

# Elektrostatičko apliciranje zaštitnih sredstava

---

Šumanovac, Luka; Jurišić, Mladen; Lukač, Petar; Sito, Stjepan; Zimmer, Domagoj

Source / Izvornik: **Glasnik Zaštite Bilja**, 2022, 45., 48 - 58

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.31727/gzb.45.6.5>

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:240629>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



## Elektrostatičko apliciranje zaštitnih sredstava

### Sažetak

U radu je prikazana suvremena poljoprivredna tehnika u zaštiti bilja i to putem elektrostatičkog naboja. Primjenom elektronskih uređaja postiže se učinkovitija i daleko preciznija zaštita bilja koja predstavlja sve veći izazov tijekom biljne proizvodnje. Upotreba elektrostatičkog naboja prilikom apliciranja zaštitnih sredstava primjenjiva je u klasičnoj konvencionalnoj proizvodnji i u ekološkoj biljnoj proizvodnji što doprinosi još većem interesu poljoprivrednika. U radu su prikazani različiti poljoprivredni sustavi za apliciranje zaštitnih sredstava uz pomoć elektrostatičkog naboja.

**Ključne riječi:** zaštita bilja, elektrostatički naboj, antidrift

### Uvod

Primjena pesticida u biljnoj proizvodnji sve više se smanjuje pretežno zbog ekoloških razloga jer su to otrovne kemijske tvari koje zagađuju okoliš, osobito tlo i podzemne vode (Zimmer i sur., 1997.). Kušec i sur. (2013.) navode kako sve intenzivnijom poljoprivrednom uporabom dolazi i do negativnih utjecaja kemijskih sredstava na čovjeka. U početku utvrđuje se samo akutna, a kasnije i kronična otrovnost. Osim na čovjeka, nestručnom uporabom kemijska zaštitna sredstva negativno utječu i na domaće životinje, divljač, ribe, ptice, pčele, ali i na ostale biljke te druge korisne ili indiferentne organizme u okolišu. Đukić i sur. (2001.) smatraju da je drift jedan od najvećih problema u zaštiti bilja, jer smanjuje količinu pesticida koja treba stići do biljke, a istovremeno zagađuje čovjekovu okolinu. Backer (2004.) navodi da uporaba kvalitetnih antidrift ili injektorskih mlaznica u velikoj mjeri može povećati učinkovitost aplikacije pesticida i smanjiti drift. Uvođenjem visokih i sofisticiranih tehnoloških sustava u poljoprivredne strojeve, stvaraju se mogućnosti ostvarivanja visoke kvalitete konačnoga proizvoda te visoke konkurentnosti (Jurišić i Plaščak, 2009.). Suvremeni uređaji za primjenu u poljoprivredi kontrolirani su elektronski i lako ih je umrežiti (Zogović i sur., 2008.). Baličević i Ravlić (2014.) navode da suvremena zaštita bilja, ušteda i očuvanje okoliša ovise o točnosti nanošenja zaštitnog. Jedno od suvremenih tehnika zaštite bilja je i provođenje iste koristeći pri tome elektrostatički naboj. Malešević (2018.) navodi kako je elektrostatička zaštita povoljnija za okoliš jer znatno smanjuje zagađenost tla i efikasnije prekriva kemikalijama ciljanu biljku. Ima široko područje primjene od malih vrtova do velikih plantaža. Elektrostatičke prskalice stvaraju čestice koje su 900 puta manje od onih što ih proizvode konvencionalne hidrauličke prskalice i imaju dvostruko bolja svojstva taloženja. Ru i sur. (2011.), Zhang i sur. (2016.) i Patel (2016.) navode kako se elektrostatskim raspršivanjem mogu proizvesti jednolike i fine kapljice s dobrim prijanjanjem i raspodjelom kapljica, niskom kontaminacijom okoliša, niskom stopom primjene pesticida. Autori Pascuzzi i Cerruto, 2015., Perez i sur. (2014.), Ezhilarasi i sur. (2013.) te Patel i Ghanshyam (2015.) navode kako su elektrostatske prskalice napredni poljoprivredni instrumenti za učinkovitu upotrebu pesticida na poljoprivrednim usjevima, trajnim nasadima i biljkama. Multidisciplinarni aspekti novonastalog polja elektrostatskog raspršivanja pružili su veliki poticaj znanstvenicima u području poljoprivrede i hrane za razvoj novih tehnika za apliciranje tekućih

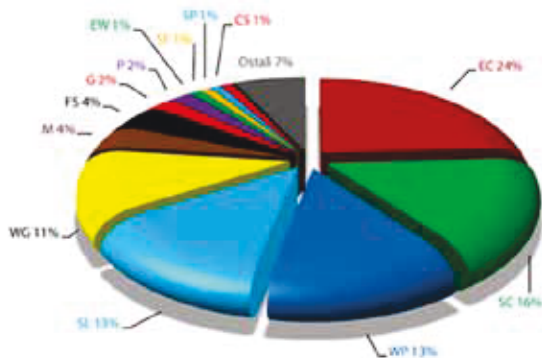
<sup>1</sup> prof. dr. sc. Luka Šumanovac, prof. dr. sc. Mladen Jurišić, dr. sc. Domagoj Zimmer, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup> prof. dr. sc. Stjepan Sito, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetosimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Autor za korespondenciju: dzimmer@fazos.hr

pesticida. U zadnje vrijeme sve više istraživača diljem svijeta provodi brojne studije o tome kako poboljšati rezultate taloženja kapljica pri apliciranju zaštite koristeći bespilotne letjelice (UAV). Gao i sur. (2013. a i b) postižu u svojim UAV apliciranjima prevenciju kukuruznog moljca koristeći 10% pesticida te ostvaruju optimalni učinak prevencije 80,7%. Qin i sur. (2014.) proučavali su učinak rada UAV-a na taloženje i distribuciju kapljica na krošnjama kukuruza, rezultati su pokazali da su maksimalna gustoća taloženja kapljica raspršivanja i optimalna ujednačenost taloženja postignuti kada je radna visina bila 7 m. Carlton i sur. (1999.) proučavali su učinak brzine strujanja zraka i promjera mlaznice na raspon taloženja rotorskog UAV elektrostatskog raspršivanja i postavili matematički model na temelju rezultata. Kako bi istražili čimbenike koji utječu na taloženje kapljica pesticida i učinke svakog čimbenika tijekom rada UAV-a, Qiu i sur (2014.) izradili su matematički model za opisivanje kako na gustoću taloženja i ujednačenost taloženja utječu brzina leta i visina te potvrdili izvedivost modela putem ispitivanja na terenu. Hu i sur. (2015.) proveli su terenske pokuse kako bi proučili kako visina leta, brzina i interval utječu na okoliš oko kulture kako bi odredili odgovarajuće parametre leta bespilotnog helikoptera (UAV). Kako bi se pronašla uobičajena metoda za poboljšanje taloženja kapljica, uočena je primjena tehnologije elektrostatskog raspršivanja, koja je široko rasprostranjena u strojevima za prizemnu zaštitu usjeva, na bespilotne letjelice (UAV) za učinkovito poboljšanje taloženja kapljica na kulturi, čime se smanjuje zanošenje kapljica (Qui i sur., 2013., Hewitt i sur., 2002., Teske i sur., 2003.). He i sur. (2011.) razvili su elektrostatski sustav zaštite za voćnjake, a rezultati ispitivanja na terenu pokazali su da nabijene kapljice mogu spriječiti 50 -70 % otpada pesticida.

### Formulacija pesticida i fizikalno stanje

Važni činitelji za zaštitu bilja su raznovrsno suzbijanje štetnih organizama i sigurna uporaba. Danas je međunarodno prepoznata formulacija sredstava za zaštitu bilja koje se koriste i u drugim područjima. U našoj zemlji na tržištu se nalazi više od 30 različitih formulacija sredstava za zaštitu bilja (Slika 1.). Formulacije sredstava za zaštitu bilja se dijele prema agregatom stanju i prema načinu primjene. Razlikuju se tekuće i krute formulacije sredstava za zaštitu bilja. Tekuće formulacije su koncentrat za emulziju (EC), koncentrirane suspenzije (SC), koncentrat za otopinu (SL), krute formulacije GR (granule), WG (vododisperzibilne granule) WP (koncentrat za suspenziju), DS (prašivo za izravno tretiranje), SP (vodotopivo prašivo), UL (tekućina za ULV primjenu), RB (gotovi mamci), CB (koncentrat za mamce i druge formulacije).



Tekuće formulacije su koncentrat za emulzija (EC), koncentrirane suspenzije (SC), koncentrat za otopinu (SL), krute formulacije GR (granule), WG (vododisperzibilne granule) WP (koncentrat za suspenziju), DS (prašivo za izravno tretiranje), SP (vodotopivo prašivo), UL (tekućina za ULV primjenu), RB (gotovi mamci), CB (koncentrat za mamce i druge formulacije).

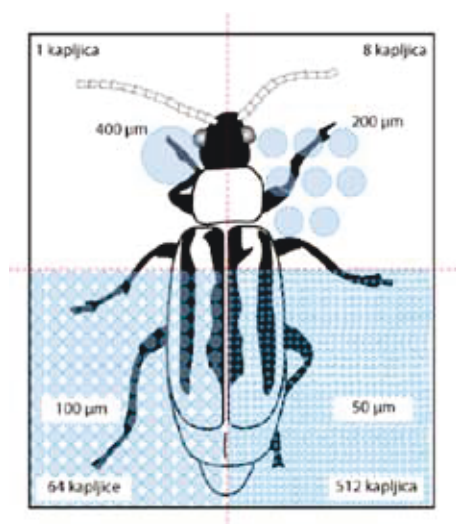
**Slika 1.** Zastupljenost pojedinih formulacija sredstava za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj (Izvor: G. Peček)

**Figure 1.** Representation of individual formulations of plant protection products in the Republic of Croatia (Source: G. Peček)

Većina osobina koje su značajne za primjenu ovisi od formulacije zaštitnog sredstva, pa tako fizikalno-kemijske karakteristike preparata i disperzivnih sustava koji su nastali njihovom pripremom za aplikaciju utječu na karakteristike spektra kapljica. Površinska napetost tekućina uvjetuje kvašenje tretiranih površina, a od pojave isparavanja ovisi odlaganje kapljica i njihova veličina. Viskoznost otopine utječe na gibanje tekućine kroz razvodne sustave uređaja i na kut izbacivanja ulaza, veličinu kapljica nakon izbacivanja. Oblik formulacije pesticida uvjetuje način primjene i osobine stroja za primjenu, objekt zaštite i potpuni organizam koji se suzbija.

Veličina kapljica i pokrivenost biljne površine

Veličina površine kapljice kalote ovisi o više činitelja, kao što su: površinska napetost, viskoznost, veličina kapi, osobine površine biljnih dijelova, nagib biljnih dijelova. Veličina kapljica i pokrivenost ovisi o dezintegraciji i disperziji tekućine u zračnoj struji. Dezintegracija je usitnjavanje kapljica koje se miješaju zrakom okoline i omogućuje veću pokrivenost (Rukavina, 2015.), a disperzija je miješanje i prožimanje sa zrakom (Slika 2.).



**Slika 2.** Utjecaj veličine kapi na pokrivenost i mogućnosti uništenja kukaca (Izvor: Vlastita fotografija)

**Figure 2.** Effect of drop size on the coverage and ability to kill insects (Source: Own photo)

Dezintegracija i disperzija kapljica u početku je poželjna ali ima i granice preko kojih ne bi trebalo ići jer dolazi do neželjenih posljedica u vidu odnošenja izvan objekta tretiranja. Brzina gibanja pri taloženju može se izračunati po slijedećoj formuli:

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 \cdot (s - s')}{9 \cdot \eta}$$

gdje je:

v - krajnja brzina gibanja kapljice, cm/s

g - gravitacija, m/s<sup>2</sup>

r - polumjer kapljice, cm

s – volumna masa vode, g/cm<sup>3</sup>

s' – volumna masa zraka, g/cm<sup>3</sup>

η - faktor otpora trenja, kod normalnog atmosferskog tlaka iznosi 0,000172

Iz formule je razvidno da je pri padu kapljice na tretirani objekt, brzina gibanja upravo proporcionalna s veličinom kapljice. Što je promjer manji, to je i brzina manja, a time i opasnost da kapljice ne dopiju na upućeno mjesto, već ih zračna struja odnese na veću ili manju udaljenost. U Europi se koriste podjela kapljica s obzirom na veličinu, a definirana je tipom mlaznice i tlaka koju preporuča BCPC (British Crop Protection Council). Isto tako i u Americi je izvršena kategorizacija kapljica prema ASABE STANDARDS S-572 vidljivo u tablici 1.

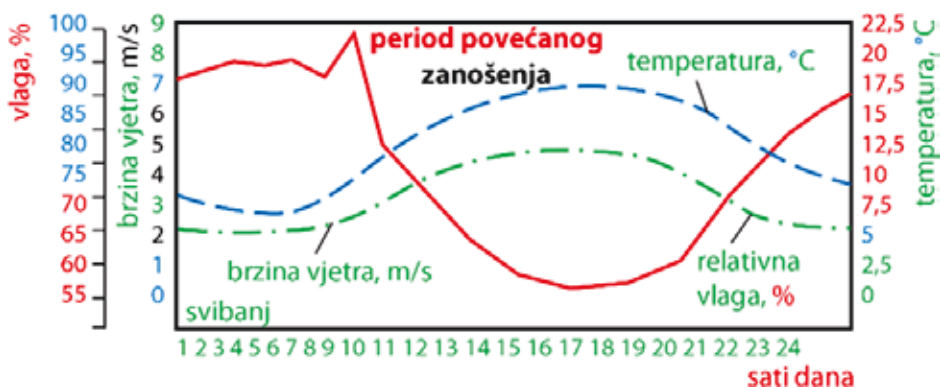
**Tablica 1.** Kategorizacija kapljica prema BCPC i ASABE

**Table 1.** Categorization of droplets according to BCPC and ASABE

Kategorija kapljice	Veličina kapljica ( $\mu$ )	
	BCPC	ASABE
Vrlo male	<125	<150
Male	125-250	150-250
Srednje veličine	250-350	250-300
Velike	350-450	350-450
Vrlo velike	450-575	450-550
Ekstremno velike	575	>550

### Utjecaj veličine kapljica i brzina vjetra na drift

Uloga krupnoće kapljica dezintegriranog nalaza ima značajan utjecaj na drift (zanošenje) i na struju vjetra, gdje se krupnije kapljice teže zanose vjetrom, ali zato lako skliznu s površine lista i padnu na tlo. S druge strane sitne kapljice su podložne driftu i djelovanju zračne struje. Drift se može smanjiti izborom najprikladnije metode aplikacije i korištenjem s prosječno većim kapljicama u kojima je udio manjih kapljica smanjen, izbjegavanjem rada po vjetru, gdje ne bi trebalo raditi kod brzine vjetra veće od 3 m/s i velikoj vrućini. Kapljice veličine 200  $\mu$ m s povećanjem brzine vjetra od 1 m/s budu odnešene do 21 m prije pada na tlo. Istraživanjima je utvrđeno da kapljice veličine 100  $\mu$ m za nekih 10 sekundi padnu na tlo s visine od 3 m, ako tu kapljicu pustimo u struju vjetra od 2,2 m/s, ona će biti odnesena oko 23 m, prije nego što padne na tlo (Slika 3.).



**Slika 3.** Zanošenje sredstava tijekom dana s obzirom na vlagu u % i temperaturu zraka u  $^{\circ}\text{C}$ , te jakost vjetra u m/s

**Figure 3.** Mean drift during the day with regard to humidity in % and air temperature in  $^{\circ}\text{C}$ , and wind strength in m/s

### Zanošenje kapljica „drift“

U procesu aplikacije pesticida dolazi do dezintegracije mlaza otopine pesticida u sitne kapljice koje ne dopijevaju na ciljani objekt zaštite, već ga mimoilaze odnosno skreću sa zamišljenog pravca kojim bi trebale da padnu na površinu biljke naziva se drift ili zanošenje (Sedlar, 2018.). Kod kemijskih mjera zaštite bilja drift predstavlja negativnu pojavu jer uzrokuje oštećenje biljaka na susjednim parcelama pri apliciranju u lošim uvjetima, kao što je veća brzina rada, velika relativna vlažnost zraka, visoke temperature i drugo (Slika 4.).



**Slika 4.** Čimbenici koji utječu na zanošenje tekućine i njezin utjecaj na okoliš (Izvor: Hosseinipour)

**Figure 4.** Factors influencing liquid entrainment and its impact on the environment (Source: Hosseinipour)

Razlikuje se endodrift i eksodrift. Endodrift nastaje razvojem krupnijih kapljica na tlo gdje u prosjeku na njega otpada 10-20 %. Eksodrift je pojava odnošenja sitnih kapljica izvan tretirane površine, gdje iznosi oko 25 % od primijenjene količine otopine. Izravni drift može biti pasivan kada nastaje odnošenjem vjetrom ili aktivan kada kapljice budu odnešene lošim reguliranjem radnih uređaja za zaštitu bilja. Termički drift nastaje insolacijom golih neobraslih površina, a evaporacijski drift nastaje isparavanjem. Važniji činitelji koji utječu na drift su brzina vjetrova i relativna vlažnost zraka, temperatura, tip mlaznice, radna brzina agregata, radni tlak i educiranost rukovatelja. Smanjivanje drifta može se postići izborom za konkretne uvjete određene metode aplikacije, izbjegavanje rada po vjetru, brzinom većom od 3 m/s i temperaturom većom od 23°C. Optimalna brzina agregata, radnog tlaka i adekvatne mlaznice za dane uvjete.

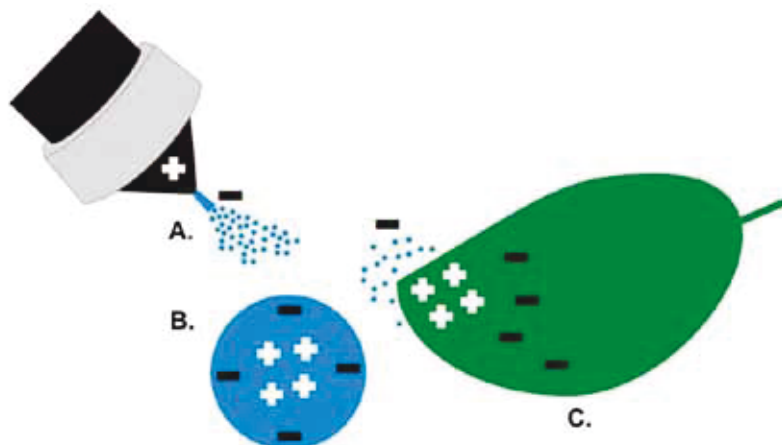
### Elektrostatičko apliciranje zaštitnih sredstava

Elektrostatika je elektromagnetni naboj kapljica zaštitnog sredstva. Elektromagnetni naboj kapljice uzrokuje veliku privlačnu silu između kapljice i lista biljke, koji ima za posljedicu veći depozit kapljica po jedinici površine biljke. Elektrostatika se sastoji od električnih izolatora, koji odvajaju okvir elektrostatike s potencijalnim obručima od okvira atomizera i pretvarača električne struje. Potencijalni obruči napajaju se istosmjernom strujom iz baterije traktora, koja se

pomoću specijalnog pretvarača pretvara u struju visokog napona 12 kV ali male jakosti svega 0,04 mA. Elektrostatičko apliciranje je jedno je od novijih tehnoloških rješenja u aplikaciji zaštitnih sredstava. Obzirom da postoje razne izvedbe uređaja ovisno od proizvođača, ali temeljno načelo rada uređaja za elektrostatičko nabijanje čestica bazira se na privlačenju čestica različitog električnog naboja. Korištenje elektrostatičke metode omogućuje raspršivanje elektrostatiki nabijenih kapljica spreja. Stoga, uz čisto mehaničke sile zbog tlaka tekućine za prskanje i protoka nosećeg zraka puhalo, kapljice također doživljavaju učinke električne sile koja je učinkovita i između kapljica i prije svega između nabijenih kapljica i ciljane biljke. Na taj način postiže se intenzivniji nanos sredstva za apliciranje na ciljanu površinu, dok se istovremeno obavlja ušteda sredstva. Mamidi i sur. (2013.) i Roten i sur. (2013.) navode kako za učinkovitu primjenu pesticida se koristiti elektrostatika zaštita. Al-Mamury i sur. (2014.) navode kako se elektrostatisko prskanje (ESS) koristi za poboljšanje pokrivenosti biljaka tekućinama za tretiranje. Bayat i sur. (2010.) navode kako se elektrostatiskim apliciranjem postiže se potpunija pokrivenost teških ciljeva nego apliciranjem bez naboja, uz minimiziranje gubitka i utjecaja na okoliš. U osnovi, za punjenje tekućina za apliciranje u kemijskoj zaštiti usjeva dostupni su sljedeći elektrostatički procesi: Izravno punjenje, kontaktno punjenje, beskontaktno punjenje (punjenje nakon atomizacije). Metode se razlikuju kako fizički s obzirom na mehanizme punjenja, tako i s obzirom na njihove mogućnosti primjene na apliciranje puhanjem i površinska aplikacija. Kod izravnog punjenja, elektroda za raspršivanje se dovodi u neposrednu blizinu raspršene tekućine. Elektroda za raspršivanje spojena je na visoki napon, što uzrokuje raspršivanje ispred elektrode, a ovisno o polaritetu primijenjenog visokog napona pozitivni ili negativni nositelji naboja difundiraju u sprej. Karakteristično za ovu vrstu punjenja je da raspršivač i spremnik tekućine ostaju uzemljeni i samo je elektroda raspršivača u blizini mlaznice pod visokim naponom. Međutim, zahtijeva pokretanje pražnjenja na elektrodi vrlo visokog napona, također se ne može postići optimalna učinkovitost zbog lutajućih struja koje se pojavljuju u visokonaponskom sustavu. Kod kontaktnog punjenja princip je da je tekućina koja se aplicira pod visokim naponskim potencijalom, a na izlaznoj točki iz mlaznice silama vanjskog polja dolazi do razdvajanja naboja u tekućini. Proces razaranja proizvodi unipolarne nabijene kapljice. Karakteristično za ovu vrstu punjenja je da je cijeli sustav fluida pod visokim naponom i zahtijeva znatne napore da se potpuno odvoji sustav ili se električno odvajanje između spremnika i mlaznice mora napraviti odgovarajućim dugim plastičnim vodovima. Metodom se postiže dobra učinkovitost visokonaponskog sustava. Međutim, u praksi postoje problemi s različitim potencijalnim sposobnostima. Kod beskontaktno metode punjenja se odgovarajućim mjerama u neposrednoj blizini mlaznice za apliciranje uspostavlja električno polje koje uzrokuje odvajanje naboja u tekućini za aplikaciju. Proces razdvajanja proizvodi unipolarne nabijene kapljice. U ovoj vrsti metode punjenja, cijeli tekući sustav je na potencijalu zemlje, samo takozvani "potencijalni prsten" koji stvara električno polje ispred mlaznice i visokonaponsko napajanje od raspršivača do prstena mora biti odgovarajuće izoliran. Ovom metodom postiže se vrlo visoka učinkovitost visokonaponskog sustava. Malašević (2018.) navodi kako elektrostatička privlačna sila višestruko je veća od sile gravitacije, pa se kapljice mogu dizati uvis i potpuno obuhvatiti stabljiku ili krošnju tretirane biljke. Istraživanja su pokazala puno bolje prodiranje kemikalija u strukturu lista i bolje prekrivanje skrivenih površina. Posljedica je manji utrošak zaštitnih sredstava i brži povratak investicije u elektrostatičku zaštitu. Yamane i Miyazaki (2017.) navode kako su primjenom elektrostatičke zaštite ostvarili uštedu apliciranih kemijskih sredstava do 30 %. U električnom polju unutar biljke na kapljice djeluje elektrostatička sila, čija veličina ovisi o količini električnog napona na njoj i o njenoj masi. Ova sila nadvladava nad ustrajnom samo kod lebdećih kapljica, tako je ovaj postupak razumno primjenjivati samo kod finog raspršivanja otopine, bolje nanošenje na površini listova uz porast brzine zraka koji nosi kapljice, a količina depozicije



se smanjuje na prednjoj strani lista, a na zadnjoj se povećava. Na slici 5. prikazan je princip rada elektronabijenih čestica jednog naboja i apliciranje na lisnu masu različitog naboja uslijed čega dolazi do ravnomjerne raspodjele zaštitnog sredstva. Na slici 6. prikazana je usporedba raspodjele zaštitnog sredstva korištenjem konvencionalnog raspršivača i raspršivača s elektrostatičkim nabojem, gdje se može uočiti daleko bolja obostrana lisna pokrivenost kod čestica s nabojem.



**Slika 5.** Princip raspodjele elektrostatičkih nabijenih čestica na lisnu masu (Izvor: sprayers101.com)

**Figure 5.** The principle of distribution of electrostatically charged particles on the leaf mass (Source: sprayers101.com)



**Slika 6.** Raspodjela zaštitnog sredstva korištenjem raspršivača s elektrostatičkim nabojem (gornji listovi) i konvencionalnog raspršivača (donji listovi) (Izvor: Malešević, 2018.)

**Figure 6.** Distribution of protective medium using an electrostatically charged sprayer (upper leaves) and a conventional sprayer (lower leaves) (Source: Malešević, 2018)



Kineski proizvođač elektronike Tathastu omogućuje postavljanje elektrostatičkog sustava na konvencionalnu već postojeću sustave za aplikaciju sredstava (Slika 7.). Konvencionalni sustav za apliciranje ima sve ostale stvari kao što su zračni ventilatori, crpke pod pritiskom tekućine, kvalitetne mlaznice i slično. Tathastu elektrostatički sustav ima jedinicu za generiranje visokog napona s potrebnom snagom. Jedinica za generiranje stvara visoki napon koristeći nominalnu bateriju od 12 volti. Ima jedan ulaz, jedan izlaz i jednu kontrolu. Napon od 12 V koristiti se kao ulazni napon, dok je jedan izlaz upravljačka jedinica, a drugi je izlaz visokog napona. Upravljačka jedinica se koristi za uključivanje/isključivanje elektrostatičke indukcije dok je elektroda dizajnirana oko mlaznice prema jedinici za raspršivanje. Tathastu Electrostatic (Slika 8.) stvara snažno induksijsko elektrostatsko polje oko mlaznice. Kada voda ili bilo kakav otopina prolazi kroz mlaznicu, visokonaponska elektroda puni kapljicu vode, s istim nabojem, one se međusobno odbijaju, stvarajući finu raspršenu maglu. S druge strane biljka ima suprotnim naboj, te privlači čestice suprotnog naboja koje izlaze iz mlaznice. Kapljica pri aplikaciji ulaze duboko u krošnju biljke. Velika prednost elektrostatičke metoda je što se kapljice nikada ne preklapaju jer se do ciljane površine iste kapljice naboja odbijaju. Biljka je pokrivena potpuno i ravnomjerno.



**Slika 7.** Tathastu elektrostatički sistem postavljen na konvencionalnu sustav (Izvor: tathastuservices.com)

**Figure 7.** Tathastu electrostatic system installed on a conventional system (Source: tathastuservices.com)



**Slika 8.** Tathastu elektrostatski system (Izvor: tathastuserVICES.com)

**Figure 8.** Tathastu electrostatic system (Source: tathastuserVICES.com)

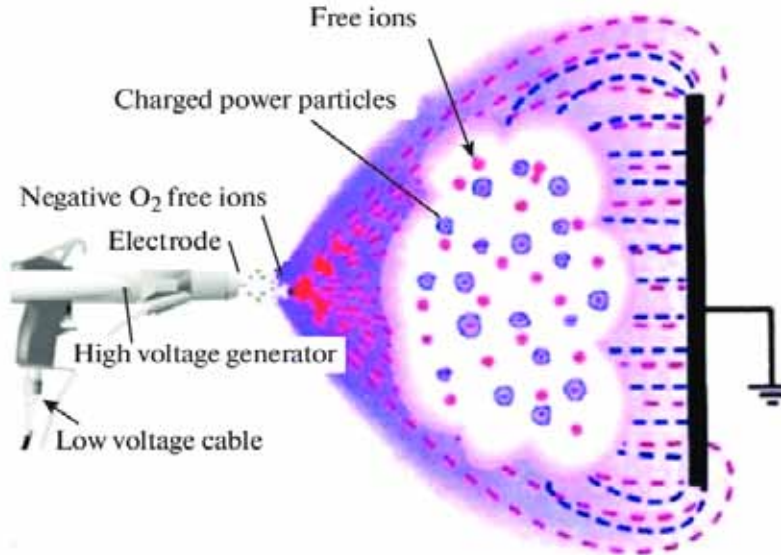
Prednost navedenog sustava je mogućnost korištenja i na malim proizvodnim površinama poput manjih povrtnjaka gdje nije potrebna velika poljoprivredna tehnika već se primjenjuje izvedba za ručnu upotrebu poput konvencionalne leđne prskalice (Slika 9.). Princip rada temelji se na elektrostatički nabijenom spreju koji se kombinira sa silama motora/kompresora i raspršuje posebno dizajniranim mlaznicama i elektrodom unutar raspršivača. Sprej sadrži nabijene čestice koje se mogu snažno zalijepiti za površine i predmete. Budući da su čestice u spreju nabijene, lijepe se i prekrivaju svaku površinu na koju se aplicira. Sustav se sastoji od spremnika, kompresora, elektrostatičkog regulator naboja i elektrostatička mlaznice (Slika 9.). Na slici 10. prikazana je shema rada ručnog uređaja na principu elektrostatičke zaštite.



**Slika 9.** Sustav elektrostatičkog apliciranja putem leđne prskalice (Izvor: tathastuserVICES.com)

**Figure 9.** Electrostatic application system using a backpack sprayer

(Source: tathastuservices.com)



**Slika 10.** Shema procesa elektrostatske zaštite putem ručnog uređaja (Izvor: Golgoon i sur., 2018.)

**Figure 10.** Schematic of the electrostatic protection process using a hand-held device (Source: Golgoon et al., 2018.)

Prilikom upotrebljavanja uređaja za elektrostatičku zaštitu postoji element rizika koji je uključen u raspodjeli bilo kojeg kemijskog sredstva. Pri radu rukovatelj može udahnuti elektrostatsko kemijsko sredstvo koje može biti iritirajuće ili čak štetno, ovisno o njegovom kemijskom sastavu. Zato je važno uvijek procijeniti specifičnu otopinu za čišćenje koja se koristi s elektrostatskim uređajem te nositi odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu (PPE) koja se sastoji od maske, zaštite za oči, pokrivala za ruke. Obzirom da je elektrostatičko apliciranje metoda pomoću koje se precizno aplicirana na kulturu dolazi do manje gubitka kemijskog sredstva i time se smanjuje rizik za rukovatelja.

## Zaključak

Električno nabijanje kapljica pesticida je specijalizirano tehničko područje, čije su prednosti povećana učinkovitost apliciranja, taloženje pesticida na mete biljaka i smanjeno zanošenje. Prednosti elektrostatičke su: kvalitetniji i veći depozit kapljica po jedinici površine biljke zbog kvalitetnije raspodjele kapljica po jedinici površine, smanjuje se utrošak aktivne tvari i do 30 % kao i kod finog apliciranja, elektrostatika omogućava aplikaciju samo s jedne strane uz istovremenu zaštitu kompletne biljke, zbog gore navedenog ostvaruju se značajne uštede i do 50 %, u vremenu aplikacije, gorivu i trošenju strojeva. Elektrostatička aplikacija zaštitnih sredstava ima svoje mjesto i u ekološkoj proizvodnji jer smanjuje negativni utjecaj loše raspodjele zaštitnih sredstava na okoliš. Osim spomenutog, primjenom suvremene tehnike omogućuje se ušteda troškova, manji utrošak sati rada strojeva i ljudi te se zbog brojnih pozitivnih učinaka preporuča za korištenje.

## Literatura

Al-Mamury, M., Balachandran, W., Al-Raweshidy, H., Manivannan, N. (2014.) Computation model of electrostatic spraying in agriculture Industry. Centre for Electronic Systems Research, College of Engineering Design and Physical Sci-

ence Brunel University, United Kingdom.

Backer G. (2004.) Kulturspezifische bewertung von Spuruhrgeblasen im Weinbau, 7. Internationales Symposium zu Technik im Obstaund weinbau, Stuttgart.

Bayat, A., Bolat, A., Soysa, A., Güllü, M and Sarhan H (2010.) Efficiency of different spray application methods in second crop maize "ILASS – Europe 2010.

Baličević, R., Ravlić, M. (2014.) Herbicidi u zaštiti bilja. Priručnik, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Đukić N, Ponjičan O, Sedlar A. (2001.) Novo u tehnici za zaštitu bilja, Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr.Vol. 27, No. 3-4, p. 79-142, Novi Sad.

Ezhilarasi, P.N., Karthik, P., Chhanwal, N., Anandharamkrishnan, C. (2013) Nanoencapsulation techniques for food bioactive components: a review. Food Bioprocess Technology. 6 (3), 628-647.

Gao Y Y, Zhang Y T, Zhao Y C (2013a) Primary studies on spray droplet distribution and control effects of aerial spraying using unmanned vehicle (UAV) against the corn borer, Plant Protection, 152-157.

Gao Y Y. Study on distribution of pesticide droplets in gramineous crop canopy and control effect sprayed by unmanned aerial vehicle (UAV) (2013b) Harbin: Northeast Agricultural University.

He X K, Zeng A J, Liu Y J, Song J L (2011) Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques, International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 4 (1): 35-40.

Hewitt A J, Maber J, Praat J P (2002) Drift management using modeling and GIS systems. Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources, 290-296.

Hu Y G, Liu S Z, Wu W Y Wang J Z, Shen J W (2015). Optimal flight parameters of unmanned helicopter for tea plantation frost protection. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 8 (5): 50-57.

Jurišić, M., Plaščak, I. (2009.): Geoinformacijske tehnologije GIS u poljoprivredi i zaštiti okoliša. Knjiga, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Kušec, V., Stojnović, M., Sito, S., Fabijanić, G., Kušec, I., Arar, M. (2013) Opasnosti i mjere sigurnosti pri uporabi uređaja za zaštitu bilja u poljoprivredi. Glasnik zaštite bilja, 36 (5), 57-64.

Malešević, L. (2018). Osnove elektrotehnike I, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije, Split.

Mamidi, V. R., Ghanshyam, C., Kumar, P. M., Kapur, P. (2013) Electrostatic hand pressure knapsack spray system with enhanced performance for small scale farms. Journal of Electrostatics, 71 (4), 785-790.

Pascuzzi, S., Cerruto, F. (2015) Spray deposition in "tendone" vineyards when using a pneumatic electrostatic sprayer. Crop Prot. 68, 1e11.

Patel, M. K. (2016) Technological improvements in electrostatic spraying and its impact to agriculture during the last decade and future research perspectives–A review. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 9 (1), 92-100.

Patel, M. K., Sahoo, H.K., Nayak, M.K., Kumar, A., Ghanshyam, C., Kumar, A. (2015) Electrostatic nozzle: new trends in agricultural pesticides spraying. SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering. 6-11.

Perez-Masia, R., Lagaron, J.M., Lopez-Rubio, A. (2014) Surfactant-aided electro spraying of low molecular weight carbohydrate polymers from aqueous solutions. Carbohydrate Polymers. 101, 249-255.

Qiu W C, Xue X Y, Zhou L X (2014) Effects of spraying parameters of unmanned aerial vehicle on droplets deposition distribution of maize canopies. Transactions of the CSAE, 30 (5): 50-56.

Roten, Hewitt, Ledebuhr, Thistle, Connell, Wolf, Sankar and Woodward (2013.) Evaluation of spray deposition in potatoes using various spray delivery systems, New Zealand Plant Protection 66: 317-323.

Ru, Y., Zhou, H., Jia, Z., Wu, X., & Fan, Q. (2011) Design and application of electrostatic spraying system. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 35 (1), 91-94.

Rukavina, A. (2015) Testiranje tehničkih sustava u zaštiti bilja na području općine Drenje, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Sedlar, A., Višacki, V., Bugarin, R., Turan, J., Ponjičan, O. (2018) Bezbedna primena pesticida pri zaštiti uljanih kultura. Savremena poljoprivredna tehnika, 44 (3), 117-122.

Teske M E, Thistle H W (2003) Aerial application model extension into the far field, ASAE Annual Meeting, Paper No. 034019.

Yamane, S., Miyazaki, M. (2017) Study on electrostatic pesticide spraying system for low-concentration, high-volume applications. Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ, 51 (1), 11-16.

Zimmer, R., Banaj, Đ., Brkić, D., Košutić S. (1997) Mehanizacija u ratarstvu. Udžbenik. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Zogović, N., Dimić, G. (2008) Zahtevi i tehnološke mogućnosti komunikacionih sistema u preciznoj poljoprivredi. XVI. telekomunikacioni forum TELFOR 2008, Beograd, Srbija, 282-285.

Zhang, Y., Lan, Y., Bradley, K., Xue, X. (2016) Development of aerial electrostatic spraying systems in the United States and applications in China. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 32 (10), 1-7.

Prispjelo/Received: 16.11.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 29.11.2022.

Review paper

## Electrostatic application of protective agents

### Abstract

*The paper presents a modern agricultural technique in the protection of plants through electrostatic charging. The use of electronic devices achieves more efficient and far more precise protection of plants, which represents an increasing challenge during plant production. The use of electrostatic charge when applying protective agents is applicable in classic conventional production and in ecological plant production, which contributes to even greater interest of farmers. The paper presents different agricultural systems for applying protective agents via electrostatic charge.*

**Key words:** plant protection, electrostatic charge, antidrift