

## UTJECAJ RAZLIČITIH TEHNIČKIH SUSTAVA I EKSPLOATACIJSKIH PARAMETARA NA KVALITETU RADA RASPRŠIVAČA U TRAJNOM NASADU

### IMPACT OF DIFFERENT TECHNICAL SYSTEMS AND EXPLOITATION PARAMETERS ON WORKING QUALITY OF AIR ASSISTED SPRAYERS IN PERMANENT CROPS

**D. Petrović, Đ. Banaj, Anamarija Banaj, D. Knežević, Z. Zeko, V. Tadić**

#### SAŽETAK

Istraživanjem su uspoređena dva tipa raspršivača (*Agromehanika* i *Tifone*) s ciljem određivanja optimalnog sustava raspršivanja (senzorski i konvencionalni sustav). Istraživan je utjecaj tehničkih čimbenika raspršivanja (norma raspršivanja, tip mlaznice, brzina zračne struje), te uporaba ultrazvučnog senzorskog sustava za selektivnu aplikaciju na depozit tekućine u krošnji, zračno i zemljišno zanošenje. Istraživanje je postavljeno prema *ISO 22866* normi u četverogodišnjem nasadu višnje, vlasnika *Karoline d.o.o. Osijek*. Eksploatacijom raspršivača *Agromehanika* najveći otklon zemljišnog zanošenja između konvencionalnog i senzorskog sustava iznosi 57,77 % i zabilježen je s tretmanom  $A_1B_2C_2$ . Razlika kod raspršivača *Tifone* iznosila je 52,54 % (tretman  $A_1B_1C_1$ ). Ostvareni depozit tekućine u krošnji nije se značajno razlikovao između dva sustava raspršivanja, te je najveći ostvareni otklon od 1,31 % utvrđen s raspršivačem *Agromehanika* i 2,17 % s raspršivačem *Tifone*. Tretmani  $A_2B_2C_1$  i  $A_2B_2C_2$  ostvarili su 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine (na 5 m udaljenosti od tretiranog reda) s raspršivačem *Agromehanika*, dok je raspršivač *Tifone* ostvario isti otklon kod tretmana  $A_1B_2C_1$  i  $A_2B_2C_1$ . Također, 100 % otklon između konvencionalne i selektivne aplikacije (senzorski sustav) kod zračnog zanošenja (na 10 m udaljenosti od tretiranog reda) ostvaren je s tretmanima  $A_2B_1C_1$  i  $A_1B_1C_1$  za oba raspršivača. Ostvareni rezultati u ovom istraživanju ukazuju na uspješno smanjenje norme raspršivanja za 20 % bez statistički značajne razlike ostvarenog depozita tekućine u krošnji. Prema ostvarenim rezultatima, raspršivač *Agromehanika* je ostvario statistički značajno veći depozit tekućine u krošnji ( $LSD_{0,05} = 13,46$ ), pa se može zaključiti da je navedeni raspršivač optimalnije tehničke konstrukcije za nasad višnje u kojem je obavljeno istraživanje.

Ključne riječi: raspršivač, senzorski sustav, depozit, zanošenje tekućine, selektivna aplikacija

## ABSTRACT

The research compared two types of air assisted sprayers (*Agromehanika* and *Tifone*), with the aim of determining the optimal spraying system (sensory and conventional system). The influence of technical spraying factors was investigated (norm of spraying, nozzle type, air flow rate), and the use of an ultrasonic sensor system for selective application on liquid deposit into the canopy, as well as air and ground drift. The research was set according to the *ISO 22866* standard in a four-year old cherry orchard, owned by *Karolina d.o.o. Osijek*. With the exploitation of the *Agromehanika* sprayer, the largest deviation of soil drift between the conventional and sensor system was 57.77%, and was determined with the  $A_1B_2C_2$  treatment. The difference with *Tifone* sprayers was 52.54% ( $A_1B_1C_1$  treatment). The realized liquid deposit in the canopy did not differ significantly between the two spraying systems, and the largest realized deviation of 1.31% was determined with the *Agromehanika* sprayer as well as 2.17% with the *Tifone* sprayer. The  $A_2B_2C_1$  and  $A_2B_2C_2$  treatments achieved a 100% reduction in air drift (at a distance of 5 m from the treated row) with the *Agromehanika* sprayer, while the *Tifone* sprayer achieved the same deviation in the  $A_1B_2C_1$  and  $A_2B_2C_1$  treatments. Also, 100% deviation between conventional and selective application (sensor system) on air drift (at 10 m distance from the treated row) was achieved with treatments  $A_2B_1C_1$  and  $A_1B_1C_1$  for both sprayers. The results accomplished in this study indicate a successful reduction of the spray rate by 20% without a statistically significant difference on liquid deposit in the canopy. According to the achieved results, the *Agromehanika* sprayer achieved a statistically significantly higher liquid deposit in the canopy ( $LSD_{0,05} = 13.46$ ), so it can be concluded that the mentioned sprayer is of more optimal technical construction for the cherry orchard in which the research was performed.

Key words: air assisted sprayer, sensor system, deposit, drift, selective application

## UVOD

U trajnim nasadima prema svjetskim trendovima intenzivira se proizvodnja po jedinici površine sadnjom s manjim međurednim razmakom. Zbog intenziviranja proizvodnje kao negativna pojava javlja se povećava uporaba pesticida. Poljoprivrednici tradicionalno koriste prekomjerne količine pesticida kako bi osigurali dovoljnu učinkovitost na svojim usjevima i trajnim nasadima.

Ovakva praksa je uobičajena bez obzira na preporuku proizvođača pesticida koji preporučuju uporabu manjih količina sredstava za zaštitu bilja (Darde i sur., 2019; Lordan i sur., 2019.). Još uvijek se konvencionalni raspršivači s konstantnom normom raspršivanja upotrebljavaju u trajnim nasadima bez obzira na raznolikost u veličini stabla ili karakteristikama krošnje (Hong i sur., 2018.). Takav način aplikacije zaštitnih sredstava generira gubitke u vidu zanošenja tekućine izvan objekta apliciranja (Kasner i sur., 2018; Nuyttens i sur., 2011.). Zanošenje tekućine jedan je od glavnih problema prilikom aplikacije škropiva u trajnim nasadima. Može uzrokovati neželjene posljedice kroz negativan utjecaj na ljudski organizam i životinje, onečišćenje okoliša te oštećenje osjetljivih susjednih usjeva. Miranda-Fuentes i sur. (2015.) navode da prevelika brzina zračne struje dovodi do loše pokrivenosti i prekomjernog zanošenja tekućine izvan ciljanog prostora zaštite bilja. Suprotno tome nedovoljna brzina zračne struje za posljedicu ima lošu pokrivenost i smanjeni depozit u gornjim slojevima krošnje. Grella i sur. (2017.) utvrđuju međusobnu ovisnost različito namještanih glavnih čimbenika raspršivanja (brzine gibanja raspršivača, tipa mlaznica i brzine zračne struje ventilatora) i zanošenja tekućine. Iz navedenih razloga se unazad tri desetljeća razvijaju razne metode i sustavi za smanjenje spomenutih negativnih pojava. Stoga, moderniji pristup poljoprivredi naglašava važnost primjene sustava senzora i precizne poljoprivrede za racionalno korištenje pesticida. Primjenu senzora s mogućnošću detekcije krošnje i njezinog oblika istražuje čitav niz autora s ciljem što točnije detekcije krošnje nasada i značajnog smanjenja zanošenja zaštitnog sredstva (Chen i sur., 2013.; Escola i sur., 2013.; Sedlar i sur., 2013.). Llorens i sur. (2011.) koriste ultrazvučne senzore za određivanje geometrije nasada za preciznije određivanje norme raspršivanja s ciljem smanjenja zanošenja tekućine. Tehnološki napredak tijekom proteklog desetljeća omogućio je razvoj tehnologije s promjenjivim normama aplikacije. Selektivna aplikacija omogućuje optimiziranje inputa u proizvodnji prema trenutačnim potrebama u trajnim nasadima i omogućava uzgajivačima primjenu optimalne količine pesticida na ciljanu površinu. Prepoznavanje krošnje u realnom vremenu uporabom ultrazvučnih senzora istražuju znanstvenici: Stajanko i sur. (2012.) i Gamarra-Diezma i sur. (2015.). Oblik krošnje izravno utječe na depoziciju pesticida, a na taj način i uspješnost raspršivanja. Palleja i Landers (2014.) istražuju mogućnost uporabe jeftinih ultrazvučnih senzora za određivanje gustoće krošnje tijekom vegetativne sezone. Dobiveni rezultati pokazuju visoki stupanj korelacije između povećanja lisne mase i povratnog eho signala senzora. Isti autori, Palleja i Landers (2015.;

2016.) razvijaju sustav senzora za identifikaciju gustoće krošnje na osnovi kojeg je moguće prilagoditi brzinu zračne struje i količinu tekućine prilikom raspršivanja. Llorens i sur. (2011.) uočavaju da preciznost ultrazvučnih senzora ovisi o trenutnim meteorološkim uvjetima u trajnom nasadu (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, magla) i tehničkih parametara raspršivanja (udaljenost od krošnje, brzina gibanja i karakteristike nasada). Unatoč navedenim nedostacima ultrazvučni senzori jedni su od najprihvatljivijih oblika detekcije stabala u trajnim nasadima zbog jednostavne uporabe i niske cijene koštanja.

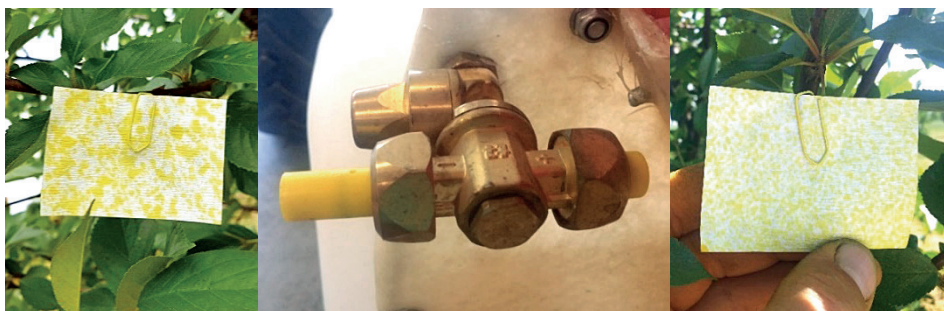
Ciljevi ovog istraživanja su utvrditi utjecaj glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja (norme raspršivanja, tipa mlaznice i brzine zračne struje) koristeći različite raspršivače (*Agromehanika i Tifone*) i sustave aplikacija (selektivno i konvencionalno) na zemljišno i zračno zanošenje, te depozit u krošnji u nasadu višnje.

## MATERIJALI I METODE RADA

Istraživanje je obavljeno u četverogodišnjem nasadu višnje u vlasništvu rasadnika *Karolina d.o.o. Osijek* (Osijek, Osječko-baranjska županija, Hrvatska) tijekom svibnja 2017. godine. Pokus je postavljen prema *ISO* normi 22866. Ultrazvučni senzorski sustav za selektivnu aplikaciju, postavljen je na konvencionalne raspršivače: *Agromehanika ENU 200* i *Tifone 1500*. Nošeni raspršivač *Agromehanika ENU 200* opremljen je visinskim usmjerivačima zraka s promjerom ventilatora od 585 mm. Protok zračne struje koju ovaj tip ventilatora može generirati je 12 000 do 32 000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Izlazna brzina zračne struje kreće se u rasponu od 10 do 35 m s<sup>-1</sup>. Na raspršivač je instalirana klipno - membranska crpka proizvođača *Agromehanika BM 65/30*. Vučeni raspršivač *Tifone Vento 1500* opremljen je spremnikom tekućine obujma 1 500 litara. Ventilator se sastoji od 8 lopatica, a promjer ventilatora iznosi 810 mm. Na raspršivač je instalirana klipno - membranska crpka proizvođača *Tifone* kapaciteta 105 l min<sup>-1</sup>. Oba raspršivača agregirana su traktorom *Torpedo 6006K* snage motora 42 kW. Unaprjeđenje raspršivača ostvareno je ultrazvučnim sensorima tvrtke *Sick* model *UM30-215111* koji ima mogućnost detekcije objekata na udaljenosti od 0,6 do 6 m, a minimalna površina predmeta koji mogu detektirati je 0,02 m<sup>2</sup>. Brzina detekcije ciljanog predmeta je 240 m s. Veliki raspon dozvoljene temperature okoline svrstava ga u pogodne za rad u teškim uvjetima (-25 °C + 70 °C). Slika 1. prikazuje sustav senzora tvrtke *Sick*.



*Slika 1. Sustav senzora tvrtke Sick  
Figure 1 Sick company sensor system*



*Slika 2. Mlaznice Lechler s filter papirićima za prikupljanje depozita u krošnji  
Figure 2 Lechler nozzles with filter papers for deposit collection in canopy*

Istraživani tehnički čimbenici raspršivanja su: norma raspršivanja, tip mlaznice i brzina zračne struje. Za prikupljanje podataka o depozitu, zračnom i zemljišnom zanošenju tekućine korišteni su filter papirići, a kao bojilo tekućine upotrijebljena je organska boja *Tartrazine* u koncentraciji od 4 %. U svrhu određivanja koncentracije otopine isprane s kolektora (filter papirića) korištena je spektrofotometrijska metoda (*Varian Cary 50 UV-Visible*). U ovom istraživanju kao čimbenik *A* korištena je optimalna norma raspršivanja ( $250 \text{ l ha}^{-1}$ ) i reducirana norma od  $200 \text{ l ha}^{-1}$ . Za aplikaciju sredstva korištena su dva tipa mlaznica: standardna mlaznica *Lechler TR 8002C* i zračno - injektorska mlaznica *Lechler ITR 8002C*. Mlaznice ostvaruju mlaz pod radnim kutom od  $80^\circ$  koji je šuplje konusne izvedbe dok je protok mlaznice  $0,8 \text{ l min}^{-1}$  pri radnom tlaku od 3 bar. Slika 2. prikazuje mlaznice koje su korištene u istraživanju sa filter papirićima za prikupljanje depozita u krošnji. Čimbenik *C* označava brzinu zračne struje ventilatora.  $C_1$  - brzina zračne struje ventilatora izračunata prema obujmu lisne mase ( $18 \text{ m s}^{-1}$ ) i brzina zračne struje smanjena za 30 % ( $12 \text{ m s}^{-1}$ ) – čimbenik  $C_2$ .

## REZULTATI I RASPRAVA

Dobivenim vrijednostima obavljen je izračun zemljišnog i zračnog zanošenja, te depozita tekućine u krošnji. Rezultati su prikazani kao depozit tekućine po jedinici površine (Tablica 1. i 2.). Eksploatacijom raspršivača *Agromehanika* najveći otklon između konvencionalne i selektivne aplikacije u iznosu od 57,77 % zemljišnog zanošenja zabilježen je s tretmanom  $A_1B_2C_2$ . Najveći otklon kod raspršivača *Tifone* iznosio je 52,54 % kod tretmana  $A_1B_1C_1$ .

D. Petrović i sur.: Utjecaj različitih tehničkih sustava i eksploatacijskih parametara na kvalitetu rada raspršivača u trajnom nasadu

**Tablica 1. Rezultati glavnih čimbenika istraživanja za raspršivač *Agromehanika***

**Table 1 Results of the main properties of the research for *Agromehanika* air assisted sprayer**

		Raspršivač / Sprayer <i>Agromehanika</i>											
		Zemljišno zanošenje Ground drift (g ha <sup>-1</sup> )			Depozit Deposit (g ha <sup>-1</sup> )			Zrač. zanošenje - 5 m Air drift - 5 m (g ha <sup>-1</sup> )			Zrač. zanošenje - 10 m Air drift - 10 m (g ha <sup>-1</sup> )		
Tretm. Treat.	AK $\bar{x}$	AS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	AK $\bar{x}$	AS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	AK $\bar{x}$	AS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	AK $\bar{x}$	AK $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	
<i>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></i>	14,40	6,98	51,53	301,42	299,44	0,66	19,14	10,07	47,39	6,00	0,00	100,00	
<i>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub></i>	17,07	8,86	48,10	305,71	303,84	0,61	25,43	14,14	44,40	12,79	4,21	67,08	
<i>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub></i>	21,88	9,24	57,77	305,84	304,41	0,47	9,86	3,64	63,08	0,00	0,00	0,00	
<i>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub></i>	24,33	13,90	42,87	312,02	307,92	1,31	15,07	7,07	53,09	0,00	0,00	0,00	
<i>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></i>	10,93	5,45	50,14	274,63	272,91	0,63	14,21	5,36	62,28	5,00	0,00	100,00	
<i>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub></i>	13,50	7,95	41,11	281,72	278,02	1,31	21,21	8,57	59,59	10,5	3,00	71,43	
<i>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub></i>	14,81	7,40	50,03	278,21	275,22	1,07	5,92	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	
<i>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub></i>	18,12	10,14	44,04	285,21	283,32	0,66	8,86	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	

*A* - norma raspršivanja (l ha<sup>-1</sup>), *B* - tip mlaznice, *C* - brzina zračne struje (m s<sup>-1</sup>), *AK* - *Agromehanika* konvencionalno, *AS* - *Agromehanika* senzorski sustav, *TK* - *Tifone* konvencionalno, *TS* - *Tifone* senzorski sustav

*A* - spraying norm, (l ha<sup>-1</sup>), *B* - nozzle type, *C* - air flow rate (m s<sup>-1</sup>), *AK* - *Agromehanika* conventional, *AS* - *Agromehanika* sensors system, *TK* - *Tifone* conventional, *TS* - *Tifone* sensors system

**Tablica 2. Rezultati glavnih čimbenika istraživanja za raspršivač *Tifone***

**Table 2 Results of the main properties of the research on *Tifone* air assisted sprayer**

		Raspršivač / Sprayer <i>Tifone</i>										
Tretm. Treat.	TK $\bar{x}$	TS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	TK $\bar{x}$	TS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	TK $\bar{x}$	TS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)	TK $\bar{x}$	TS $\bar{x}$	Otklon Deviat. (%)
<i>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></i>	15,95	7,57	52,54	295,42	289,00	2,17	25,27	8,00	68,34	10,29	0,00	100,00
<i>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub></i>	20,81	10,90	47,62	299,17	299,30	0,04	29,43	13,93	52,67	13,79	5,79	58,01
<i>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub></i>	23,05	13,98	39,35	297,00	293,10	1,31	15,36	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub></i>	25,05	17,93	28,42	314,20	309,80	1,40	17,86	6,92	61,25	0,00	0,00	0,00
<i>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub></i>	9,98	5,95	40,38	281,10	277,00	1,46	16,29	6,35	61,02	9,29	0,00	100,00
<i>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub></i>	15,69	8,81	43,85	284,00	280,00	1,41	23,64	11,29	52,24	7,42	2,29	69,14
<i>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub></i>	13,95	7,88	43,51	285,80	281,60	1,47	7,14	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub></i>	17,50	10,55	39,71	287,20	282,10	1,78	8,36	2,86	65,79	0,00	0,00	0,00

Ostvareni depozit tekućine u krošnji nije se značajno razlikovao između ova dva načina raspršivanja, te su najveći otkloni ostvareni 1,31 % (*Agromehanika*) i 2,17 % (*Tifone*). Tretmani  $A_2B_2C_1$  i  $A_2B_2C_2$  ostvarili su 100 % smanjenje zračnog zanošenja tekućine na 5 m s raspršivačem *Agromehanika*, dok je raspršivač *Tifone* ostvario isti otklon kod tretmana  $A_1B_2C_1$  i  $A_2B_2C_1$ . Također 100 % otklon između konvencionalne i selektivne aplikacije kod zračnog zanošenja na 10 m ostvaren je s tretmanima  $A_2B_1C_1$  i  $A_1B_1C_1$  s uporabom oba raspršivača (Tablica 1. i 2.).

Vrijednosti  $LSD_{0,05}$  testa za glavne čimbenike raspršivanja s obzirom na strojeve u eksploataciji konvencionalnim sustavom aplikacije prikazuje Tablica 3.

**Tablica 3.  $LSD_{0,05}$  test za čimbenike istraživanja s konvencionalnim sustavom raspršivanja**

**Table 3  $LSD_{0,05}$  test for spraying factors with conventional spraying systems**

	Raspršivač / Sprayer		Statističke vrijednosti Statistical values			
	<i>Agromehanika</i>	<i>Tifone</i>				
Ispitivana svojstva Researched properties	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	<i>F-test</i>	<i>p</i>	$LSD_{0,05}$	Otklon Deviation (%)
Zemljišno zanošenje Ground drift	177,34	183,44	0,24 <sup>n.s.</sup>	0,62	24,64	3,33
Zračno zanošenje 5 m Air drift 5 m	52,38	64,06	3,74 <sup>n.s.</sup>	0,06	12,08	18,24
Zračno zanošenje 10 m Air drift 10 m	16,66	17,19	0,01 <sup>n.s.</sup>	0,92	9,98	3,09
Depozit / Deposit	1 254,62	1 229,40	7,26*	0,01	18,71	2,01

Analizom rezultata u Tablici 3. uočava se da nema statistički značajnih razlika između primjene konvencionalnih raspršivača (*Agromehanika* i *Tifone*) osim za ispitivano svojstvo depozita u krošnji ( $LSD_{0,05} = 18,71$ ). Tablica 4. prikazuje ostvarene vrijednosti  $LSD_{0,05}$  za ispitivana svojstva raspršivanja s različitim raspršivačima (*Agromehanika* i *Tifone*) sa senzorskim sustavom.



**Tablica 4.  $LSD_{0,05}$  test za čimbenike istraživanja sa senzorskim sustavom raspršivanja**

**Table 4  $LSD_{0,05}$  test for spraying factors with sensor spraying systems**

	Raspršivač / Sprayer		Statističke vrijednosti Statistical values			
	Agromehanika	Tifone				
Ispitivana svojstva Researched properties	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	<i>F-test</i>	<i>p</i>	$LSD_{0,05}$	Otklon Deviation (%)
Zemljišno zanošenje Ground drift	90,94	106,97	3,11 <sup>n.s.</sup>	0,08	18,17	14,98
Zračno zanošenje 5 m Air drift-5 m	21,34	21,44	0,00 <sup>n.s.</sup>	0,99	8,32	0,29
Zračno zanošenje 10 m Air drift 10 m	3,16	3,53	0,05 <sup>n.s.</sup>	0,82	3,21	10,62
Depozit / Deposit	1 240,90	1 223,34	3,19 <sup>n.s.</sup>	0,08	19,66	1,41

Rezultati  $LSD_{0,05}$  pokazuju da nije utvrđena statistički značajna razlika za svojstva raspršivanja primjenom dvaju različitih raspršivača (*Agromehanika* i *Tifone*) opremljenih senzorskim sustavom. (Tablica 3.). Rezultati  $LSD_{0,05}$  za raspršivače *Agromehanika* i *Tifone* s konvencionalnim i senzorskim načinom raspršivanja prikazani su u Tablici 5.

**Tablica 5.  $LSD_{0,05}$  za čimbenike istraživanja s oba sustava raspršivanja**

**Table 5  $LSD_{0,05}$  test for spraying factors of both spraying systems**

	Raspršivač / Sprayer		Statističke vrijednosti Statistical values			
	Agromehanika	Tifone				
Ispitivana svojstva Researched properties	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	$\bar{x}$ (g ha <sup>-1</sup> )	<i>F-test</i>	<i>p</i>	$LSD_{0,05}$	Otklon Deviation (%)
Zemljišno zanošenje Ground drift	134,14	145,20	1,11 <sup>n.s.</sup>	0,29	20,81	7,61
Zračno zanošenje 5 m Air drift 5 m	36,86	42,75	1,42 <sup>n.s.</sup>	0,24	9,75	13,74
Zračno zanošenje 10 m Air drift 10 m	9,91	10,36	0,02 <sup>n.s.</sup>	0,87	5,68	4,37
Depozit / Deposit	1 247,76	1 226,38	9,89*	0,01	13,46	1,71

Iz Tablice 5. jasno je vidljivo da nema statistički značajnih razlika za ispitivana svojstva raspršivanja, osim za depozit tekućine u krošnji ( $LSD_{0,05} = 13,46$ ), primjenom oba sustava rada raspršivača.

Ostvareni rezultati u ovom istraživanju ukazuju na uspješno smanjenje norme raspršivanja za 20 % bez statistički značajne razlike ostvarenog depozita tekućine u krošnji. Maghsoudi i sur. (2015.) prototipom raspršivača sa sustavom ultrazvučnih senzora za selektivnu aplikaciju također ostvaruju značajnu uštedu od 35,5 % od primijenjene norme raspršivanja, bez značajne promjene kvalitete aplikacije. Slično istraživanje uporabe selektivne aplikacije u zaštiti bilja provedeno je u dva trajna nasada, a norma raspršivanja smanjena je za 50 % u usporedbi s konvencionalnim načinom raspršivanja. Dobiveni rezultati pokazuju da je ova tehnologija učinkovito kontrolirala svaki od četiriju proučavanih štetnika (Chen i sur., 2019.). Također su provedena istraživanja uporabe *VRT-a* (*Variable rate technology*) u četiri trajna nasada (jabuke, breskve, borovnice i kupine) gdje je ostvareno smanjenje norme raspršivanja od 50 % bez značajne razlike učinkovitosti (Chen i sur., 2020.). Petrović i sur. (2019.) navode da se eksploatacijom ultrazvučnoga senzorskog sustava za selektivnu aplikaciju zemljišno zanošenje smanjuje za 43,35 % u odnosu na konvencionalni način raspršivanja. Prema navodu autora Salcedo, R. i sur. (2020.), uporaba lasera *PWM* (*Pulse width modulation technology*) za varijabilno raspršivanje omogućava smanjenje norme raspršivanja za 67 %, odnosno 76 % od ručno upravljano *PWM-a* odnosno isključenom *PWM* tehnologijom. Rezultati ispitivanja također su pokazali da depozit tekućine na stablima u sva tri sustava apliciranja prelazi pragove za učinkovitu primjenu fungicida i insekticida (koje su preporučili proizvođači pesticida). Zemljišno zanošenje tekućine uporabom *VRT-a* u odnosu na konvencionalnu aplikaciju reducirano je za 57,77 % (*Agromehanika*) odnosno 52,54 % (*Tifone*). Vrlo slične rezultate ostvarili su Chen i sur. (2013.) koji su zabilježili smanjenje zemljišnog zanošenja u voćnjaku jabuke od 68 % sve do 90 % primjenom varijabilne norme raspršivanja. Također, smanjenje zanošenja tekućine od 50 % uporabom selektivne aplikacije ostvarili su Koch i sur. (2000.) u voćnjaku višnje od fenološke faze cvjetanja do opadanja lišća.

## ZAKLJUČAK

Pravilan odabir raspršivača prema vrsti i uzgojnom obliku nasada jedan je od glavnih preduvjeta za uspješnu aplikaciju. Unaprjeđenjem konvencionalnih raspršivača *Agromehnika* i *Tifone* s ultrazvučnim senzorskim sustavom za selektivnu aplikaciju, ostvareno je značajno smanjenje zemljišnog i zračnog zanošenja tekućine. Također, optimiziranjem glavnih tehničkih čimbenika raspršivanja značajno je smanjeno zanošenje tekućine bez narušavanja kvalitete aplikacije. Prema ostvarenim rezultatima ova dva tipa raspršivača, *Agromehnika* je ostvarila statistički značajno veći depozit tekućine u krošnji, te je utvrđeno da navedeni raspršivač ostvaruje bolju kvalitetu rada u nasadu višnje u kojem je obavljeno ispitivanje.

Istraživanje pokazuje da raspršivači s naprednom tehnologijom mogu jednako ili učinkovitije aplicirati škropivo u trajnom nasadu. Međutim, relativno je malo istraživanja i objavljenih rezultata o učinkovitosti promjenjive norme raspršivanja uporabom inteligentnih raspršivača na kontrolu štetnika i bolesti. S toga je potrebno intenzivirati istraživanja s ciljem utvrđivanja učinkovitosti ovakvih naprednih sustava.

## LITERATURA

1. Chen, L., M. Wallhead, H. Zhu, and A. Fulcher. (2019.): Control of insects and diseases with intelligent variable-rate sprayers in ornamental nurseries. *J. Environ. Hort.* 37(3):90–100. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-37.3.90>
2. Chen, L., M. Wallhead, M. Reding, L. Horst, and H. Zhu. (2020.): Control of insect pests and diseases in an Ohio fruit farm with a laser guided intelligent sprayer. *Hort Technology* 1:1–8. doi: 10.21273/horttech04497-19
3. Chen, Y. Zhu, H. Ozkan, H.E. Derksen, R.C. Krause, C.R. (2013.): Spray drift and off-target loss reductions with a precision air-assisted sprayer. *Trans. ASABE*, 56 (6): 1273 - 1281.
4. Darde, D.C., G.K. de Almeida, and G.A.B. Marodin. (2019.): Budburst and flowering intensity by the spraying of dormancy-breaking products in 'Eva' apple trees. *Semin. Cien. Agrar.* 40(3):1049–1062. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1049>
5. Escola, A., Rosell-Polo, J.R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J., Solanelles, F. (2013.): Variable rate sprayer. Part 1 orchard prototype: design, implementation and validation. *Comput. Electron. Agric.*, 95: 122 - 135. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.004>

6. Gamarra-Diezma, J. L., Miranda-Fuentes, A., Llorens, J., Cuenca, A., Gregorio L. Blanco-Roldán., Rodríguez-Lizana, A. (2015.): Testing Accuracy of Long-Range Ultrasonic Sensors for Olive Tree Canopy Measurements. *Sensors*, 15: 2902 - 2919. [tps://doi.org/10.3390/s150202902](https://doi.org/10.3390/s150202902)
7. Grella, G., Gallart, M., Marucco, P., Balsari, P., Gil, E. (2017.): Ground Deposition and Airborne Spray Drift Assessment in Vineyard and Orchard: The Influence of Environmental Variables and Sprayer Settings. *Sustainability* 9, 728: 1 - 26. doi: 10.3390/su9050728
8. Hong, S.-W., L. Zhao, and H. Zhu. (2018.): Cfd simulation of pesticide spray from air-assisted sprayers in an apple orchard: Tree deposition and off-target losses. *Atmos. Environ.* 175:109 – 119. doi: 10.1016/j.atmosenv.2017.12.001
9. Kasner, E.J., R.A. Fenske, G.A. Hoheisel, K. Galvin, M.N. Blanco, E.Y. Seto, and M.G. Yost. (2018.): Spray drift from a conventional axial fan airblast sprayer in a modern orchard work environment. *Ann. Work Expo. Health* 62(9):1134–1146. doi: 10.1093/annweh/wxy082
10. Koch, H., Weisser, P., Cross, J., Gilbert, A., Glass, C., Taylor, W., Walklate, P., Western, N. (2000.): Sensor equipped orchard spraying-efficacy, savings and drift reduction. *Pesticide application*, 17-18: 357-362.
11. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escola, A. (2011.): Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods. *Sensors*, 11: 2177 – 2194. doi: 10.3390/s110202177
12. Lordan, J., P. Vilardell, E. Torres, S. Alegre, and L. Asín. (2019.). Use of root pruning, paclobutrazol, and prohexadione-ca combination strategies to control growth and improve productivity on pear trees. *Spanish J. Agr. Res.* 17(2): e0902 doi: 10.5424/sjar/2019172-14579
13. Maghsoudi, H., Minaeai, S., Ghobadiana, B., Masoudi, H. (2015.): Ultrasonic sensing of pistachio canopy for low-volume precision spraying. *Computers and Electronics in Agriculture*, 112: 149 - 160.
14. Miranda-Fuentes, A., Gamarra-Diezma, J. L., Blanco-Roldán, G. L., Cuenca, A., Llorens, J., Rodríguez-Lizana, A., Gil, E., Agüera-Vega, J., Gil-Ribes, J.A. (2015.): Testing the influence of the air flow rate on spray deposit, coverage and losses to the ground in a super-intensive olive orchard in southern Spain. *SuproFruit 2015 - 13<sup>th</sup>*
15. Nuyttens, D., M. De Schampheleire, K. Baetens, E. Brusselman, D. Dekeyser, and P. Verboven. 2011. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: Results of a five-year study. *Trans. ASABE* 54(2):403–408. doi: 10.13031/2013.29785

16. Palleja T., Landers, A. (2014.): Precision Spraying in the Orchard and Vineyard: Measuring Canopy Density. *New York fruit quarterly*, 22: 4.
17. Palleja T., Landers, A. (2015.): Precision fruit spraying: measuring canopy density and volume for air and liquid control. *SuproFruit – 13<sup>th</sup> Workshop on Spray Application in Fruit Growing*, 448: 76 - 77.
18. Palleja T., Landers, A. J. (2016.): Orchard and vineyard real time spraying adjustments using ultrasonic echoes. *Aspects of Applied Biology*, 132: 405 - 410.
19. Petrović, D., Jurišić, M., Plaščak, I., Duvnjak, V., Marković, M., Banaj, A., Tadić, V. (2019.): Utjecaj selektivne aplikacije s ultrazvučnim sensorima na zanošenje i depozit tekućine u nasadu višnje. *Poljoprivreda* 25:2019 (1): 89-98. doi: 10.18047/poljo.25.1.13
20. Sedlar, A. D., Bugarin, R. M., Nuyttens, D., Turan, J.J., Zoranovic, M.S. (2013.): Quality and efficiency of apple orchard protection affected by sprayer type and application rate. *Span. J. Agric. Res.*, 11: 935 - 944.
21. Salcedo, R., Zhu H., Zhang, Z., Wei, Z., Cgen, L., Ozkan. E., Falchieri, D. (2020.): Foliar deposition and coverage on young apple trees with PWM-controlled spray systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 178, 105794. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105794>
22. Stajko, D., Berk, P., Lešnik, M., Jejčić, V., Lakota, M., Štrancar, A., Hočevar, M., Rakun, J. (2012.): Programmable ultrasonic sensing system for targeted spraying in orchards. *Sensors*, 12: 15500 - 15519. doi: 10.3390/s121115500

**Adrese autora – Author's addresses:**

dr.sc. Davor Petrović, e-mail: pdavor@fazos.hr  
prof.dr.sc. Đuro Banaj  
mr.sc. Dario Knežević  
dr.sc. Anamarija Banaj  
Zvonko Zeko, mag. ing.  
izv. prof. dr.sc. Vjekoslav Tadić,  
dopisni autor: e- mail: vtadic@fazos.hr  
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,  
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska

**Primljeno – Received:**

25.03.2020.

