

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 za zaštitu visokih stabala od uzročnika bolesti i štetnika, a može se podijeliti na tri tehnike: zalijevanje tla, injektiranje tla i injektiranje debla. Injektiranje debla učinkovitije je i ekološki prihvatljivije od tretiranja tla. Najprikladnija tehnika jest injektiranje debla pod kontroliranim tlakom od 2,5-3,5 bara. Za uspjeh injektiranja vrlo je važno odrediti primjerenu koncentraciju škropiva, pri čemu treba uzeti u obzir da se niža koncentracija brže absorbira od više koncentracije. Također, stabla „mekoga“ drveta usvajaju škropivo brže nego stabla „tvrdoga“ drveta, a absorpcija škropiva brža je i za toplog i sunčanog vremena.

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

UVOD

Porast populacije štetnika i uzročnika bolesti listova drveća višeg od nekoliko metara, poput mrežaste stjenice platane - *Corythuca ciliata* Say, kestenova 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 njihova suzbijanja (Faleiro, 2006, Maceljki, 1986, Maceljki i Mešić, 2001, Mathuram, 1984, Mešić i sur., 2010, 2012). Ta stabla narastu i više od deset metara u visinu, pa je osnovni problem u suzbijanju njihovih štetnika i uzročnika bolesti jesu poteškoće pri aplikaciji sredstava za zaštitu bilja (Greenham i Brown, 1957). Kvalitetna aplikacija sredstava za zaštitu bilja prskalicama i orošivačima često nije moguća jer prskalice i orošivači nemaju doseg dovoljan za tretiranje cijele krošnje. Dovoljan doseg može se postići uređajima za ULV aplikaciju koji tvore znatno sitnije kapljice i čestice nego prskalice i orošivači, ali takve su čestice jako podložne zanošenju (engl. *drift*), pa taj način nije prihvatljiv za primjenu u gradskoj sredini zbog previsokog rizika za kontaminaciju ljudi, životinja i objekata sredstvima za zaštitu bilja (Mešić i sur., 2008). Da bi se riješio problem zaštite stablašica od štetoinja, već u 1980-im (Kovacs, 1984), a još intenzivnije u 1990-im i 2000-im pristupilo se razvoju endoterapeutske metode (Barčić i sur., 2004, Clabassi i Tomè, 2000, Fernández-Escobar i sur., 1993, Lupi i Jucker, 2004).

1. ENDOTERAPEUTSKA METODA ZAŠTITE BILJA

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

Endoterapeutska metoda dijeli se na ove tehnike:

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

1.1. 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 kojima se može sistemsko sredstvo za zaštitu bilja unijeti 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 korjenova sustava putem kojega se u biljku želi unijeti sredstvo za zaštitu bilja. Uređaji za takav način aplikacije vrlo su jednostavni, a mogu biti ručne prskalice s kojih je uklonjena dizna, obične kante za zalijevanje i sl. Takav način aplikacije pesticida vrlo je neprecizan i nepouzdan. Tim načinom ne može se odrediti hoće li i u kolikoj će količini na taj način primijenjeno sredstvo za zaštitu bilja, biljka usvojiti putem korijena i translocirati u nadzemne organe biljke koju se želi zaštititi. Pri takvom načinu aplikacije postoje brojni činitelji koji mogu nepovoljno utjecati na to da biljka usvoji primijenjeno SZZB. Nakon što se provede zalijevanje tla u zoni korijena, dvojbena je koliko će se sredstva za zaštitu bilja vezati za koloide tla, te i koliki će se dio isprati ispod zone korjenovih dlačica i kontaminirati okoliš (Barčić i sur., 2004, Cowles i sur., 2006).

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 taj način postiže veća učinkovitost u zaštiti bilja, ali i takva učinkovitost ipak nije dovoljna. I u primjeni tehnike ubrizgavanja sredstva za zaštitu bilja u tlo postoji velik rizik ispiranja SZZB ispod zone korjenova sustava, a osobito je opasno ispiranje u podzemne vode. Sredstva za zaštitu bilja na određenu dubinu u tlu mogu se

ubrizgavati različitim uređajima koji se sastoje od ovih 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 tlo (Gill i sur., 1999).

Obim tehnikama (zalijevanju i injektiranju tla) cilj je dopremiti sredstvo za zaštitu bilja u zonu korjenovih dlačica, nakon čega ih ga one usvajaju te translociraju u nadzemne dijelove biljke, koji postaju zaštićeni sistemskim insekticidima ili fungicidima. Da bi se to postiglo, potrebno je primijeniti velike količine sredstva za zaštitu bilja, ali ipak se nemože odrediti koliki će dio primijenjenoga SZZB zaista 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)

1.2. INJEKTIRANJE DEBLA

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

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

Prije ubrizgavanja fungicida i zoocida izravno u biljku, na deblu je potrebno načiniti otvore u koje će se umetnuti metalni nastavci („igle“) kroz koje se SZZB 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 da su tamo provodni snopovi najgušći. Za bušenje Otvori u deblu buše se električnim svrdlima (obično svrdlima za metal) pomjera 2-5 mm, ovisno o tipu uređaja za injektiranje. Deblo se obično buši na 2-5 cm dubine (Mešić i sur., 2008). Da bi se spriječio prijenos eventualnih uzročnika bolesti s jednoga debla na drugo, svrdla je potrebno dezinficirati nakon završetka bušenja otvora na svakom pojedinačnom deblu u 10 %-tnoj otopini amonijeve soli ili u nekom drugom sredstvu za dezinfekciju. Za sprječavanje infekcija debla oštećenog injektiranjem, nakon završetka injektiranja otvore je potrebno tretirati karbendazinom, bakrenim sredstvima ili nekom drugim fungicidima (Ferracini i Alma, 2008).

1.2.1. Difuzna tehnika ubrizgavanja škropiva

Uređaji za difuznu tehniku ubrizgavanja škropiva sastoje se od spremnika škropiva s nastavcima za pričvršćivanje na debla, elastičnih cjevčica za protok škropiva i metalnih cjevčica („igala“). Nakon što se spremnik injektora napuni određenom količinom škropiva primjerene koncentracije, uređaji za difuzno injektiranje pričvrste se na debla iznad prethodno načinjenih otvora za



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

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

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 provodnoga sustava drveta. Pritom škropivo difuzijom ulazi u provodni sustav tretirane biljke. Brzina ulaska škropiva u biljku ovisi

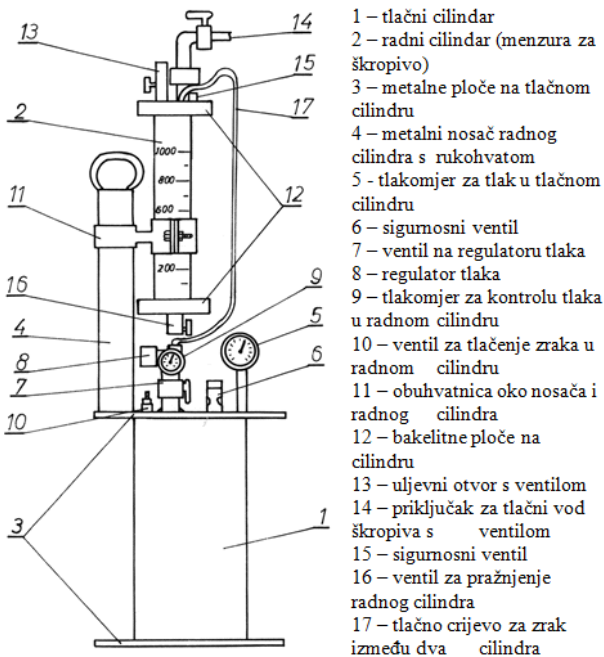
ponajprije o fizikalno-kemijskim svojstvima primijenjenoga sredstva za zaštitu bilja, vrsti stabla i primijenjenoj koncentraciji škropiva te o hidro-meteorološkim uvjetima (Navarro i sur., 1992, Tattar i sur., 1998).

1.2.2. Injektiranje s pomoću nekontroliranoga tlaka

Uređaji namijenjeni za primjenu ove tehnike injektiranja sastoje se spremnika škropiva, ručne klipne crpke i cjevčice („igle“) za injektiranje. Takvim uređajem radi se tako da se u otvor u deblu umetne „igla“ za injektiranje, a potom se rukom pogura klip koji potiskuje škropivo u biljku. Na taj način ostvaruje se injektiranje pod utjecajem vanjskoga tlaka koji se ne može precizno odrediti (Gill i sur., 1999, Percival i Boyle, 2005, Sclar i Cranshaw, 1996).

1.2.3. Injektiranje s pomoću kontroliranoga tlaka

Uređaji za injektiranje debla s pomoću kontroliranoga tlaka sastoje se od



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

spremnika škropiva, crpke s manometrom i cjevčica za injektiranje. Tip crpke i dodatna oprema razlikuju se ovisno o tipu i složenosti uređaja. Pojedini uređaji jednostavni su i sastoje se samo od osnovnih dijelova, a postoje i sofisticiraniji uređaji te njihov rad kontrolira i bilježi računalo, a imaju neovisno napajanje crpke, koje omogućuje konstantan radni tlak.

Rad jednostavnog injektora s pomoću kontroliranoga tlaka može se pojasniti na primjeru uređaja „Arbosan 3 Steel“ (slika 3). Taj uređaj ima spremnik za škropivo oblika prozirne menzure – radni cilindar. Radni je cilindar 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 kroz izlaznu cijev ubrizgava iz cilindra u sustav cjevčica za ubrizgavanje. Škropivo iz radnoga

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 tlači škropivo u radnom cilindru, ovisno o tipu uređaja, mogu davati različite izvedbe kompresora - električni ili akumulatorski, motorni, pneumatski i sl. Uređaj „Arbosan 3 Steel“ ispod radnoga cilindra ima pneumatski metalni tlačni cilindar s otvorom za utiskivanje komprimiranoga 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 tlačnoga cilindra, a drugi manometar mjeri tlak zraka koji iz tlačnoga cilindra prelazi kroz regulacijski ventil u radni cilindar. Jedno punjenje spremnika komprimiranim zrakom obično je dostatno za 1 do 3 sata rada. Radni tlak u cilindru sa škropivom jest 2-5 bara, ovisno o vrsti biljke koju se tretira i o primjenjivanom sredstvu za zaštitu bilja. S opadanjem razine škropiva u radnom cilindru pada i tlak te ga je potrebno održavati dodavanjem novoga komprimiranoga zraka iz metalnoga tlačnoga cilindra. U složenijim uređajima, koji imaju crpku s vlastitim pogonom, tlak se održava automatski.

Do 2003. i 2004. godine u praksi se primjenjivao tlak ubrizgavanja u deblo od 5 i više bara, ali spoznaje o mogućem mehaničkom oštećivanju provodnoga staničja injektirane biljke, uputile su to da je prijeko potrebno smanjiti tlak ubrizgavanja škropiva na 2,5-3,5 bara (Barčić i sur., 2004, Mešić i sur., 2008).

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Endoterapeutske tehnike aplikacije u kojima se sredstvo za zaštitu bilja unosi u zonu korjenovih dlačica ima brojne nedostatke, a njihova prednost jest u tome što se brzo provode, i što ne zahtijevaju skupu opremu, a ni na koji način ne oštećuju biljku. Unatoč tim prednostima, te tehnike nisu prikladne za učinkovitu zaštitu nadzemnih dijelova drveća. Nisu dovoljno učinkovite jer se ne može utvrditi vrijeme potrebno da ih biljka sredstvo absorbira iz tla, ali ne može se odrediti količina sredstva u koje dospijeva u biljku. Pri aplikaciji pripravaka tim tehnikama postoje veliki gubitci u tlu, pa postoji visoki rizik ispiranja sredstava za zaštitu bilja u dublje slojeve tla i kontaminacije podzemnih voda. Da bi se postigla zaštita biljaka unatoč velikim gubitcima, potrebno je primijeniti velik količine sredstava za zaštitu bilja, što višestruko poskupljuje zaštitu bilja. Štoviše, primjena tih tehnika zapravo donosi znatno veći rizik kontaminacije okoliša nego folijarno tretiranje. U tome su iznimka tretiranje biljake koje se nalaze u zatvorenim posudama, iz kojih škropivo ne može izići. Zbog svega navedenoga, te 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 su prikladnije od folijarne metode. U slučajevima kad je potrebno zaštititi krošnju visokih stabala ili kada se tretiranje provodi pri vjetrovitom vremenu, primjena

endoterapeustskih tehnika izravnog injektiranja debla zapravo je jedina mogućnost. Osnovna razlika u navedenim tehnikama izravnog ubrizgavanja jest izvor i iznos tlaka pod kojim se škropivo ubrizgava u biljku. U difuznoj tehnici ubrizgavanja ne postoji nikakav tlak osim atmosferskoga tlaka koji djeluje na škropivo. Stoga je stoga ta metoda ujedno i najsporija; često je potrebno više sati, pa i više od dana da biljka usvoji svu količinu škropiva, te je stoga teško provediva na javnim površinama gdje je uređaj s pesticidom izložen prolaznicima i životinjama. Prednost difuzne tehnike jest u minimalnoj vjerojatnosti da će se oštetiti provodno staničje injektirane biljke.

Ubrizgavanjem škropiva pod utjecajem vanjskoga tlaka tretiranje biljaka provodi se znatno brže nego pri difuznom injektiranju.

Neovisno o tehnici izravnog ubrizgavanja škropiva, tijekom dosadašnjih istraživanja došli smo do ovih općenitih zaključaka:

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

Iznimno je važno 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 znatno usporava ili potpuno onemogućava usvajanje škropiva i njegovu translokaciju kroz provodne sustave biljke. Na povećanje brzine usvajanja škropiva može se utjecati povećanjem tlaka, ali pritom se znatno povećava rizik za mehaničko oštećenje tretirane biljke.

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

LITERATURA

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

Cowles, R. S., Montgomery, M. E., Cheah, C. S-J. (2006). Activity and Residues of Imidacloprid Applied to Soil and Tree Trunks to Control Hemlock Woolly Adelgid (Hemiptera: Adelgidae) in Forests. Journal of Economic Entomology, 99(4):1258-1267.

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., Benloch, 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

Greenham, C. G., Brown, A. G. (1957). Control of mistltote by trunk injection. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 23, 308-317.

Kovacs, A. (1984). Appliazione 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: Gracillariidae) 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., Benloch, 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.
- Percival, G. C., Boyle, S.** (2005). Evaluation of microcapsule trunk injections for the control of apple scab and powdery mildew, *Annals of Applied Biology*, 147 (1): 119-127.
- Sclar, C. D., Cranshaw, W. S.** (1996). Evaluation of New Systemic Insecticides for Elm Insect Pest Control. *Journal of Environmental Horticulture*, 14 (1): 22-26.
- 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.
- Tattar, T. A., Dotson, J. A., Ruizzo, M. S., Steward, B. V.** (1998). Translocation of imidacloprid in three tree species when trunk- and soil-injected. *Journal of Arboriculture*, 24 (1): 54-56 .
- Trapp, S.** (2004). Plant uptake and transport models for neutral and ionic chemicals. *Environmental Science and Pollution Research*, 11 (1), 33-39.