

# A szúnyogártalom ellen szervezett védekezéssel alkalmazható hatóanyagok hatásmechanizmusainak összehasonlítása

Szepesszentgyörgyi Ádám<sup>1</sup> & Gajda Zita<sup>1</sup>

*1 e-mail: szunyogok@gmail.com*

Ádám: „*Ki szúnyog ellen oly fegyvert ragad, mit medve ellen vinni hősiség, Bolond.*”  
(*Madách Imre: Az Ember tragédiája*)

## ABSTRACT

**The comparison of effect mechanisms of the agents being applicable in organized control against the mosquito harm.** – The natural enemies of the mosquitoes cannot quickly and efficiently regulate the occurrence of the numerous problems caused by mosquitoes. Such regulation is best achieved by physical, chemical or biological methods. The treatment may be applied in the late stage, after the development of the flying imago or in the early stage, against the mosquito larvae (preventive method). The neurotoxins are used against the imagos intervene in the process of stimulus spread, but they may be dangerous to other organisms besides the insects, because of their ecotoxicological side-effects. To destroy flying mosquitos, it is necessary to apply the active ingredient into the airspace in the form of a spray. The preparations with synthetic hormonal activity applied against the mosquito larvae have to put into the breeding-water. These agents may be toxic to other organisms developing with metamorphosis. Microbiological preparations are the most selective. When applied in the prescribed concentration, they are toxic merely against the larvae of the *Culicidae* and *Simuliidae* families, in consequence of their complex mechanism of action. They can be produced only in a natural way, with the collaboration of micro-organisms.

## 1. BEVEZETÉS

Az ember szemszögéből nézve léteznek „hasznos” és „nem hasznos” (betegségterjesztés esetén „káros”) állatok. Utóbbiak közé tartoznak a csípőszúnyogok (*Diptera: Culicidae*) is. A nőtény szúnyogok fajfenntartásuk céljából gyakran táplálkoznak emberi vérrrel is, miközben nyálukat a szúrt sebbe pumpálva allergiás reakciót, fertőzéseket válthatnak ki.

A szúnyogokat nagy belső növekedési ráta jellemzi (populációdinamikájuk szerint r-stratégiai élőlények). A gyorsan változó körülmények hatására az élettereiket (pl. időszakos pocsolyák) rövid idő alatt, nagy egyedszámmal népesítik be, valamint évente több nemzedékük is kifejlődhet. A környezet változásaihoz nem, vagy csak kis mértékben képesek alkalmazkodni (HEINRICH & HERGT 1994).

## 2. TERMÉSZETES RAGADOZÓK HATÉKONYSÁGA

Optimális környezeti tényezők esetén a szúnyogok gyorsan, és nagy egyedszámban jelennek meg, melyet a természetes ragadozók (predátorok) nem képesek az emberek számára elfogadható szintre csökkenteni. Ennek több oka is van:

1. A szúnyog-együttes exponenciális egyedszám-növekedését a K-stratégiai természetes ragadozóinak száma nem követi, így azok nem képesek hatékonyan szabályozni a szúnyogok egyedszámát (HEINRICH & HERGT 1994).

2. A szúnyoglárva nagy szervesanyag tartalmú, alacsony oxigén-koncentrációjú, sekély állóvizekben fejlődnek, mely körülmények a szúnyoglárvaat fogyasztó számos élőlény (pl. rovarlárva /szitakötő/, góté, rák, halak) számára nem megfelelőek. Az élettér időszakos volta szintén kedvezőtlen a ragadozó számára. Az alacsony oxigén koncentráció azért nem akadályozza a szúnyoglárva fejlődését, mert azok – egy jellegzetes hazai faj (*Coquillettidia richiardii*) kivételével – légzőszerveik segítségével a légtérből lélegeznek.

3. A természetes ellenségek (madarak, denevérek stb.) aktivitási ideje nem, vagy csak részben fedi le a szúnyog-imágó aktivitási idejét. A legtöbb faj hajnalban, illetve szürkületkor aktív (léteznek egész nap, illetve éjjel is aktív szúnyogfajok). A madarak többsége azonban szürkületkor már nem táplálkozik. A predátorok közül a denevérek aktivitási ideje fedi le leginkább a szúnyogokét, azonban a gyomortartalom vizsgálatok alapján nem a szúnyogok képezik a denevérek legfőbb táplálékbázisát (BECKER & MAGIN 1996).

4. Energetikai szempontból egy csípőszúnyog energiatartalma kevesebb, mint 5 cal. Az ugyanabban az élettérben jelenlévő nagyobb testű rovarok (zengőlégy, lepke, bögyöl stb.) energiatartalma átlagosan körülbelül 30 cal., tehát vonzóbb táplálékot jelentenek a rovaréó élőlények számára. A csípőszúnyogok csak akkor jöhetnek számításba táplálékállatként, ha szűk térben és nagyobb energiaráfórdítás nélkül lehet őket zsák-mányul ejteni (BECKER & MAGIN 1996).

### 3. A SZÚNYOGÁRTALOM MEGSZÜNTETÉSÉRE IRÁNYULÓ LEGELETERJEDTEBB MÓDSZEREK

A szúnyogártalom elleni védekezés történhet fizikai, kémiai, vagy biológiai módszerekkel (1. ábra). A kis felületű tenyészővizekben koncentráltan jelenlévő lárva elleni védekezés egyszerűbb, mint a jóval nagyobb légtérben szétszórtan elhelyezkedő repülő alakok elleni beavatkozás. A biológiai védekezés egyaránt igényli a nagy szakértelmet, a helyismeretet és a tenyészőhelyek folyamatos figyelemmel kísérését (MIHÁLYI & GULYÁS 1963, SZEPESSZENTGYÖRGYI & RENTSENDORJ 2006, KENYERES & TÓTH 2008).

#### 3.1. Fizikai módszerek

A fizikai módszerek főként a szúnyogok távórtásáról gondoskodnak, azok egyed-számát nem befolyásolják. A lárva ellen tereprendezéssel, az imágó ellen pedig szúnyoghálóval, ultrahangos készülékekkel, repellensekkel, vagy légáramkeltéssel védekezhünk (BECKER *et al.* 2003).

#### 3.2. Kémiai módszerek

A fizikai módszerek tudatos alkalmazása nagyon eredményes lehet, azonban azok önmagukban mégsem elégségesek. A hirtelen és tömegesen fellépő szúnyogártalom ellen szervezett védekezés szükséges, mégpedig elsősorban olyan anyagokkal, amelyek előállítása olcsó, továbbá gyorsan és nagy tömegben pusztítja el a szúnyogokat. Ezen kívül a környezettudatos szemlélet előtérbe kerülésével egyre inkább felmerülő igény, hogy az alkalmazott szer elfogadható környezeti kockázatot jelentsen, valamint, hogy más élőlényekre ne fejtson ki toxikus hatást.

### 3.2.1. Lárvák elpusztítása hormonhatású készítményekkel

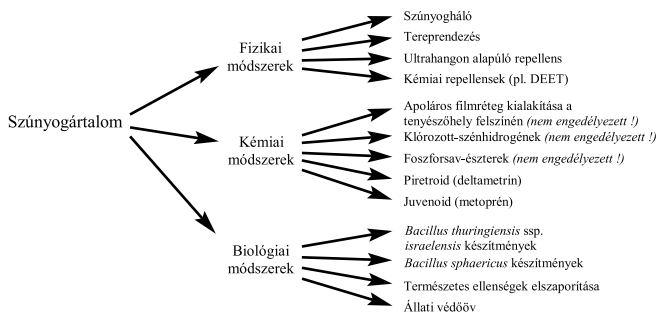
A szúnyoglárvák elpusztítása érdekében korábban olyan kémiai anyagokat (petróleum, gázolaj stb.) alkalmaztak, amelyek a tenyészővizek felületén apoláros jellegű filmréteget képeztek, meggátolva ezzel a lárvák légtérből történő légzését. Ez a módszer azonban sok más élőlényre is toxikus hatásúnak bizonyult, ezért ma már nem alkalmazzák.

Jelenleg a lárvák elpusztítására használt legfőbb kémiai eszköz a tenyészővizek egyedfejlődést gátló anyagokkal történő kezelése. A rovarok (szúnyogok) egyedfejlődését szabályozó hormonok két fő csoportját különíthetjük el. A juvenil hormonok felelősek a fejletlen állapot fenntartásáért. A másik csoportba tartozó vedlési hormonok, kiváltják a vedlés és a metamorfózis folyamatát. Mindkét hormon termelése neuroszekréciós szabályozás alatt áll. Lárvaállapotban a juvenil hormonszint magas, majd a vedlési hormon szintjének az emelkedésére bekövetkezik a vedlés, és kialakul a következő lárvastádium. Az utolsó lárva stádium elején a juvenil hormon szintje leesik, majd megemelkedik a vedlési hormon szintje, aminek eredményeképpen a lárva bábbá, majd imágóvá alakul.

A lárvák elpusztítására használt szintetikus juvenil hormon analógok (juvenoidok) a tápcsatornán keresztül jutnak be a szúnyogok szervezetébe (kisebb mértékben a testfelületen keresztül is felszívódnak), majd a hemolimfa közvetítésével érik el a célsejtek membránjaiban található receptoraikat. Hatásukra a teljes átalakulás folyamata (elsősorban a báb–imágó átmenet) zavart szenved, aminek következtében az imágó nem fejlődik ki (DARVAS 1990, SZÉKÁCS 2006).

A legismertebb juvenoid típusú vegyület a methoprene, amelynek kedvező a toxicitása az emlősökre, hátránya ugyanakkor, hogy más rovarok egyedfejlődését is gátolja, illetve hosszabb távon rezisztencia is kialakulhat ellene. Ezen kívül halakon kimutatták fejlődési-rendellenesség okozó hatását (SZÉKÁCS 2006) is. A methoprene ökotoxikológiai mellékhatásai miatt csak földi kezeléssel lehet kijuttatni, célzottan egyes zárt, élővizektől elkülönült szúnyoglárva-tenyészőhelyekre, de akkor is ötven méteres védőtávolság tartása szükséges az élővizektől (ERDŐS *et al.* 2008).

1. ábra. Szúnyogártalom elleni módszerek



### 3.2.2. Imágók gyérítése idegméreggel (neurotoxinokkal)

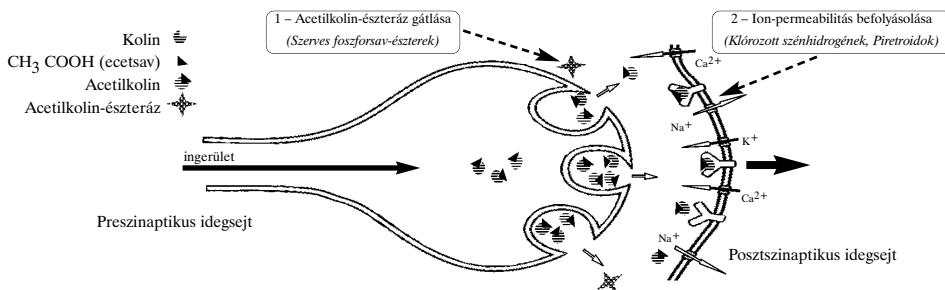
A legősibb, repülő alakok ellen alkalmazott, idegrendszeri működésre ható szerek (pirétrum, rotenone) növényi eredetűek voltak. Ezeket a napfényre bomló hatóanyagokat azonban napjainkra felváltották a jóval olcsóbb előállítású, hő-, és fotostabil szintetikus származékaik, amelyek a légtérbe juttatva (ULV-eljárás, meleg-, vagy hidegköd képzés) paplanszerűen szétterülnek, majd lassan lebegve (kb. 20–25 perc) jutnak le a talajra,

mialatt érintkeznek a szúnyogok és egyéb repülő életmódú állatok testével (kontakt hatású idegmérgek) (ERDŐS *et al.* 2008). A szúnyogok szervezetébe az érzékszerveken keresztül, vagy a légzőrendszeren keresztül (csőhálózatszerű trachearendszer) jutnak be.

A szúnyogártalom megszüntetésére eddig alkalmazott neurotoxinok hatásmechanizmusukat tekintve 2 fő csoportba oszthatóak: (1) acetil-kolin észteráz (AChE) gátlók (szerves foszforsav-észterek, zoocid karbamátok), (2) az idegmembrán ionáteresztő képességére ható anyagok (klórozott szénhidrogének, piretroidok) (**2. ábra**).

(1) *acetilkolin-észteráz gátlás*: Az állati szervezetekben az ingerület az idegsejteken belül elektromos jelként továbbítódik, az idegvégződések találkozásainál (szinapszisok) pedig kémiai ingerületátvivő anyagok (neurotranszmitterek) segítségével adódik át egyik idegsejtről a másikra (**2. ábra**). A rovarokban a szenzoros idegpályák szinapszisainak fő neurotranszmittere az acetil-kolin (ACh). A preszinaptikus axon végződésekből felszabaduló ACh a posztzinaptikus membrán főként nikotin típusú receptoraihoz kötődve ott is ingerületi állapotot vált ki, megnövelve a posztzinaptikus sejt membránjának  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  és  $\text{Ca}^{2+}$  permeabilitását, ill. vezetőképességét. Az ACh hatás vége az AChE enzim okozta ACh hasítás (kolinra és ecetsavra) miatt következik be. A foszforsav-észterek és zoocid karbamátok komplexet képeznek az AChE enzimmal, így az ACh lebontásának hiányában az ingerületi állapot folyamatosan fennmarad (PAP 1990). Egészségre ártalmatlan mellékhatásaik miatt mind a szerves foszforsav-észterek, mind pedig a zoocid karbamátok szúnyogok ellen történő alkalmazása Magyarországon már nem engedélyezett.

**2. ábra.** A kolinerg-típusú idegsejtek közötti ingerületterjedés sematikus ábrája (kémiai szinapszis), valamint a szúnyogellenes ideg-mérgek támadáspontjainak ábrázolása



(2) *az idegmembrán ion-áteresztőképességére ható anyagok*: Az élő sejtek membránjának két oldala között elektromos potenciálkülönbség (sejttypustól függően  $\sim 30$ – $90$  mV) mérhető, ez az ún. nyugalmi membránpotenciál (FONYÓ *et al.* 2003). A nyugalmi membránpotenciál oka az ionok egyenlőtlén eloszlása a membrán két oldala között, amelyet aktív transzporttal a  $\text{Na}^+$ – $\text{K}^+$ –ATP-áz pumpa tart fenn (a nátrium-ionokat kifelé, míg a kálium-ionokat befelé pumpálva az idegsejtbe). Amennyiben az idegsejtet érő ingerület elég erős, ún. akciós potenciál keletkezik, amely tovahaladó szignált képez. Az akciós potenciál depolarizációs fázisában aktiválódnak a feszültségfüggő  $\text{Na}^+$ -csatornák, amelynek eredményeképpen a  $\text{Na}$ -ionok befelé áramlanak az idegsejtbe, nullára csökkentve a membrán két oldala közötti potenciálkülönbséget. Majd a  $\text{Na}^+$ -csatornák inaktivációjával egyidejűleg megindul egy lassan emelkedő, kifelé irányuló  $\text{K}^+$ -mozgás (repolarizációs fázis), amely hozzájárul a nyugalmi membránpotenciál helyreállításához. A klórozott szénhidrogének és piretroidok gátolják a feszültségfüggő

Na<sup>+</sup>-csatornák inaktivációját, amelynek következtében nem áll helyre a nyugalmi membránpotenciál, ezzel tartós ingerületi állapotot idéznek elő. Az elhúzó ingerület a központi idegrendszerben, valamint a motoros és érzékelő szervekben egyaránt súlyos zavarokat okoz (PAP 1990).

A klórozott szénhidrogének közé tartoznak a szúnyogártalom ellen legrégebben használt DDT-vegyületek. Rövid ideig tartó széleskörű alkalmazásukat (1948-ban Nobel-díj a rovarölő tulajdonságért) azonban gyors bukás követte. Elterjedt használatukat követően mutatták ki mutagenitásukat, valamint a bioszférában és az élőlényekben történő felhalmozódásukat. A világon elsőként (1968) Magyarországon tiltották be, azonban hazai talajainkból és iszaprétegekből máig jelentős mennyiség kimutatható (DARVAS & TAKÁCS-SÁNTA 2006).

Szúnyoggyérítésre jelenleg csak szintetikus piretroid (deltamethrin) hatóanyag-tartalmú szerek engedélyezettek, amelyek emlős-toxicitása ugyan kedvező, de ökológiai mellékhatásként extrém fokon mérgezőek a vízi szervezetekre (algák, gerinctelenek, halak) (The (e-) Pesticide Manual, <http://www.pesticideresistance.org/>). Az előírások szerint a légi járműről történő permetezés során öt méteres védőtávolság tartása szükséges a vízparttól, azonban az engedélyezett 2 m/s szélereősség esetében (ZÖLDI *et al.* 2005) egyáltalán nem lehetne végrehajtani a kezelést, hiszen a kijuttatott permet a földet érés 25 perce alatt akár 3000 méterre is eljuthat a parttól 5 méteres távolságban dolgozó légi járműtől. A Balatonon tapasztalható eseti halpusztulások miatt (legutóbb az 1995. évi angolnavész alkalmával) újra és újra felvetődik a jelenség és a kémiai szúnyogirtás közötti összefüggés kérdése, jóllehet az elvégzett vizsgálatok ezt egyértelműen sohasem tudták bizonyítani. A piretroid hatóanyagú szerek kizárólagos alkalmazásának a hátránya, hogy meggyorsítja a rezisztencia kialakulásának a lehetőségét, amely hozzájárulhat az azonos hatásmechanizmusú kémiai szerekre ellenálló szúnyog-együttes kisselektálódásához. A rezisztencia mellett kialakulhat a keresztrezisztencia jelensége is, amely az egyik szer használata esetén egy másik, de azonos módon ható szer elleni ellenállóképességet jelenti. Ennek megakadályozása lehetne a neurotoxin magasabb dózisban történő alkalmazása, amely azonban fokozza az ökotoxikológiai mellékhatások megjelenésének a veszélyét a „nem célszervezet” élőlényekben.

### 3.3. Mikrobiológiai módszerek

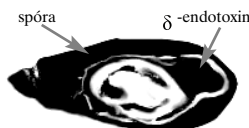
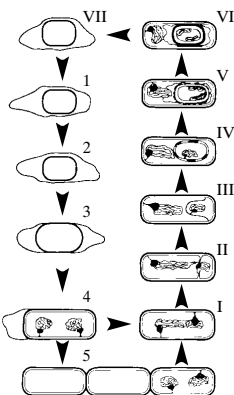
A kémiai vegyületek szelektivitásának hiánya és a rezisztencia kialakulása olyan módszerek felkutatását tette szükségessé, amelyek a szúnyogok természetes ellenségeinek a felhasználásával teremt lehetőséget a szúnyogártalom csökkentésére. Elsőként a mikrobák világában, a *Bacillus* nembe tartozó aerob, spórás baktériumok körében találtak rá két kozmopolita, talajlakó fajra (*Bacillus sphaericus* Meyer and Neide 1904 /Bs/ és *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* de Berjak 1978 /Bti/), amelyek a csípőszúnyog-lárvák ellen toxikus endotoxinnal rendelkeznek. A Bti hatékonyan alkalmazható a púposzúnyogok (*Simuliidae*) ellen is, ugyanakkor az endotoxin a csípőszúnyogokkal közeli rokonságban álló törpeszúnyogok (*Ceratopogonidae*) ellen hatástalannak bizonyult (BECKER *et al.* 2003). A törpeszúnyogok közé tartozik a *Culicoides dewulfi*, amely a szarvasmarhákat fenyegető és már hazánkban is felbukkant, „kék-nyelv” (blue tongue) nevű betegség terjesztője. Az endotoxin egy fehérjetermészetű anyag, amely a baktériumok spóráképződésének a 3–5. fázisában a spóra mellett képződik (3. ábra) (SZMIRNOV *et al.* 1986).

*Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (*Bti*)

A *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915 (*Bt*) fajnak 34 alfaját (szerotípus, változat) és több mint 800 törzsét ismerjük jelenleg (DE BARIAC & FRACHON 1990). Közös jellemzőjük, hogy a rovarokra toxikus (entomopatogén) anyagokat termelnek. A csípőszúnyogok és a púposzúnyogok ellen a *Bti* alfaj hatékony (**4. ábra**), melyet 1976-ban egy magyar származású izraeli tudós, Yoel Margalit izolált egy elpusztult csípőszúnyog lárvából (MARGALIT & DEAN 1985). A *Bti*-toxin a csípőszúnyogokon belül nagyobb toxicitást mutat az *Aedes* genus, mint a *Culex* genus egyedeire (BECKER *et al.* 2003).

*Bacillus sphaericus* (*Bs*)

Ezt a baktériumfajt 1965-ben fedezték fel Kaliforniában, egy elpusztult púposzúnyog lárvában. A *Bti*-tól eltérően a *Bs* toxinra a *Culex* genus egyedei érzékenyebben reagálnak, mint az *Aedes* genus egyedei. Ezen kívül a *Bs* spórát és az endotoxint egy közös membránburok veszi körül, amely nagyobb védelmet biztosítva a káros környezeti behatásoktól ellenállóbbá teszi a *Bs* lárvicid hatását (SZMIRNOV *et al.* 1986).



**4. ábra.** Elektronmikroszkópos felvétel a *Bti* baktérium-sejtben képződő spóráról és a mellette elhelyezkedő  $\delta$ -endotoxin-ról (GILL *et al.* 1992)

**3. ábra.** A spórasodó sejt fejlődési ciklusának sémája (SZMIRNOV *et al.* 1986) (I–VI = a spóraképződés szakaszai; VII = a nyugalomba jutott spóra kriptobiotikus állapotban; 1–5. = a spórából kialakuló osztódó sejt fejlődési szakaszai)

*Az endotoxin hatásmechanizmusa*

A spóraképződésnél keletkező endotoxin csak a spóra elfogyasztása után, a szúnyog-lárvák bélcsatornájának alkalikus emésztőenzimeinek hatására válik toxikussá, amikor kisebb fehérje összetevőkre bomlik. Ezek a komponensek a középbél specifikus receptoraihoz kötődnek, és hatásukra a hámsejteken pórusok nyílnak. A pórusokon keresztül ionok és víz áramlik be a béllumenből a sejtekbe, ami miatt a bélsejtek megdagadnak és szétduzzadnak (lizálnak). Ezt követően béltartalom betör a szúnyoglárvák testüregébe és elkeveredik a testfolyadékkal, aminek következtében a lárvák a felvett endotoxin mennyiségétől függően néhány perc vagy óra alatt elpusztulnak (ZARITSKY *et al.* 1986, KLOWDEN *et al.* 1983, GILL *et al.* 1992). A hatást tehát nem maguk a baktériumok fejtik ki, hanem a spóraképződés folyamán bennük termelődő fehérjetestek.

A mikrobiológiai módszerek óriási előnye tehát a szelektivitás. Az előírások betartása mellett nem ártalmasak az adott ökoszisztéma egyéb élőlényeire. Az endotoxinra legérzékenyebb állatsoport az árvaszúnyogok (*Chironomidae*) és a pillangószúnyogok (*Psychodidae*) családjai, melyekre is csak a tízszeres túladagolás jelent veszélyt (BECKER *et al.* 2003). A vízbolhákra (*Daphnia magna* Straus, 1820) pedig csak több ezerszeres túladagolás mellett toxikusak (SZEPESSZENTGYÖRGYI 2004). A baktériumok által termelt toxin sikeres alkalmazásához

azonban ismerni kell magukat a csípőszúnyog lárvákat (fejlődési stádium, fajok, tenyészőhelyek), a baktériumok tulajdonságait, és a kivitelezési módokat (TÓTH 2007, KERÉKGYÁRTÓ 2008).

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A szúnyogártalom megjelenésekor, elsősorban a szúnyogok gyors és szelektív megsemmisítése a cél. A szervezett szúnyoggyérítésnél alkalmazott kémiai módszerek az ökotoxikológiai és egészségügyi szempontok előtérbe kerülésével azonban egyre inkább megosztják a társadalmat. Visszatekintve az elmúlt évtizedek gyakorlatára, a kezdetben biztonságosnak hitt kémiai szerekről sorra derültek ki, hogy komoly negatív hatást gyakorolnak a környezetre és humánegészségügyi szempontból is nagyfokú kockázatot jelentenek (pl. DDT, vagy a legfrissebben betiltott és nagy visszhangot kapott dichlorvos hatóanyagú szerves foszforsav-észterek).

Véleményem szerint a biológiai módszerek jelentik az egyetlen jövőbeli lehetőséget a környezetkímélő csípőszúnyog-gyérítések megvalósítására.

#### IRODALOM

- DE BARIAC, H. & FRACHON, E. (1990): Classification of *Bacillus thuringiensis* strains. – Entomophaga 35(2): 233–240.
- BECKER, N. & MAGIN, H. (1996): 20 Jahre Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e. V. Biologische Stekmückenbekämpfung - ein Modell am Oberrhein. – Verlag Amelung und Hollatz, Heidelberg, 1–89.
- BECKER, N., PETRIC, D., ZGOMBA, M., BOASCE, C., DAHL, C., LANE, J. & KAISER, A. (2003): Mosquitoes and their control. – Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, pp. 498.
- DARVAS B. (1990): Rovar-fejlődésszabályozó anyagok. – In: DARVAS B. (szerk.): A növényvédelmi rovarélettan és toxikológia alapjai, Debreceni Agrártudományi Egyetem, 106–117.
- DARVAS B. & TAKÁCS-SÁNTA A. (2006): Globális környezeti problémáink, különös tekintettel a mezőgazdaságban használt vegyületekre. – In: DARVAS B. & SZÉKÁCS A. (szerk.): Mezőgazdasági ökotoxikológia, L'Harmattan kiadó, Budapest, 12–21.
- ERDŐS GY., SZLOBODNYIK J. & ZÖLDI V. (2008): Tájékoztató az engedélyezett irtószerekről és az egészségügyi kártevők elleni védekezés szakmai irányelveiről. – Országos Epidemiológiai Központ, Budapest
- FONYÓ A., HUNYADY L., KOLLAI M., LIGETI E. & SZÜCS G. (2003): Az orvosi élettan tankönyve. – Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, pp. 23–77.
- GILL, S.S., COWLES, E.A. & PIETRANTONIO, P.V. (1992): The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. – Annu. Rev. Entomol. 37: 615–636.
- HEINRICH D. & HERGT M. (1994): Ökológia SH atlasz. – Springer-Verlag, Budapest, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 73–75.
- KENYERES Z. & TÓTH S. (2008): Csípőszúnyog határozó II. (Imágók). – Pannónia Füzetek 2, pp. 96.
- KERÉKGYÁRTÓ I. (2008): Tiszaújváros és térségének csípőszúnyog ártalma. – Tiszaújváros Kistérség Társulás (előadás), 2008. 09.16., [www.kornyeztudat.hu/articles/tujvaros.pdf](http://www.kornyeztudat.hu/articles/tujvaros.pdf)
- KLOWDEN, M. J., HELD, G. A. & BULLA, L. A. JR. (1983): Toxicity of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* to adult *Aedes aegypti* mosquitoes. – Appl. Environ. Microbiol. 46: 312–315.
- MARGALIT, J. & DEAN, D. (1985) The story of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (B.t.i.). – J. Am. Mosq. Control. 1: 1–7.
- MIHÁLYI F. & GULYÁS M. (1963): Magyarország csipő szúnyogjai. Leírásuk, életmódjuk és az ellenük való védekezés. – Akadémiai kiadó, Budapest, pp. 229.
- PAP L. (1990): A növényvédelemben alkalmazott zoocidok/inszekticidok (neurotoxinok). – In: DARVAS B. (szerk.): A növényvédelmi rovarélettan és toxikológia alapjai, Debreceni Agrártudományi Egyetem, 117–120.
- SZÉKÁCS A. (2006): Állatirtó szerek. A rovarok egyedfejlődését és szaporodását befolyásoló anyagok. – In: DARVAS B. & SZÉKÁCS A. (szerk.): Mezőgazdasági ökotoxikológia, L'Harmattan kiadó, Budapest, 79–80.
- SZEPEZZENTGYÖRGYI Á., (2004): A Szeged környéki csípőszúnyog-együttes mennyiségi és minőségi változásai az 1999. évben, és szúnyoglárva-gyérítésre alkalmas *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (*Bti*) alapú biológiai készítmény előállítás, koncentrációja és toxicitás-vizsgálata. – PhD-értekezés, [www.kornyeztudat.hu/articles/Ertekezés.pdf](http://www.kornyeztudat.hu/articles/Ertekezés.pdf)
- SZEPEZZENTGYÖRGYI, Á. & RENTSENDORI, O. (2006): Seasonal changes in the mosquito fauna (Diptera, Culicidae) in the city of Szeged in 1999. – Tiscia 35: 41–49.
- SZMIRNOV V.V., REZNYIK SZ.R. & VASZILJEVSKAJA I.A. (1986): Aerob spóráképző baktériumok. – Medicina Könyvkiadó, Budapest, pp. 223.
- TÓTH S. (2007): Csípőszúnyog határozó I. (Lárvák). – Pannónia Füzetek 1: 13–96.
- ZARITSKY, A., KHAWALED, K., BARAK, Z., CHIPMAN, D. M. & RABI, T. (1986): Biological control of mosquitoes by the larvicidal activity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* delta endotoxin. – Acta. Microbiol. Pol. 35: 207–214.
- ZÖLDI V., ERDŐS GY., SZLOBODNYIK J. & GÁLLFY GY. (2005): A Johan Béla Országos Epidemiológiai Központ 2. Módszertani levele a szúnyogok elleni védekezésről. – Epinfo 12(2. különszám): 1–56.