

Aleksandar MEŠIĆ, Josip BARČIĆ, Tihomir MILIČEVIĆ, Nikolina MARINIĆ:
Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
amesic@agr.hr

ENDOTERAPEUTSKA METODA APLIKACIJE SREDSTAVA ZA ZAŠTITU BILJA

SAŽETAK

Rad opisuje način rada i opremu za endoterapeutsku metodu primjene sredstava za zaštitu bilja koja je razvijena je s ciljem zaštite visokih stabala od uzročnika bolesti i štetnika, a može se podijeliti na tri tehnike: zalijevanje tla, injektiranje tla i injektiranje debla. Injektiranje debla je učinkovitije i ekološki prihvatljivije od tretiranja tla. Najprikladnija tehnika je injektiranje debla pod kontroliranim pritiskom od 2,5-3,5 bara. Za uspjeh injektiranja vrlo je važno odrediti primjerenu koncentraciju, pri čemu treba uzeti u obzir kako se niža koncentracija škropiva brže absorbira od više koncentracije. Također, stabla „mekog“ drveta usvajaju škropivo brže nego stabla „tvrdog“ drveta, a absorpcija škropiva je brža i za toplog i sunčanog vremena.

Ključne riječi: endoterapeutska metoda, injektiranje debla, uređaji, zaštita drveća

ENDOTHERAPETICAL METHOD OF PLANT PROTECTION PRODUCTS APPLICATION

SUMMARY

The paper describes process mode and devices for endotherapeutical method of pesticide application which is developed to protect high trees from plant diseases and pests and it consist on three techniques: ground watering, ground injecting and trunk injecting. Trunk injecting is more effective and ecologically acceptable than ground application. The most suitable technique is trunk injecting with controlled pressure of 2.5-3.5 bar. For successful application is very important do define ideal concentration of PPP with consideration that lower concentration is absorbed faster than higher one. Moreover, “soft wood” trees absorbing preparation faster than “hard wood” trees. Absorption is faster during warm and sunny weather.

Key words: endotherapeutical method, trunk injecting, devices, trees protection

1. UVOD

Porast populacije štetnika i uzročnika bolesti listova drveća višeg od nekoliko metara, poput mrežaste stjenice platane - *Corythuca ciliata* Say, kestenovog moljca minera – *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, bagremovih moljaca minera – *Parectopa robiniella* Clemens i *Phyllonorycter robiniella* Clemens, palmine pipe – *Rhynchophorus ferrugineus* Oliver i drugih, doveo je do potrebe njihovog suzbijanja (Faleiro, 2006, Macelsjki, 1986, Macelsjki i Mešić, 2001, Mathuram, 1984, Mešić i sur., 2010, 2012). Kako je riječ o stablima koja narastu i više od deset metara u visinu, osnovni problem u njihovom suzbijanju predstavljaju poteškoće pri aplikaciji sredstava za zaštitu bilja. Kvalitetna aplikacija sredstava za zaštitu bilja korištenjem prskalica i orošivača često je nemoguća jer nemaju doseg dovoljan za tretiranje cijele krošnje. Dovoljan doseg moguće je postići uređajima za ULV aplikaciju koji tvore znatno sitnije kapljice i čestice nego prskalice i orošivači, te su jako podložne zanošenju (engl. *drift*) što ih čini neprihvatljivim za primjenu u gradskoj sredini zbog previsokog rizika kontaminacije ljudi, životinje i objekata sredstvima za zaštitu bilja (Mešić i sur., 2008). Kako bi se riješio problem zaštite stablašica od štetočinja, već u 1980-tim (Kovacs, 1984), a još intenzivnije u 1990-tim i 2000-tim pristupilo se razvoju endoterapeutske metode (Barčić i sur., 2004, Clabassi i Tomè, 2000, Fernández-Escobar i sur., 1993, Lupi i Jucker, 2004).

2. ENDOTERAPEUTSKA METODA ZAŠTITE BILJA

Endoterapeutska metoda primjene sredstva za zaštitu bilja temelji se na svojstvu sistemskih ili translokacijskih pesticida da se kreću provodnim sustavom biljke, nakon što putem korijena, kroz deblo ili druge organe dospiju u biljku. Unutar biljke, pesticid se dalje ksilemom i/ili floemom translocira u različite organe, uključujući i lišće, čime oni bivaju zaštićeni od štetočinja. Na taj način omogućena je zaštita dijelova biljaka koji su izvan dosega uobičajeno korištenih prskalica i orošivača, a izbjegnuto je rizik zanošenja primijenjenog sredstva za zaštitu bilja što uzrokuje kontaminaciju ljudi i životinja sredstvima za zaštitu bilja (Mota-Sanchez i sur., 2009, Navarro i sur., 1992).

Endoterapeutska metoda dijeli se na slijedeće tehnike:

- zalijevanje tla škropivom pesticida,
- injektiranje tla i
- injektiranje debla (Barčić i sur., 2004, Mešić i sur., 2008).

2.1. INJEKTIRANJE I ZALIJEVANJE TLA

Endoterapeutske tehnike injektiranja i zalijevanja tla temelje se na usvajanju sistemskog sredstva za zaštitu bilja putem korjenovih dlačica. Nakon što dospije u biljku, sredstvo za zaštitu bilja translocira se ksilemom unutar biljke (Sicbaldi i sur., 1997, Trapp, 2004). Postoje dvije tehnike čijom primjenom je moguće namjenski unijeti sistemsko sredstvo za zaštitu bilja u tlo s ciljem njegova usvajanja od strane biljke – zalijevanje tla i injektiranje tla.

Prije zalijevanja tla, pripremi se škropivo željene koncentracije i njime se zalije tlo iznad korjenovog sustava putem kojega se želi unijeti sredstvo za zaštitu bilja u biljku. Uređaji za ovakav način aplikacije su vrlo jednostavni, a mogu biti ručne prskalice s kojih je uklonjena dizna, obične kante za zalijevanje i sl. Ovakav način aplikacije pesticida vrlo je neprecizan i nepouzdan jer nije moguće odrediti hoće li i u kojoj količini, na ovaj način primijenjeno sredstvo za zaštitu bilja, biljka usvojiti putem korijena i translocirati u nadzemne organe biljke koju se želi zaštititi. Pri ovakvom načinu aplikacije postoje brojni činitelji koji mogu negativno utjecati na usvajanje primijenjenog pesticida od strane biljke. Nakon što se provede zalijevanje tla u zoni korijena, dvojbeno je koliko će sredstva za zaštitu bilja vezati se za koloide tla, kao i koliki dio će se isprati ispod zone korjenovih dlačica i kontaminirati okoliš.

Ubrizgavanjem sredstva za zaštitu bilja izravno u tlo postiže se veća učinkovitost u donošenju sredstva za zaštitu bilja u zonu korjenovih dlačica u odnosu na tehniku zalijevanja tla. Stoga se na ovaj način postiže veća učinkovitost u zaštiti bilja, koja je ipak nedovoljna. I kod tehnike ubrizgavanja sredstva za zaštitu bilja u tlo postoji velik rizik ispiranja pesticida ispod zone korjenovog sustava, a posebno je opasno ispiranje u podzemne vode. Za ubrizgavanje sredstva za zaštitu bilja na određenu dubinu u tlu mogu se koristiti različiti uređaji koji se sastoje od slijedećih dijelova: spremnik škropiva, crpka koja stvara pritisak za potiskivanje škropiva i cijev s otvorima kroz koje se pod tlakom škropivo ubrizgava u tlo (injektor). Pomoću tlačne crpke u spremniku se stvara tlak koji omogućava injektiranje škropiva vodoravno u tlu (Gill i sur., 1999).

Kod obje tehnike (zalijevanja i injektiranja tla) cilj je dopremiti sredstvo za zaštitu bilja u zonu korjenovih dlačica, nakon čega ih one usvajaju, te se translociraju u nadzemne dijelove biljke, koji postaju zaštićeni sistemskim insekticidima ili fungicidima. Da bi se to postiglo potrebno je koristiti velike količine sredstva za zaštitu bilja, ali je nemoguće precizno odrediti koliki dio primijenjenog sredstva za zaštitu bilja će dospjeti u nadzemne dijelove biljke.



Slika 1. Ubrizgavanje insekticida u tlo u zoni korijena pomoću uređaja “Shell-Soil Fumigant Injector Model HI” (snimio A. Mešić)

Figure 1. Insecticide injection into a root area of soil with “Shell-Soil Fumigant Injector Model HI” device (photo A. Mešić)

2.2. INJEKTIRANJE DEBLA

Kod ispravne primjene tehnika ubrizgavanja škropiva fungicida ili zoocida izravno u deblo (injektiranje debla) rizik od kontaminacije okoliša sredstvima za zaštitu bilja sveden je na minimum. U ovu skupinu tehnika endoterapeutske metode ubrajaju se:

- tehnika ubrizgavanja insekticida u deblo difuzijom, pod utjecajem gravitacijske sile,
- tehnika ubrizgavanja pesticida pomoću nekontroliranog vanjskog tlaka izravno u deblo i
- tehnika ubrizgavanja pesticida pomoću kontroliranog vanjskog tlaka izravno u deblo.

Prije ubrizgavanja fungicida i zoocida izravno u bilju, na deblu je potrebno načiniti otvore u koje će se umetnuti metalni nastavci („igle“) kroz koje se pesticid ubrizgava u provodni sustav biljke. Otvori se buše ispod glavnih grana i na mjestima gdje je deblo uzdužno izbočeno cijelom duljinom, odnosno pri dnu debla jer se smatra kako su tamo provodni snopovi najgušći. Za bušenje otvora u deblu koriste se električna svrdla (obično ona za metal) pomjera 2-5 mm, ovisno o tipu uređaja za injektiranje. Deblo se obično buši na dubinu 2-5 cm (Mešić i sur., 2008). Kako bi se spriječio prijenos eventualnih uzročnika bolesti s jednog debla na drugo, svrdla je potrebno dezinficirati nakon svršetka bušenja otvora na svakom

pojedinačnom deblu u 10%-tnoj otopini amonijeve soli ili nekom drugom sredstvu za dezinfekciju. Za sprječavanje infekcija debla oštećenog injektiranjem, po završetku injektiranja otvore je potrebno tretirati karbendazinom, bakrenim sredstvima ili nekom drugim fungicidima (Ferracini i Alma, 2008).

2.2.1. Difuzna tehnika ubrizgavanja škropiva

Uređaji za difuznu tehniku ubrizgavanja škropiva sastoje se od spremnika škropiva s nastavcima za pričvršćivanje na deblo, elastičnih cjevčica za protok škropiva i metalnih cjevčica („igle“). Nakon što se spremnik injektora napuni određenom količinom škropiva primjerene koncentracije, uređaji za difuzno injektiranje pričvrste se na deblo iznad prethodno načinjenih otvora za injektiranje. Iz spremnika prema tlu vode elastične cjevčice koje završavaju metalnim nastavcima („iglama“) koji se umeću u otvore u deblu. Kroz takav sustav cjevčica škropivo pod utjecajem gravitacijske sile („slobodnim padom“) prolazi iz spremnika do provodnog sustava drveta. Pritom dolazi do difuzijskog ulaska škropiva u provodni sustav tretirane biljke. Brzina ulaska škropiva u biljku ovisi ponajprije o fizikalno-kemijskim svojstvima primijenjenog sredstva za zaštitu bilja, vrsti stabla i primijenjenoj koncentraciji škropiva, te o hidro-meteorološkim uvjetima.



Slika 2. Ubrizgavanje pesticida u deblo divljeg kestena difuznim injektorom vlastite konstrukcije (snimio A. Mešić)

Figure 2. Pesticide injecting in horse chestnut tree with own constructed diffusion injector (photo A. Mešić)

2.2.2. Injektiranje pomoću nekontroliranog tlaka

Uređaji namijenjeni za primjenu ove tehnike injektiranja sastoje se spremnika škropiva, manualne klipne crpke i cjevčice („igle“) za injektiranje. Ovakvim uređajem radi se na način da se u otvor u deblu umetne „igla“ za injektiranje, nakon čega se rukom pogura klip koji potiskuje škropivo u biljku. Na taj način ostvaruje se injektiranje pod utjecajem vanjskog tlaka kojeg nije moguće precizno odrediti.

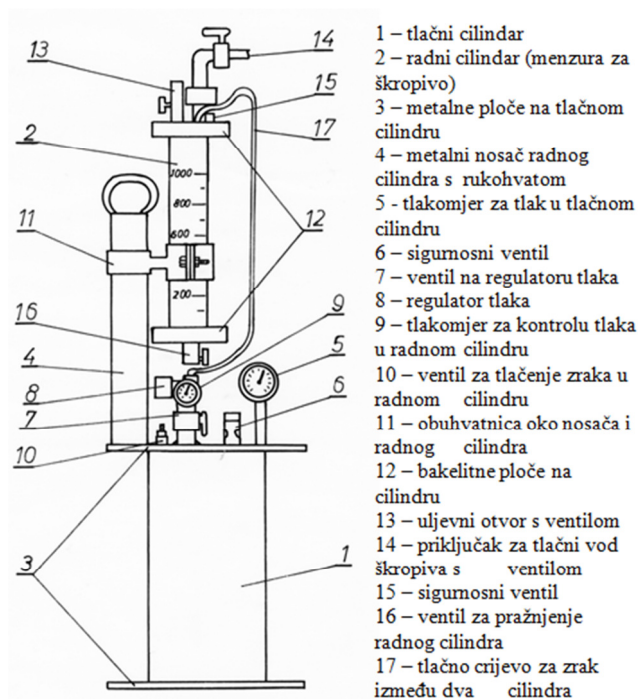
2.2.3. Injektiranje pomoću kontroliranog tlaka

Uređaji za injektiranje debla pomoću kontroliranog tlaka sastoje se od spremnika škropiva, crpke s manometrom i cjevčica za injektiranje. Tip crpke i dodatna oprema razlikuju se ovisno o tipu i složenosti uređaja. Pojedini uređaji su jednostavni i sastoje se samo od osnovnih dijelova, dok postoje i oni sofisticiraniji čiji rad kontrolira i bilježi računala, te imaju neovisno napajanje crpke, koje omogućuje konstantan radni tlak.

Rad jednostavnog injektora pomoću kontroliranog tlaka moguće je pojasniti na primjeru uređaja „Arbosan 3 Steel“ (slika 3), koji ima spremnik za škropivo oblika prozirne menzure – radni cilindar. Radni cilindar je s ostatkom uređaja spojen s dvije cijevi – kroz ulaznu cijev u cilindar se dovodi komprimirani zrak, koji stvara pritisak na škropivo, koje se pod njegovim utjecajem ubrizgava kroz izlaznu cijev van iz cilindra u sustav cjevčica za ubrizgavanje. Škropivo iz radnog cilindra ulazi u jednu izlaznu cijev, koja se dalje grana preko razdjelnika na više cjevčica koje imaju metalne završetke - „igle“ (s ventilima koji reguliraju protok škropiva), a umeću se u otvore na deblu. Broj igala ovisi o broju otvora na deblu kroz koje se škropivo ubrizgava u deblo.

Komprimirani zrak koji vrši pritisak na škropivo u radnom cilindru, ovisno o tipu uređaja, može potjecati od različitih izvedbi kompresora - električni ili akumulatorski, motorni, pneumatski i sl. Uređaj „Arbosan 3 Steel“ ispod radnog cilindra ima pneumatski metalni tlačni cilindar s otvorom za utiskivanje komprimiranog zraka. Obično se prije početka rada cijelog uređaja, u tlačni cilindar kompresorom utisne zrak do tlaka od 6 do 10 bara. Na tlačnom cilindru nalaze se dva manometra – jedan za kontrolu tlaka zraka unutar tlačnog cilindra, dok drugi manometar mjeri tlak zraka koji iz tlačnog cilindra prelazi kroz regulacijski ventil u radni cilindar. Jedno punjenje spremnika komprimiranim zrakom obično je dostatno za 1–3 sata rada. Radni tlak u cilindru sa škropivom je 2-5 bara, ovisno o vrsti biljke koju se tretira i primjenjivanom sredstvu za zaštitu bilja. S opadanjem razine škropiva u radnom cilindru, pada i tlak te ga je potrebno održavati dodavanjem novog komprimiranog zraka iz metalnog tlačnog cilindra. Kod složenijih uređaja, koji imaju crpku s vlastitim pogonom, tlak se održava automatski.

Do 2003. i 2004. godine, u praksi se koristio tlak ubrizgavanja u deblo od 5 i više bara, ali su spoznaje o mogućem mehaničkom oštećivanju provodnog staničja injektirane biljke, ukazale na nužnost smanjivanja tlaka ubrizgavanja škropiva na 2,5-3,5 bara (Mešić i sur., 2008).



Slika 3. Shematski prikaz uređaja „Intus 3 steel“ za injektiranje sredstva za zaštitu bilja pod kontroliranim tlakom u deblo (nacrtao J. Barčić)

Figure 3. Scheme of „Intus 3 steel“ device for plant protection products injection into tree's trunk under controlled pressure (drawing J. Barčić)

3. RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Endoterapeutske tehnike aplikacije u kojima se sredstvo za zaštitu bilja unosi u zonu korjenovih dlačica ima brojne nedostatke, a njihova prednost je što se brzo provode, ne zahtijevaju skupu opremu i niti na koji način ne oštećuju biljku. Unatoč nabrojanim prednostima, ove tehnike nisu prikladne za učinkovitu zaštitu nadzemnih dijelova drveća. Karakterizira ih nedovoljna učinkovitosti jer nije moguće utvrditi vrijeme potrebno da ih biljka absorbira iz tla, ali niti količina u kojoj dospijevaju u biljku. Kod aplikacije pesticida ovim tehnikama prisutni su veliki gubici u tlu, što predstavlja visoki rizik ispiranja sredstava za zaštitu bilja u dublje slojeve tla i kontaminacije podzemnih voda. Kako bi se postigla zaštita biljaka unatoč velikim gubicima, potrebno je koristiti velik količine sredstava za zaštitu bilja, što višestruko poskupljuje zaštitu bilja. Štoviše, primjena ovih tehnika predstavlja značajno veći rizik kontaminacije okoliša o folijarnog tretiranja. Izuzetak predstavlja tretiranje

drveća koje se nalazi u zatvorenim posudama iz kojih škropivo ne može izaći. Zbog svega navedenog, ove metode nisu preporučljive za zaštitu drveća od uzročnika bolesti i štetnika.

Endoterapeutske tehnike izravnog ubrizgavanja sredstva za zaštitu bilja puno su prikladnije od zalijevanja i injektiranja tla, a obično i od folijarne metode. U slučajevima kada je potrebno zaštititi krošnju visokih stabala ili kada se tretiranje pri vjetrovitom vremenu, primjena endoterapeustkih tehnika izravnog injektiranja debla jedina je mogućnost. Osnovna razlika između navedenih tehnika izravnog ubrizgavanja je izvor i iznos tlaka pod kojim se škropivo ubrizgava u biljku. Kod difuzne tehnike ubrizgavanja ne postoji nikakav tlak osim atmosferskog koji djeluje na škropivo. Stoga je ta metoda ujedno i najsporija; često je potrebno više sati, pa i više od dana da biljka usvoji svu količinu škropiva, te je teško provediva na javnim površinama gdje je uređaj s pesticidom izložen prolaznicima i životinjama. Prednost difuzne tehnike je minimalna vjerojatnost oštećivanja provodnog staničja injektirane biljke.

Ubrizgavanjem škropiva pod utjecajem vanjskog tlaka tretiranje biljaka provodi se značajno brže nego kod difuznog injektiranja.

Neovisno o kojoj tehnici izravnog ubrizgavanja škropiva se radi, tijekom dosadašnjih istraživanja došli smo do slijedećih općenitih zaključaka:

- niža koncentracija škropiva brže se usvaja u biljku nego škropivo više koncentracije;
- stabla „mekog“ drveta brže usvajaju škropivo od stabala vrsta „tvrđog“ drveta;
- pri višoj temperaturi i sunčanom vremenu, ubrizgavanje škropiva traje kraće.

Iznimno je značajno prilagoditi koncentraciju škropiva svakom pojedinom sredstvu za zaštitu bilja. S obzirom na različite formulacije i različitu molekularnu strukturu zoocida i fungicida, uspjeh injektiranja uvelike ovisi o koncentraciji jer previsoka koncentracija značajno usporava ili skroz onemogućava usvajanje škropiva i njegovu translokaciju kroz provodne sustave biljke. Na povećanje brzine usvajanja škropiva može se utjecati povećanjem tlaka, ali pritom se značajno povećava rizik mehaničkog oštećenja tretirane biljke.

4. LITERATURA

Clabassi, I., Tomè, A. (2000). Tecnishe endoterapiche su ippocastano contro *Cameraria ohridella*. L'Informatore Agrario 33, 88-91.

Faleiro, J. R. (2006). A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years. International Journal of Tropical Insect Science 26 (3), 135-154.

- Fernández-Escobar, R., Barranco, D., Benlloch, M.** (1993). Overcoming Iron Chlorosis in Olive and Peach Trees Using a Low-pressure Trunk-injection Method. *Hortscience* 28 (3), 192-194
- Ferracini, Ch., Alma, A.** (2008). How to preserve horse chestnut trees from *Cameraria ohridella* in the urban environment? *Crop Protection*, 27 (9), 1251–1255
- Gill, S., Jefferson, D. K., Reeser, R. M., Raupp, M. J.** (1999). Use of soil and trunk injection of systemic insecticides to control lace bug on hawthorn. *Journal of Arboriculture* 25 (1): 38-42
- Kovacs, A.** (1984). Applicazione di fitofarmaci per infusione de iniezione. *Informatore fitopatologico* 1, 25-30
- Lupi, D., Jucker, C.** (2004). Efetti dell'endoterapia nel contenimento di *Cameraria ohridella*. *Informatore Fitopatologico* 5, 33-36.
- Maceljski, M.** (1986). Current status of *Corythuca ciliata* in Europe. *EPPO Bulletin*, 16 (4), 621-624.
- Maceljski, M., Mešić, A.** (2001). *Phyllonorycter robiniella* Clemens (Lep. Gracillariidae)-novi štetnik bagrema u Hrvatskoj. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 66 (4), 225-232.
- Mathuram, M.** (1984). Trunk injection of undiluted insecticides - a method to control coconut red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Fab. *Indian Coconut Journal* 15 (2), 12-14.
- Mešić, A., Barčić, J., Igrc Barčić, J., Miličević, T., Duralija, B., Gotlin Čuljak, T.** (2008). A low environmental impact method to control horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* (Deschka et Dimić). *Journal of food agriculture & environment* 6 (3-4), 421-427.
- Mešić, A., Gotlin Čuljak, T., Miličević, T.** (2010). Dinamika populacije invazivne vrste *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Gracilariidae) u središnjoj Hrvatskoj. *Šumarski list: znanstveno-stručno i staleško glasilo Hrvatskoga šumarskog društva* 7-8, 387-394.
- Mešić, A., Miličević, T., Grubišić, D., Duralija, B., Marić, Ante; Popović, A.** (2012). Suzbijanje kestenovog moljca minera (*Cameraria ohridella*) tretiranjem lišća. *Šumarski list* 5-6, 245-252.
- Mota-Sanchez, D., Cregg, B. M., McCullough, D. G., Poland, T. M., Hollingworth, R. M.** (2009). Distribution of trunk-injected ¹⁴C-imidacloprid in ash-trees and effects on emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) adults. *Crop Protection* 28 (6), 655-661
- Navarro, C., Fernández-Escobar, R., Benlloch, M.** (1992). A low-pressure, Trunk-injection Method for Introducing Chemical Formulations into Olive Trees. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 117 (2): 357-360

- Sicbaldi, F., Sacchi, G. A., Trevisan, M., Del Re, A. A. M.** (1997). Root Uptake and Xylem Translocation of Pesticides from Different Chemical Classes. *Pest Management Science* 50 (2), 111-119.
- Trapp, S.** (2004). Plant uptake and transport models for neutral and ionic chemicals. *Environmental Science and Pollution Research* 11 (1), 33-39.