

**SZELEKTÍV HATÁSÚ LÁRVAÖLŐ KÉSZÍTMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA *AEDES AEGYPTI* (LINNAEUS) ÉS *CULEX PIFIENS* LINNAEUS CSÍPŐSZÚNYOG (CULICIDAE) FAJOKON**

**ZÖLDI VIKTOR<sup>1</sup> – FEKETE GÁBOR<sup>2</sup> – DARVAS BÉLA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Országos Epidemiológiai Központ, Dezinszekciós és Deratizációs Osztály, 1097. Budapest, Gyáli út 2-6.

<sup>2</sup>Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, 1022. Budapest, Herman Ottó u. 15.

**COMPARATIVE STUDIES OF SELECTIVE LARVICIDES ON *AEDES AEGYPTI* (LINNAEUS) AND *CULEX PIFIENS* LINNAEUS (CULICIDAE)**

**V. ZÖLDI<sup>1</sup> – G. FEKETE<sup>2</sup> – B. DARVAS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Center for Epidemiology, Department of Insecticide and Deratization, H-1097. Gyáli road 2-6., Budapest, Hungary

<sup>2</sup>Plant Protection Institute of Hungarian Academy of Sciences, Department of Ecotoxicology and Environmental Chemistry, H-1022. Herman Ottó street 15., Budapest, Hungary

**ABSTRACT:** Effectivity of larvicides were investigated on L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> instars of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Culex pipiens* Linnaeus. LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub> values of three active ingredients (technical grade) of insect development and reproduction disrupters (*IDRD*: *diflubenzuron*, *fenoxycarb*, *pyriproxyfen*), a botanical insecticide (neem seed kernel extract) and different products of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) were calculated for these two species after 96 hrs, and 48 hrs in case of *Bti*. At least 5 concentrations, 4 repetitions (8-15 larvae in each) were used under laboratory conditions. There is a species-dependent difference between the efficacy of *IDRDs* and neem seed kernel extract partially due to different modes of life of larvae. The obtained LC<sub>95</sub> values were compared with available water toxicological data leading to the conclusion that those concentrations of *IDRDs* may be hazardous for other sweet water organisms. Only *diflubenzuron* may be a useful tool, but only in artificial water systems (artificial ponds in cities, fountain etc.) against mosquito larvae. Neem seed kernel extract, however, maybe used in natural living waters in respect to its low toxicity on sweet water organisms. There is no species-dependent difference of short-term efficacy *Bti* products regarding mortality, however, effective dose depends not only from water quality, but from water depth.

**Key words:** *Aedes aegypti*, *Culex pipiens*, *IDRD*, *diflubenzuron*, *fenoxycarb*, *pyriproxyfen*, neem, *Bti*, persistence

## Bevezetés

A rovarok elleni kémiai védekezés nagyrészt idegmérgek (foszforsavészterek, zoocid karbamátok, piretroidok) alkalmazásán alapul (PAP 2000). Ezek negatív környezet-egészségügyi mellékhatásainak felismerésekor fordult a fejlesztés az összehasonlító élettan felé és kereste azokat a speciális biokémiai folyamatokat, amelyek a rovarokra jellemzők. Ezek támadásával ugyanis szelektív hatóanyagok kifejlesztésére nyílt lehetőség. A kutatás két hasznosítható területet talált: a kitin-tartalmú kutikulát és a rovarok hormonális rendszerét. Az ezen a területen ható anyagokat *IDRD (Insect Development and Reproduction Disrupters)* hatóanyagoknak nevezték el (DARVAS 1997; DARVAS és WEAVER 2000).

A *diflubenzuron* a polimer természetű kitin alegységei (acetil-glükózamin) szállításának gátlójaként akadályozza a külső vázként és köztakaróként is funkcionáló kutikula képződését. Jellemzően a vedléskor okoz zavart, amikor a kitinhiányos új kutikula fölreped, és a rovarok jelentős mennyiségű vérnyirkot veszítve elpusztulnak. E hatás specificitására jellemző, hogy a *diflubenzuron* nem gátolja más szervezetek rokon biokémiai folyamatait: a gombák kitinpolimerizációját, vagy a tyúk, az egér és a patkány hialuronsav-bioszintézisét. Csípőszúnyog (*Culicidae*) lárvák elleni védekezéshez 25-100 g/ha dózisban alkalmazzák (TOMLIN ED. 2003).

A *diflubenzuron* *Aedes* és *Culex* lárvákon való hatásossága a hetvenes évek óta ismert (MULLA és DARWAZEH 1975; SCHAEFFER ET AL. 1975; TAKAHASHI és OHTAKI 1976). *Anopheles* fajokon való hatását a nyolcvanas években (EL-SAFI és HARIDI 1986) írták le. A *diflubenzuron* emlős- és madártoxikológiai adatai kedvezőek ( $LD_{50} > 4640$  mg/kg), ebből adódóan a humán mérgeződés valószínűsége csekély. A *fenoxycarb* nevű juvenoid a rovarok juvenilhormon-specifikus folyamataiba avatkozik be, olyan módon, hogy annak hatásait utánozza. Gátolja a normális fejlődési (öregedési) folyamatokat, visszatartja a lárvális karaktereket. A *fenoxycarb* hatását MULLA és munkatársai (1985; 1986) *Aedes* és *Culex* lárvákról ismertették. E hatóanyag toxikológiai veszélyessége emlősökön és madáron szinte elhanyagolható (patkány akut orális  $LD_{50} > 10000$  mg/kg, illetve fürj akut orális  $LD_{50} > 7000$  mg/kg). Az ugyancsak juvenoid *pyriproxyfen* rovaroknál gátolja az embrionális és posztembrionális fejlődést, de emellett a szaporodást is megzavarja, hiszen felnőtt korban a juvenilhormon a peteérésben jelentős szerepet játszik. A *pyriproxyfen* hatását *Culex* fajokról MULLA és munkatársai (1986) ismertették. Akut orális toxicitása emlősön és madáron egyaránt kedvező ( $LD_{50} > 5000$  mg/kg illetve 2000 mg/kg).

Az indiai szent *neem* fa, az *Azadirachtin indica* számos allelokemikáliát termel, ezek közül az *azadirachtinok* a 20-hidroxi-ekdizon, a vedlési hormon antagonistái. Ennek megfelelően zavarják a rovarok vedlési folyamatát. Emlős toxicitásuk kedvező, a patkányon mért akut orális  $LD_{50}$  5000 mg/kg-nál magasabb érték. A Dél-Ázsiában honos fa magjának olajából az ott lakók tradicionális botanikai rovarölő szert állítanak elő. Indiában közismert volt, hogy azoknak a háznak az udvarán kevesebb a csípőszúnyog, ahol *neem* fa áll, viszont csak a nyolcvanas évektől vannak mért adatok a lárvölő hatás pontos leírására (ZEBITZ 1984).

Az *IDRD*-konceptiótól eltérő fejlesztési irány a rovarok kórokozóit kutatta, s végül a *Bacillus thuringiensis* patotípusaiban megfelelő ágenst talált. A *B. thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) entomopatogén baktérium  $\delta$ -endotoxinja a *Culicidae* család lárvastádiumaira szelektív hatóanyag.  $LC_{50}$  értékét három, részben eltérő táplálkozási viselkedéssel jellemezhető fajon határozták meg REY és

munkatársai (2003). A tesztelt fajok: *Anopheles stephensi* Liston, *Culex pipiens* Linnaeus és *Aedes albopictus* (Skuse); az átlagos  $LC_{50}$  értékek: 0,18 mg/l, 0,12 mg/l és 0,04 mg/l. *Aedes aegypti* (Linnaeus)-re, *A. stephensi*-re és *Culex quinquefasciatus* Say-ra GUNASEKARAN és munkatársai (2004) határoztak meg  $LC_{50}$  értéket:  $1,74 \times 10^{-3}$  ppm,  $2,13 \times 10^{-3}$  ppm és  $2,77 \times 10^{-3}$  ppm, valamint  $LC_{90}$ -et is:  $4,98 \times 10^{-3}$  ppm,  $8,35 \times 10^{-3}$  és  $8,43 \times 10^{-3}$  ppm.

## Anyag és módszer

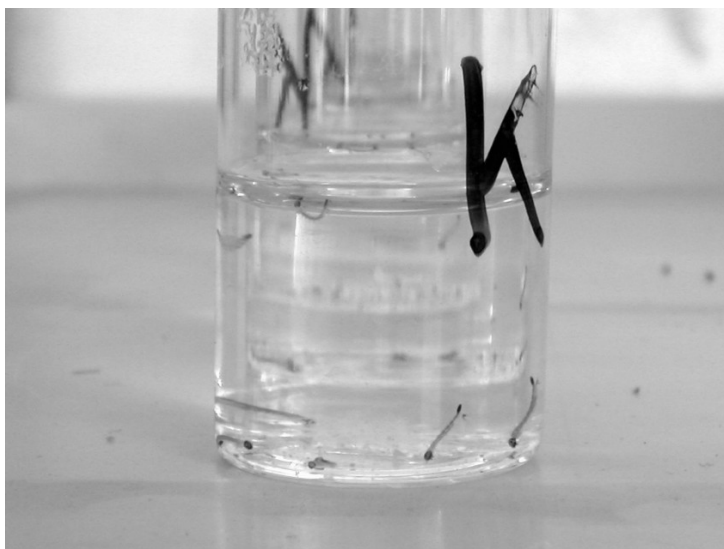
Az *A. aegypti* és a *C. pipiens* részben eltérő életmódú és táplálkozású lárváin határoztuk meg a hatóanyagok  $LC_{50}$  és  $LC_{95}$  értékét. Az *A. aegypti* főként az aljzaton táplálkozó faj, a lárvák többnyire csak a légvételnél tartózkodnak a vízfelszínen. A *C. pipiens* a mélyebb vízrétegekből és a vízfelszínről egyaránt táplálkozik, az előző fajnál gyakrabban függeszkedik a felszíni folyadékhártyán.

Vizsgálatok IDRD-típusú anyagokkal (*diflubenzuron*, *fenoxycarb*, *pyriproxyfen*)

A kiválasztott technikai tisztaságú hatóanyagok: a *diflubenzuron* (Duphar), a *fenoxycarb* (Sigma-Aldrich) és a *pyriproxyfen* (Summit-Agro, ADMIRAL 10 EC-ből Székács András – MTA NKI – tisztította). Mindhárom hatóanyagból van jelenleg Magyarországon a növényvédelmi gyakorlatban engedélyezett készítmény. Csípőszúnyog lárvák elleni védekezésre azonban – a *methoprene* juvenoid hatóanyag kivételével – hazánkban nincs engedélyezett IDRD hatóanyagú készítmény.

A vizsgálatokat *faces* poharas kísérletekkel végeztük, minden esetben legalább 5 koncentrációval, 4 ismétlésben, úgy, hogy minden pohárba 8-15  $L_3$ -as, fiatal  $L_4$ -es stádiumú lárvát helyeztünk 10 ml, csapvízzel készült oldatba (1. ábra). Az *A. aegypti* lárvák táplálékként örölt, száraz macskatápot, míg a *C. pipiens* lárvák vérlisztet kaptak. A kísérletet  $26 \pm 2$  °C hőmérsékleten végeztük, napi 16 órás megvilágítás mellett. A hatóanyagok vízdoldhatóságának fokozására DMSO (dimetil-szulfoxid) oldatot használtunk, maximum 1 ml/liter dózisban, ami méréseink szerint a lárvák mortalitását nem befolyásolta.

Vizsgáltuk a hatóanyagok viselkedését napfénynek kitett, illetve sötét, de meleg helyen való tárolást követően. A számított  $LC_{95}$  értékeknek megfelelő koncentrációjú oldatokat készítettünk, majd azok egy részét közvetlen napsugárzás hatásának tettük ki. Az oldatok másik részével hasonlóan jártunk el, de azokat előzőleg alufóliával becsomagoltuk. Az így tárolt oldatokból a fenti módszer szerint *A. aegypti* lárvákkal állítottuk be a kísérleteket a 0., 1., 3. és 7. napon (nappali hőmérséklet: 28-33°C, éjszakai hőmérséklet: 16-21°C). Az  $LC_{50}$  és  $LC_{95}$  értékek számításához Microsoft® Excel 2000 programot, (regresszió analízis) és egyutas ANOVA-t alkalmaztunk, míg a napsugárzásnak kitett, illetve alufóliával becsomagolt oldatok hatásait t-próbával vetettük össze, Statistica 5.5 program segítségével.



**1. ábra.** *Aedes aegypti* lárvákkal végzett kísérlet, aljzaton táplálkozó L<sub>4</sub>-es lárvák

Vizsgálatok botanikai rovarölő szerrel (*neem* magkivonat)

A *neem* magkivonat a világ számos országában készített és használatos botanikai inszekticid. Az általunk használt *neem* magkivonat *azadirachtin A* tartalma 1500 mg/kg. Az *IDRD* készítményeknél leírtak szerint végeztük a lárvateszteket. Kiszámítottuk az LC<sub>50</sub> és LC<sub>95</sub> értékeket mindkét szúnyogfaj esetében, és az *A. aegypti* lárvákon vizsgáltuk a biológiai aktivitás változását közvetlen napfénynek kitett illetve sötét, de meleg tárolás után. A *neem* kivonat vízdoldhatóságának fokozására segédanyagként NONIT-ot (dioktil-szulfoszukcinát-nátrium) használtunk 0,025%-os, a lárvákra inaktív koncentrációban.

A hatástartóssági teszteket az *IDRD* anyagok vizsgálatánál leírt módon végeztük.

Vizsgálatok *Bti* hatóanyagú készítményekkel

A különböző, *Bti* hatóanyagú készítmények hatását, hatástartósságát szintén *faces* poharas kísérletben hasonlítottuk össze. A kiválasztott készítmények: VECTOBAC 12 AS (1200 ITU/mg), VECTOBAC WDG (3000 ITU/mg – Magyarországon jelenleg engedélyezés alatt), homokgranulátum (VECTOBAC TP – 5000 ITU/mg, kvarchomok, étolaj) és VECTOBAC 12 AS + növényi őrlemény, mint vivőanyag. A kiindulási készítmények gyártója a Valent BioSciences.

A hatástartóssági teszteket a korábbiakban leírt módon végeztük.

## Eredmények

*IDRD*-típusú anyagok (*diflubenzuron*, *fenoxycarb*, *pyriproxyfen*) hatékonysága csípőszúnyog lárvákon

Az *IDRD* anyagok hatásukat általában a kezelést követő első vedlés idején, illetve *fenoxycarb* esetén a lárvabáb átalakulás során fejtik ki, ami megegyezik az

általunk is tapasztaltakkal, így az LC<sub>50</sub> és az LC<sub>95</sub> értékek meghatározását a beállítást követő 96. órában kapott mortalitási adatokból végeztük el (1. és 2. táblázat).

**1. táblázat.** *IDRD* anyagok *Aedes aegypti* lárvákra mért LC<sub>50</sub> és LC<sub>95</sub> értékei

Hatóanyag	LC <sub>50</sub> (konf. intervallum) µg/l 96 h	LC <sub>95</sub> (konf. intervallum) µg/l 96 h
<i>diflubenzuron</i>	2,51 (0,91-3,62)	4,91 (3,69-6,49)
<i>fenoxycarb</i>	43,10 (11,66-69,64)	109,55 (93,01-152,99)
<i>pyriproxyfen</i>	297,56 (150,47-453,94)	686,82 (655,64-981,93)

**2. táblázat.** *IDRD* anyagok *Culex pipiens* lárvákra mért LC<sub>50</sub> és LC<sub>95</sub> értékei

Hatóanyag	LC <sub>50</sub> (konf. intervallum) µg/l 96 h	LC <sub>95</sub> (konf. intervallum) µg/l 96 h
<i>diflubenzuron</i>	5,24 (3,43-7,03)	11,00 (9,67-13,39)
<i>fenoxycarb</i>	258,40 (186,25-357,33)	469,44 (412,43-597,01)
<i>pyriproxyfen</i>	450,50 (299,99-591,25)	999,52 (876,05-1220,49)

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a két faj között jelentős érzékenységbeli különbség van az *IDRD* anyagok tekintetében. Az *A. aegypti* és *C. pipiens* lárvák közt talált eltérés a *fenoxycarb*-nál szignifikáns ( $p < 0,05$ ), a *diflubenzuron* esetében a különbség csak az LC<sub>95</sub> értékre szignifikáns, míg a *pyriproxyfen*-re számolt értékek nem különböznek szignifikánsan.

Megállapítottuk, hogy még a 7 napig napfénynek kitett hatóanyagok sem veszítettek biológiai aktivitásukból, a 0. napon végzett tesztekkel statisztikailag azonos ( $p < 0,05$ ) mortalitást okoztak a beállítást követő 96. órára. Az alufóliával fedett oldatok aktivitása megegyezett a napfényen tároltakéval. Így zárt rendszerben való alkalmazásuk esetén hosszú hatástartamra lehet számítani, ami alkalmazásukat gazdaságosabbá teheti. Azonban nagy kiterjedésű, és csak részben kezelt vizekben való használatukkor ez a hígulás miatt minden bizonnyal másként alakul.

Botanikai inszekticid (*neem* kivonat) hatása csípőszúnyog lárvákra

Az LC<sub>50</sub> és az LC<sub>95</sub> értékek meghatározását a *neem* magkivonat esetében is a beállítást követő 96. órában kapott mortalitási adatokból végeztük el (3. táblázat).

**3. táblázat.** *Neem* kivonat *Aedes aegypti* és *Culex pipiens* lárvákra mért LC<sub>50</sub> és LC<sub>95</sub> értékei

Faj	LC <sub>50</sub> (konf. intervallum) mg/l 96 h	LC <sub>95</sub> (konf. intervallum) mg/l 96 h
<i>Aedes aegypti</i>	120,72 (90,81-151,36)	191,22 (167,33-228,69)
<i>Culex pipiens</i>	293,56 (208,64-407,05)	524,27 (488,85-697,69)

Az *A. aegypti* ezekben a vizsgálatokban is érzékenyebb tesztállatnak bizonyult a *C. pipiens*-nél, az érzékenységbeli különbség a két faj között szignifikáns ( $p < 0,05$ ).

Az *IDRD* anyagoknál tapasztaltakhoz hasonlóan a 7 napot napfényen tárolt oldatok nem veszítettek az aktivitásukból. Azonban a hatás már a beállítást követő 2. napon jelentkezett a 7 napon át napfénynek kitett oldatok esetében, míg a frissen készült oldatok a kezelést követő 2. napon még (a kontrollhoz képest) egyáltalán nem okoztak pusztulást. Feltételezzük, hogy a *neem* magolaj származékai közül néhány átalakul a rovarokon hatékonyabb komponenssé, azaz proinszekticidként viselkedik.

#### *Bti* hatékonysága csípőszúnyog lárvákon

A kísérleteknél a csípőszúnyog lárvagyérítés gyakorlatában engedélyezett dózisokat vettük alapul. Ezt feltételeztünk 10 cm magas vízoszlop (mint optimális lárvatenyésztőhely) alapján számoltuk át mg illetve  $\mu\text{g/l}$  mértékegységre, ami 1-es szorzót eredményez. Vagyis pl. 1 kg/ha = 1 mg/l.

A *faces* pohárban mindkét csípőszúnyog faj  $L_3$  – fiatal  $L_4$  stádiumú lárváin elvégzett vizsgálataink szerint csapvízben az engedélyezett dózisok alsó tartománya teljesen hatástalannak bizonyult (VECTOBAC 12 AS és VECTOBAC 12 AS + vivőanyag: 0,5  $\mu\text{l/l}$ ; VECTOBAC WDG: 0,2 mg/kg; homokgranulátum: 0,12 mg/kg VECTOBAC TP ekv.).

További vizsgálatainkhoz a szennyezett vizekben használni javasolt - magasabb - dózisokból választottunk. 95-100%-os mortalitást a korábban alkalmazott mennyiségek duplája eredményezett. Statisztikailag eltérő érzékenységet a két faj között nem mutattunk ki. Az így kalkulált koncentrációkkal *A. aegypti*  $L_3$  – fiatal  $L_4$  lárvákon elvégeztük a VECTOBAC 12 AS és a VECTOBAC WDG napfényen, illetve sötét, meleg tárolás utáni tesztelését is. Az egy napig tárolt készítmények ezekben a koncentrációkban már nem okoztak pusztulást. Tízszeres koncentrációknál (12 AS: 10  $\mu\text{l/l}$ ; WDG: 4 mg/kg) a beállítást követő második napra mindkét szer 100%-os mortalitást okozott. Viszont három és hét nap tárolást követően ez az extrém magas koncentráció sem okozott pusztulást.

#### Az eredmények megvitatása

Számos toxikológiai adat áll rendelkezésre az *IDRD* anyagok és a Culicidae lárvák viszonylatában. A *diflubenzuron* hatását vizsgálva MIURA és TAKAHASHI (1974) *Aedes nigromaculis* (Ludlow) lárvákon 24 órás kitettség után mért 0,72  $\mu\text{g/l}$   $\text{LC}_{50}$  értéket, ESHITA és KURIHARA (1977) fiatal 4. stádiumú *Culex pipiens molestus* Forskal és 4. stádiumú *A. albopictus* lárvákat kezelt és mért az imágóvá alakulásra vonatkozóan 0,72  $\mu\text{g/l}$  illetve 0,30  $\mu\text{g/l}$   $\text{EC}_{50}$  értéket. A *diflubenzuron* hatását AMIN és WHITE (1984) vizsgálta *C. quinquefasciatus*-on, és e faj lárváin 1,50  $\mu\text{g/l}$   $\text{LC}_{50}$ -ról számolnak be. Több fajjal dolgoztak, és határoztak meg rajtuk átlagos  $\text{LC}_{50}$ -értéket ALI és NAYAR (1987): *Anopheles albimanus* Wiedemann-on (1,42  $\mu\text{g/l}$ ), *Anopheles quadrimaculatus* Say-on (1,24  $\mu\text{g/l}$ ), *A. aegypti*-n (2,03  $\mu\text{g/l}$ ), *Aedes taeniorhynchus* (Wiedemann)-on (1,81  $\mu\text{g/l}$ ), *Culex nigripalpus* Theobald-on (1,11  $\mu\text{g/l}$ ) és *C. quinquefasciatus*-on (1,43  $\mu\text{g/l}$ ). *A. aegypti* 4. stádiumú lárváin, 24 órás behatással mért, a bábból történő kibújárásra vonatkozó 0,50  $\mu\text{g/l}$   $\text{IC}_{50}$  értékről számol be FOURNET ET AL. (1993). Továbbá ALI ET AL. (1995) szerint *A. albopictus* késői 3. és fiatal 4. stádiumú lárváira az  $\text{LC}_{50}$  0,45  $\mu\text{g/l}$ . Az általunk mért  $\text{LC}_{50}$  értékek mindkét fajon ebbe a nagyságrendbe esnek (1. és 2. táblázat). A *fenoxycarb* esetében a *C.*

*quinquefasciatus* 4. stádiumú lárváin mértek 1,60 µg/l mortalitást (LC<sub>50</sub>), 2 óra behatás után (SCHAEFER ET AL. 1987). A *pyriproxyfen* *A. albopictus* késői 3. és fiatal 4. stádiumú lárváin mért átlag mortalitása (LC<sub>50</sub>) 0,11 µg/l (ALI ET AL. 1995). Eredményeink alapján mindkét utóbbi hatóanyag esetében ennél magasabb LC<sub>50</sub> értékek jellemzik mind az *A. aegypti*-t, mind a *C. pipiens*-t (1. és 2. táblázat).

Az általunk vizsgált hatóanyagok és készítmények emlős toxikológiai adatai igen kedvezőek, tehát alkalmazásuk során emlősfajok akut mérgeződésének valószínűsége csekély. Mivel a csípőszúnyog lárvák legfontosabb tenyészőhelyei az élővizekben találhatók, ezért azt érdemes megvizsgálni, hogy a szóba jöhető hatóanyagok közül melyik alkalmazható még hatékony dózisban csípőszúnyog lárvák ellen úgy, hogy a nem célszervezetek – halak, kételtűek, hüllők, vízi gerinctelenek – ne károsodjanak. Különösen vonatkozik ez az árvaszúnyog lárvákra (Chironomidae), amelyeket a kezelések hatásai szinte mindig érintenek (DARVAS – WEAVER, 2000). Megjegyezendő azonban, hogy a lávaölő szerek alkalmazása nagyságrendekkel nagyobb szelektivitást biztosít, mint az idegméreggel történő imágóirtás, ahol egy csípőszúnyog elpusztítására esetleg ezer nem-célzott ízeltlábú elpusztítása is esik (DARVAS és GERGELY, nem publikált adatok). A 4. táblázatban a *The Pesticide Manual* által közölt legfontosabb ökotoxikológiai paramétereket tüntettük fel, az IDRD anyagok esetében.

**4. táblázat.** A vizsgált IDRD anyagok legfontosabb víztoxikológiai adatai. Megjegyzések: <sup>1</sup>szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*); <sup>2</sup>nagy vízibolha (*Daphnia magna*); <sup>3</sup>édesvízi algafajok – *diffubenzuron* és *pyriproxyfen*: *Selenastrum capricornotum*, *fenoxycarb*: *Scenedesmus subspicatus*

Tesztsszervezet	<i>diffubenzuron</i>	<i>fenoxycarb</i>	<i>pyriproxyfen</i>
hal <sup>1</sup> LC <sub>50</sub> µg/l	>200	1600	>325
vízibolha <sup>2</sup> LC <sub>50</sub> µg/l	7	400	400
alga <sup>3</sup> LC <sub>50</sub> µg/l	>300	1100	64

A víztoxikológiai értékeket összevetve a hatékonysági adatokkal (1. és 2. táblázat), kiderül, hogy a *diffubenzuron* a szükséges legnagyobb hatékony dózisban halakra és algákra nem veszélyes (hal és alga LC<sub>50</sub> legalább tízszer nagyobb, mint *C. pipiens* LC<sub>95</sub>), azonban vízi ízeltlábúakra toxikus lehet, ami élővizekben való felhasználhatóságát kétségesse teszi. Zárt vízrendszerekben (pl. mesterséges tavak, rizsföldek, pocsolyás területek, mosóvízgyűjtők) való alkalmazása elképzelhető. A *fenoxycarb* a vízibolhák mellett halakra és algákra is veszélyes lehet (hal LC<sub>50</sub> csak négyszer nagyobb, mint *C. pipiens* LC<sub>95</sub>), a *pyriproxyfen* pedig mindhárom vizsgált élőszervezetre egyaránt veszélyes a csípőszúnyog lárvákra hatékony dózisban. Így ez utóbbi két hatóanyag legfeljebb kerti medencék, szökőkutak és dísztavak csípőszúnyog-lárva mentesítésére lehet alkalmas.

A *neem* kivonat akut és krónikus toxicitási mutatói is igen kedvezőek emlősökre (COPPING ED. 2001) és a *Daphnia* immobilizációs vizsgálat szerint az *azadirachtin* A LC<sub>50</sub> értéke nagyobb, mint 1000 mg/l (MICHALSKI 1997). A halakra megadott LC<sub>50</sub> értékek azonban igen nagy változékonyságot mutatnak. Általában készítményekre megadott adatokat találunk, mely egyrészt függ a termék

*azadirachtin* A tartalmától, másrészt nem tisztázott, hogy az egyéb komponensek (pl. *salannin*, *salannol*, *nimbin*, *nimbadiol* stb.) milyen hatással vannak halakra. Az általunk fellelt adatok 4-1124,6 mg/l közöttiek, a vizsgált halfajokon (WAN ET AL. 1996, DARVAS és WEAVER 2000, COPPING ED. 2001). Mindezek alapján a hatóanyag élővízi felhasználása nem lehetséges, az csak zárt vízrendszerekben képzelhető el. Amennyiben az alkalmazás során felhígulással nem kell számolni, egy *neem* készítmény esetén tartós hatásra számíthatunk.

A *Bti* hatóanyagú készítmények estében az ajánlott dózisok alsó tartományaiban tapasztalt hatástalanság oka feltehetőleg az, hogy a gyártó által megadott, és terepkísérletek alapján engedélyezett dózisok a valóságosnál lényegesen alacsonyabb vízállású tenyészőhelyekkel számolnak. Az eredmények alapján megállapítható, hogy lárvagyérítés esetén nem csak a vízszennyezettséget és a lárvaszámot kell alapul venni a szükséges dózisok megállapításakor, hanem az eddigi gyakorlattól eltérően valószínűleg a vízmélységgel is kalkulálni kell. Megjegyzendő, hogy e biopreparátumok esetén tartós hatás egyik engedélyezett kiserelés esetén sem várható.

### Köszönetnyilvánítás

Vizsgálataink az Oktatásügyi Minisztérium Alapkezelő Igazgatóságának (OMFB 0468/2003) támogatásával (Gergely Air Légiszolgáltató és Export-Import Kft. és MTA NKI közös pályázata) készültek.

### Felhasznált irodalom

- ALI, A. – NAYAR, J. K. (1987): Laboratory toxicity of a new benzoylphenylurea insect growth regulator (UC-84572) against mosquitoes and chironomid midges. – J. Am. Mosq. Control Assoc. 3: 309-311.
- ALI, A. – NAYAR, J. K. – XUE, R. D. (1995): Comparative toxicity of selected larvicides and insect growth regulators to a Florida laboratory population of *Aedes albopictus*. – J. Am. Mosq. Control Assoc. 11: 72-76.
- AMIN, A. M. – WHITE, G. B. (1984): Resistance potential of *Culex quinquefasciatus* against the insect growth regulators methoprene and diflubenzuron. – Entomol. Exp. Appl. 36: 69-76.
- COPPING, L.G. (ED.) (2001): The Biopesticide Manual. – BCPC, Alton, 161-163. pp.
- DARVAS, B. (1997): Insect development and reproduction disrupters. Page 165-182. – In. BEN-DOV, Y and HODGSON, C. J. EDS Soft Scale Insects. Vol. 7B. Elsevier, Amsterdam.
- DARVAS, B. – WEAVER, R. (2000): Insect development and reproduction disrupters. Page 905-946. – In. PAPP, L. and DARVAS, B. EDS Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera. Vol. 1. Science Herald, Budapest.
- EL-SAFI, S. – HARIDI, A. M. (1986): Field trial of the insect growth regulators, Dimilin, for control of *Anopheles pharaoensis* in Gezira, Sudan. – J. Am. Mosquito Contr. Assoc. 2: 374-375.
- ESHITA, Y. – KURIHARA, T. (1977): Effects of the inhibition of the insect development by Dimilin on four species of mosquitoes. – Jpn. J. Sanit. Zool. 28: 333-336.
- FOURNET, F. – SANNIER, C. – MONTENY, N. (1993): Effects of the insect growth regulators OMS 2017 and diflubenzuron on the reproductive potential of *Aedes aegypti*. – J. Am. Mosq. Control Assoc. 9: 426-430.



- GUNASEKARAN, K. – BOOPATHI DOSS, P. S. – VAIDYANATHAN, K. (2004): Laboratory and field evaluation of Teknar HP-D, a biolarvicidal formulation of *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis*, against mosquito vectors. – *Acta Tropica* 92: 109-118.
- MICHALSKI, B. (1997): Auswirkungen von neem- und pyrethrinhaltigen Pflanzenschutzmitteln auf den Naturhaushalt. Bibl. Angaben am Ende des Dokuments. – <http://orgprints.org/00001997/>.
- MIURA, T. – TAKAHASHI, R. M. (1974): Toxicity of TH-6040 to freshwater Crustacea and the use of a tolerance index as a method of expressing side effects on nontargets. – *Proc. Ann. Conf. Calif. Mosq. Control Assoc.* 42: 177-180.
- MULLA, M. S. – DARWAZEH, H. A. (1975): Evaluation of insect growth regulators against *Psorophora confinis* (L-A) in southern California. – *Mosquito News* 35: 281-285.
- MULLA, M. S. – DARWAZEH, H. A. – EDE, L. – KENEDDY, B. (1985): Laboratory and field evaluation of the IGR fenoxycarb against mosquitoes. – *J. Am. Mosquito Cont. Assoc.* 1: 442-448.
- MULLA, M. S. – DARWAZEH, H. A. – KENEDDY, B. – DAWSON, D. M. (1986): Evaluation of new insect growth regulators against mosquitoes with notes on nontarget organisms. – *J. Am. Mosquito Cont. Assoc.* 2: 314-320.
- PAP, L. (2000): Principles of control of phytophagous Diptera. Page 871-888. – In. PAPP, L. and DARVAS, B. EDS Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera. Vol. 1. Science Herald, Budapest.
- REY, D. – DAVID, J.-P. – MEYRAN, J.-C. (2003): Factors influencing the toxicity of xenobiotics against larval mosquitoes. – *C. R. Biologies* 326: 317-327.
- SCHAEFFER, C. H. – WILDER, W. H. – MULLIGAN III, F. S. (1975): A practical evaluation of TH6040 as a mosquito control agent in California. – *J. Econ. Ent.* 68: 183-185.
- SCHAEFFER, C. H. – WILDER, W. H. – MULLIGAN III, F. S. – DUPRAS JR., E. F. – (1987): Efficacy of fenoxycarb against mosquitoes (Diptera: Culicidae) and its persistence in the laboratory and field. – *J. Econ. Entomol.* 80: 126-130.
- TAKAHASHI, M. – OHTAKI, T. (1976): A laboratory evaluation of the IGR, TH 6040, against *Culex pipiens* and *Culex tritaeniorhynchus*. – *Jap. J. sanit. Zool.* 27: 361-365.
- TOMLIN, C. D. S. (ED.) (2003): The Pesticide Manual. – BCPC, Alton, 1344 pp.
- WAN, M. T. – WATTS, R. G. – ISMAN, M.B. – STRUB, R. (1996): Evaluation of the acute toxicity to juvenile pacific northwest salmon of azadirachtin, neem extract, and neem-based products. – *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56(3): 432-439.
- ZEBITZ, C. P. W. (1984): Effects of some crude and azadirachta-enriched neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts on larvae of *Aedes aegypti*. – *Entomol. Exp. Appl.* 35: 11-16.