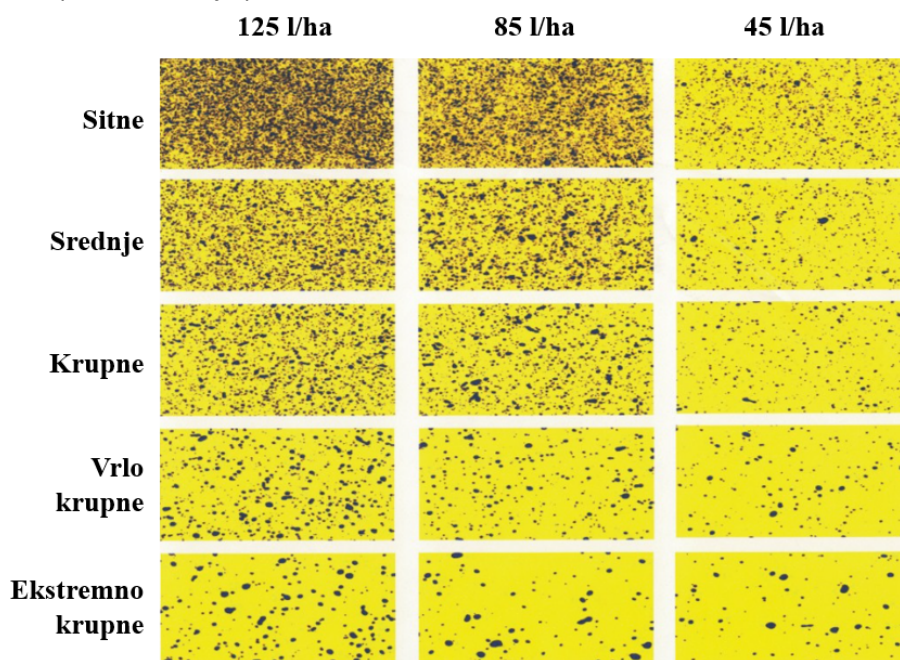
Table 7. Colour code for fan nozzles based on nozzle output (Matthews, 2000)

BCPC kodiranje lepezastih sapnica	ISO 10625 kodiranje sapnica	kapacitet sapnice
F110/0.4/3	narančasta	0,4 l/ha
F110/0.6/3	zelena	0,6 l/ha
F110/0.8/3	žuta	0,8 l/ha
F110/1.2/3	plava	1,2 l/ha
F110/1.6/3	crvena	1,6 l/ha
F110/2.0/3	smeđa	2,0 l/ha
F110/2.4/3	siva	2,4 l/ha
F110/3.2/3	bijela	3,2 l/ha

Kod kodiranja prema BCPC-u, slovo F označava tip sapnice, prvi broj kapacitet u litrama po minuti, a drugi broj tlak od 3 bara.

ZAKLJUČAK

Za optimalnu aplikaciju pesticida potrebno je oblik mlaza, veličinu kapljica i utrošak škropiva prilagoditi vrsti i fenofazi razvoja biljke koju se štiti, odnosno vrsti i razvojnom stadiju štetnog organizma koji se suzbija. Oblik mlaza obično se prilagođava tipu nasada koji se tretira, pa su lepezaste sapnice prikladnije za primjenu na ravnim površinama poput oranica, dok su konusne sapnice prikladnije za tretiranje drvenastih kultura. Osim nižeg rizika od pojave egzo-drifta, prednost krupnijih kapljica je u tome što s obzirom na veću masu imaju i veću kinetičku energiju zbog čega lakše prodiru u nasad gušćega sklopa. Njihov nedostatak u odnosu na aplikaciju pesticida sitnijim kapljicama je visok rizik od pojave endo-drifta (zbog padanja krupnih kapljica s lista na tlo između biljaka) i znatno slabija pokrivenost tretirane površine (što ih čini nepovoljnim za primjenu kontaktnih insekticida i fungicida). Aplikacijom sitnijih kapljica postiže se bolja pokrivenost tretirane površine, što ih čini prikladnim za primjenu kontaktnih fungicida i insekticida. Potrebno je napomenuti da pokrivenost površine kapljicama ovisi i o veličini (VMD) kapljica i utrošku (volumenu) škropiva, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5 . Utjecaj interakcije kapaciteta dizne (l/min) i veličine kapljica na pokrivenost tretirane površine (prilagođeno prema Wolf, 2018)

Figure 5. Nozzle output and droplet size interaction with spraying pattern (Wolf, 2018)

SELECTING NOZZLES TO ACHIEVE SUCCESSFUL PESTICIDE APPLICATION

SUMMARY

For a successful pesticide application, it is necessary to evenly distribute the active ingredient to the target object – cultivated plants or harmful organisms, and sometimes soil. Concurrently, it is important to avoid pesticide drift. To achieve this, it is necessary to optimize water rate, droplets size and spray pattern. Pesticide application must be adapted to the plant species and its phenophases, and to species and growing stage of harmful organism. This paper briefly displays criteria for choosing nozzles, their characteristics and labelling.

Key words: water rate, capacity, nozzle coning, spray pattern, droplet size, pesticide drift.

LITERATURA

ASABE (2018). Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra, ANSI/ ASAE Standard S572.1 w/correction March 2009 (R2013); American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI. Dostupno na: <http://elibrary.asabe.org/standards.asp> [Pristupljeno: 01.10.2018.]

Dexter, R. W., Cooper. F. J., Huddleston, E. (1998). Effects of adjuvants on the delivery and efficacy of pesticides. Proceedings of 5th International Symposium on Adjuvants and Agrochemicals, Memphis, USA, 395-400.

Elliott, J. G., Wilson, B. J. (1983). The influence of weather on the efficiency and safety of pesticide application: the drift of herbicides. British Crop Protection Council Occasional Publication no. 3.

Himel, C. M. (1974). Analytical methodology in ULV. In: Pesticide application by ULV Methods. British Crop Protection Council Monograph, 11, 112–119.

Hipkins, P., Grisso, R. (2014). Droplet Chart / Selection Guide. Virginia Cooperative Extension. Virginia Tech & Virginia State University. Publication 442-031 (BSE-149P) Dostupno na: <https://pubs.ext.vt.edu/442/442-031/442-031.html> [Pristupljeno: 01.10.2018.]

Matthews, G. A. (2006). Pesticides: Health, Safety and the Environment, Blackwell Science, Oxford, UK.

Matthews, G. A. (2000). Pesticide Application Methods. 3rd Edition. Blackwell Science, Oxford, UK.

Matthews, G. A. (1979). Pesticide Application Methods. Longman Group Limited, Essex, UK.

MSU (2018). Avoiding Pesticide Drift. Montana State University Extension. Dostupno na: <http://www.pesticides.montana.edu/reference/drift.html>

Pompe, J. C. A. M., Holterman, H. J. (1992). Technical aspects of pesticide application. Wageningen Agricultural University, G-DLO-III.-report 92-11, CIP-Gegevensk Oninklijke Bibliotheek, Den Haag.

.....
Southcombe, E. S. E., Seaman, D. (1990). The principles of formulation and application. U: Hance, R. J. i K. Holly (ur.). Weed control handbook principles (Ed. 8). Blackwell Scientific Publications SB. Oxford, UK, 127-15.

Spray Drift Taskforce (1997). A Summary of Spray Application Studies, Stewart Agricultural Research Services, Missouri, USA.

Wolf, T. (2018). Water Sensitive Paper for Assessing Spray Coverage. Sprayers 101. Dostupno na: <http://sprayers101.com/water-sensitive-paper-for-assessing-spray-coverage/> [Pristupljeno: 01.10.2018.]

pregledni rad