

Efekti dve formulacije na bazi *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* na larve komarca *Aedes aegypti* u laboratorijskim uslovima

Milenka Perić¹, Mirjana Prijović² i Goran Andrić²

¹Zavod za biocide i medicinsku ekologiju, 11000 Beograd, Trebevička 16, Srbija
(zavod@biocidi.org.rs)

²Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, 11080 Beograd, Banatska 31b, Srbija
(pesticidizemun@pestring.org.yu)

REZIME

U laboratorijskim uslovima ispitivana je toksičnost i trajnost delovanja na larve komarca *Aedes aegypti* dve formulacije na bazi *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*: a) vododisperzibilne granule (preparat VectoBac WDG) i b) tečna suspenzija (preparat VectoBac 12AS). Utvrđivani su efekti oba preparata na larve u čistoj vodi neposredno posle njihovog rastvaranja (nulto vreme), a potom u rastvorima starim 1, 2, 8 i 13 dana. Takođe, testirani su efekti preparata u vodi sa glinom u količini 0,5 g na 150 ml vode, neposredno posle pravljenja rastvora, i efekti preparata u istoj zapremini vode sa količinama gline od 0,1 i 0,05 g, u rastvorima starim jedan dan. Konstatovano je da je preparat VectoBac WDG perzistentan i visoko efektivan u delovanju na larve *Ae. aegypti* u čistoj vodi tokom 13 dana posle primene (koliko je trajao eksperiment) i u istim dozama značajno je efektivniji nego VectoBac 12AS. Efektivnost preparata VectoBac 12AS značajno slabi osam i 13 dana nakon primene u poređenju sa efektima ispoljenim u nulto vreme i jedan i dva dana kasnije. Kod oba preparata larvicidnu aktivnost značajno smanjuje visok sadržaj gline u vodi, što ukazuje na njenu moguću ulogu u kompromitovanju praktične primene ovih preparata.

Ključne reči: *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*; VectoBac WDG; VectoBac 12AS; larve *Aedes aegypti*; trajnost delovanja

UVOD

Komarci (Culicidae, Diptera) su značajni molestan-ti, koji uznemiravaju čoveka i druge sisare, a prenosioci su brojnih virusa, među kojima su i prouzrokovajući žute groznice, denge, nekoliko formi encefalitisa i ne-

kih drugih opasnih bolesti (Božičić, 1985; Rozendaal, 1997; Becker i sar., 2003). Krajem prošlog veka, samo od malarije, čije uzročnike prenose komarci iz roda *Anopheles*, godišnje je umiralo više od milion i po ljudi, a među njima najviše dece (WHO, 1995).

U suzbijanju komaraca primenjuje se veći broj mera: mehaničke, ekološke, biološke, mikrobiološke i hemijske (Rozendaal, 1997; Šestović i sar., 1999; Becker i sar., 2003; Perić i sar., 2003). Hemijske mere se najviše primenjuju i usmerene su na suzbijanje larvi i imaga komaraca. Suzbijanje larvi može biti dovoljno za održavanje populacija komaraca na tolerantnom nivou, a najčešće se sprovodi u kombinaciji sa suzbijanjem imaga. U poslednjoj publikaciji Svetske zdravstvene organizacije o primeni pesticida u suzbijanju vektora i drugih vrsta štetnih po zdravlje čoveka, za suzbijanje larvi komaraca, pored četiri organofosforna insekticida i četiri regulatora rasta insekata, preporučuju se i formulacije na bazi *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (*Bti*) (WHO, 2006). U Srbiji za suzbijanje larvi komaraca preko tri decenije primenjuje se temefos, u jednom periodu primenjivao se pirimifos-metil, a više od deset godina primenjuju se i preparati na bazi *Bti*, uglavnom nedovoljno (Perić i sar. 1998, 2003; Šestović i sar., 1999).

Preparati na bazi *Bti* imaju i prednosti i nedostatke u suzbijanju larvi komaraca, u poređenju sa hemijskim, sintetsanim insekticidima (Rozendaal, 1997; Šestović i sar., 1999; Lacey, 2007). Prednosti su u tome što uspešno deluju na osetljive populacije i populacije koje su razvile rezistentnost prema hemijskim larvicidima, a selektivni su po načinu delovanja i ne ugrožavaju životnu sredinu. Međutim, osnovni nedostatak ovih preparata je slaba perzistentnost, zbog čega su potrebna češća tretiranja. Manje su efikasni u vodi sa većim sadržajem algi, zemljišnih čestica i ostataka biljnog i animalnog porekla. U prljavim vodama dolazi do supresije preparata i padanja na dno, što takođe umanjuje efikasnost.

U okviru programa ovog rada ispitivana je toksičnost i trajnost delovanja na larve komarca *Aedes aegypti* (Linn.) dve formulacije iz najnovije generacije preparata na bazi *Bti*, u laboratorijskim uslovima. Takođe, ispitivani su i efekti ovih preparata u vodi koja sadrži glinu.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su obavljena u Institutu za pesticide i zaštiti životne sredine, Beograd, testiranjem efekata izabranih preparata na larve komarca *Ae. aegypti*. Testirana rasa komaraca je normalno osetljiva prema insekticidima, a gaji se u insektarijumu u skladu sa metodom koju su opisali Munsterman i Wasmuth (1985).

U ispitivanju su korišćena dva preparata na bazi *Bti*, VectoBac WDG i VectoBac 12AS, čiji je proizvo-

đač Valent BioSciences Corporation, Libertyville, IL, USA.

VectoBac WDG je u obliku formulacije vododisperzibilne granule. Sadrži 37,4% aktivnog ingredijenta i 62,6% drugih sastojaka, a potentnost je 3000 internacionalnih toksičnih jedinica (ITU) po miligramu.

VectoBac 12AS je u obliku tečne suspenzije. Sadrži 1,2% aktivnog ingredijenta, a drugih (inertnih) sastojaka 98,8%. Potentnost mu je 1200 ITU/mg.

Pored ova dva preparata u eksperimentima je korišćena i prirodna glina čiji je hemijski sastav prema deklaraciji (sa odstupanjima 5-10%) sledeći: silicijumdioksid (SiO_2) 60,90%; aluminijumoksid (Al_2O_3) 22,52%; kalcijumoksid (CaO) 0,30%; ferioksid (Fe_2O_3) 1,79%; kalijumoksid (K_2O) 3,00%; magnezijumoksid (MgO) 0,86% i titandioksid (TiO_2) 0,92%.

Oba preparata su aplicirana tako da sadržaj ITU bude podjednak. U dve plastične posude sa po 5 L vode odmereno je po 10 mg preparata VectoBac WDG i u dve plastične posude sa po 5 L vode odmereno je po 25 mg preparata VectoBac 12AS. Sadržaj aktivnog ingredijenta u posudama sa oba preparata bio je na nivou 6000 ITU/L.

Rastvoreni preparati razlivani su u količini od po 150 ml u plastične čaše, u koje je ubacivano po 25 larvi *Ae. aegypti*. Testirani su efekti na larve prvog i drugog stupnja (L_1+L_2) i trećeg i četvrtog stupnja (L_3+L_4), praćenjem smrtnosti izlaganih larvi u različitim intervalima tokom 24 časa. Svako testiranje bilo je u četiri ponavljanja.

Utvrdživani su efekti oba preparata na larve u čistoj vodi, neposredno posle pravljenja rastvora, a potom u rastvorima starim 1, 2, 8 i 13 dana. Takođe, testirani su efekti preparata u vodi sa glinom u količini 0,5 g po čaši sa 150 ml vode, neposredno posle pravljenja rastvora, i efekti preparata u vodi sa glinom u količinama 0,1 i 0,05 g po čaši, u rastvorima starim jedan dan.

U svim testiranjima praćeno je i stanje larvi u kontroli, u čistoj vodi i vodi sa glinom bez sadržaja preparata. Posude sa rastvorima pre razlivanja u čaše i testiranja efekata bile su otkrivene tri dana, a potom su zatvorene.

Temperatura rastvora i čiste vode za sve vreme eksperimenta bila je 21-22°C, a pH između 7,945 i 7,999.

U obradi rezultata efekata testiranih preparata izračunata je standardna devijacija, a rezultati efekata prva tri testiranja obrađeni su probit analizom, na principima metode koju je opisao Finney (1971) i pimeonom kompjuterskog programa koji je izradio Raymond (1985). Ovom analizom izračunati su sledeći parame-

tri: a) LT_{50} (vreme uginuća 50% testiranih larvi), b) LT_{95} (vreme uginuća 95% testiranih larvi) i c) nagibi lt-p linija.

U svim testiranjima nije bilo smrtnosti larvi u kontrolnim posudama, tako da nije primenjena formula za korekciju rezultata zbog smrtnosti u kontroli.

REZULTATI

Od rezultata izvršenih ispitivanja prvo su prikazani utvrđeni efekti preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS na larve komarca *Ae. aegypti* u čistoj vodi, a potom rezultati efekata ovih preparata u vodi sa različitim količinama gline.

Efekti preparata u čistoj vodi

Pošto je bilo moguće uraditi probit analizu rezultata testiranja efekata preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS u nulto vreme (neposredno posle njihovog rastvaranja u vodi) i u rastvorima starim jedan i dva dana, izračunati su pokazatelji brzine delovanja oba preparata u tim testiranjima i prikazani u tabelama 1 i 2.

Pokazatelji brzine delovanja oba preparata izračunati probit analizom pokazuju da prilikom testiranja efekata preparata VectoBac WDG neposredno posle rastvaranja i u rastvorima starim jedan dan nije bilo statistički značajnih razlika kod LT_{50} između L_{1-2} i L_{3-4} (preklapaju se intervali pouzdanosti). Takođe, nije bilo značajnih razlika ni između LT_{95} kod L_{1-2} i L_{3-4} kod efekata ovog preparata u rastvorima starim jedan dan. VectoBac 12AS u sva tri testiranja je značajno brže de-

Table 1. Brzina delovanja preparata VectoBac WDG u rastvorima različite starosti na larve *Aedes aegypti*
Tabela 1. Activity of VectoBac WDG product in solutions of different ages against *Aedes aegypti* larvae

Starost rastvorenog preparata (dani) Age of diluted product (days)	LT_{50} (minuti) sa intervalima pouzdanosti (0,05) LT_{50} (minutes) and confidence intervals (0.05)	LT_{95} (minuti) sa intervalima pouzdanosti (0,05) LT_{95} (minutes) and confidence intervals (0.05)	Nagib lt-p linije (\pm SD) Slope of lt-p line (\pm SE)
Larve prvog i drugog stupnja ($L_1 + L_2$) 1 st and 2 nd larval instars			
0	62,45 (54,18-69,58)	166,07 (145,86-198,86)	3,87 \pm 0,40
1	95,18 (89,37-100,73)	195,39 (179,68-216,96)	5,27 \pm 0,37
2	97,16 (85,86-107,92)	261,36 (232,86-300,86)	3,82 \pm 0,28
Larve trećeg i četvrtog stupnja ($L_3 + L_4$) 3 rd and 4 th larval instars			
0	62,42 (57,20-66,76)	109,12 (100,46-122,56)	6,78 \pm 0,73
1	96,39 (90,88-101,84)	186,78 (169,84-211,67)	5,72 \pm 0,46
2	185,46 (177,56-193,19)	332,14 (311,07-361,58)	6,48 \pm 0,41

Table 2. Brzina delovanja preparata VectoBac 12AS u rastvorima različite starosti na larve *Aedes aegypti*
Tabela 2. Activity of VectoBac 12AS product in solutions of different ages against *Aedes aegypti* larvae

Starost rastvorenog preparata (dani) Age of diluted product (days)	LT_{50} (minuti) sa intervalima pouzdanosti (0,05) LT_{50} (minutes) and confidence intervals (0.05)	LT_{95} (minuti) sa intervalima pouzdanosti (0,05) LT_{95} (minutes) and confidence intervals (0.05)	Nagib lt-p linije (\pm SD) Slope of lt-p line (\pm SE)
Larve prvog i drugog stupnja ($L_1 + L_2$) 1 st and 2 nd larval instars			
0	78,14 (73,27-83,11)	123,23 (113,52-136,90)	8,31 \pm 0,70
1	92,51 (87,38-97,43)	170,97 (157,76-189,55)	6,16 \pm 0,47
2	100,14 (90,25-109,78)	247,02 (213,28-302,92)	4,19 \pm 0,41
Larve trećeg i četvrtog stupnja ($L_3 + L_4$) 3 rd and 4 th larval instars			
0	103,41 (99,32-107,21)	144,41 (136,90-155,92)	11,34 \pm 1,10
1	108,31 (102,44-114,06)	215,51 (198,68-238,37)	5,51 \pm 0,36
2	258,87 (245,94-273,75)	579,76 (509,21-689,88)	4,69 \pm 0,37

lovaio na larve prvog i drugog stupnja nego na larve trećeg i četvrtog stupnja. Ni u jednom slučaju nije bilo preklapanja intervala pouzdanosti za LT_{50} i LT_{95} kod ove dve kategorije larvi u istim testiranjima.

Poređenjem brzine delovanja dva preparata u tri navedena termina, vidi se da je VectoBac WDG bio toksičniji prema većini pokazatelja. VectoBac 12AS je jedino bio značajno toksičniji za L_{1-2} na nivou LT_{95} u rastvorima testiranim u nulto vreme, a kod ove kategorije larvi nije bilo značajnih razlika u brzini delovanja, ni na nivou LT_{50} ni LT_{95} , u rastvorima starim jedan i dva dana. Takođe, nije bilo značajnih razlika u brzini delo-

vanja na L_{3-4} na nivou LT_{95} u rastvorima starim jedan dan. Nagib lt-p linije bio je izrazito najveći kod efekata preparata VectoBac 12AS testiranih u nulto vreme i kod L_{1-2} i, naročito, kod L_{3-4} .

Smrtnost svih larvi prilikom testiranja u sva tri termina, kod oba preparata, bila je na nivou 100% posle izlaganja 24 časa.

Rezultati utvrđenih efekata oba preparata na larve komaraca u rastvorima starim osam dana prikazani su u tabeli 3, a rezultati efekata u rastvorima starim 13 dana u tabeli 4.

Table 3. Efekti preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS u rastvorima starim osam dana na larve *Aedes aegypti*
Tabela 3. Effects of VectoBac WDG and VectoBac 12AS products in 8-day solutions on *Aedes aegypti* larvae

Vreme posle ubacivanja larvi (minuti) Time after introduction of larvae (minutes)	Smrtnost izlaganih larvi (% ± SD) Mortality of introduced larvae (% ± SE)			
	Efekti VectoBac WDG Effects of VectoBac WDG		Efekti VectoBac 12AS Effects of VectoBac 12AS	
	$L_1 + L_2$	$L_3 + L_4$	$L_1 + L_2$	$L_3 + L_4$
15	10±2,3	9±3,8	0±0,0	0±0,0
45	24±3,3	25±3,8	0±0,0	0±0,0
75	37±6,8	38±2,3	0±0,0	0±0,0
105	55±5,0	51±8,9	5±2,0	2±2,3
135	72±5,6	64±11,8	8±3,3	4±3,3
165	80±6,5	68±11,8	11±5,0	5±3,8
195	87±9,5	73±12,4	17±3,8	6±4,0
225	93±6,8	76±12,4	23±5,0	8±6,5
255	95±5,0	81±8,9	32±6,5	13±10,5
315	96±5,6	86±8,3	45±14,4	16±14,2
Smrtnost posle 24h 24-hour mortality	99±2,0	98±2,3	79±22,9	60±13,6

Table 4. Efekti preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS u rastvorima starim 13 dana na larve *Aedes aegypti*
Tabela 4. Effects of VectoBac WDG and VectoBac 12AS products in 13-day solutions on *Aedes aegypti* larvae

Vreme posle ubacivanja larvi (minuti) Time after introduction of larvae (minutes)	Smrtnost izlaganih larvi (% ± SD) Mortality of introduced larvae (% ± SE)			
	Efekti VectoBac WDG Effects of VectoBac WDG		Efekti VectoBac 12AS Effects of VectoBac 12AS	
	$L_1 + L_2$	$L_3 + L_4$	$L_1 + L_2$	$L_3 + L_4$
30	22±5,2	0±0,0	0±0,0	0±0,0
60	45±6,8	6±5,2	0±0,0	0±0,0
75	65±3,8	19±5,0	0±0,0	0±0,0
90	82±5,2	36±7,3	0±0,0	0±0,0
120	92±5,6	49±3,8	0±0,0	0±0,0
180	95±3,8	65±6,0	6±7,7	1±2,0
240	97±2,0	77±3,8	16±6,5	7±3,8
360	98±2,3	79±3,8	33±10,0	16±7,3
420	98±2,3	84±3,3	53±11,9	23±12,8
Smrtnost posle 24h 24-hour mortality	100±0,0	100±0,0	92±3,3	83±3,8

Table 5. Efekti preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS na larve *Aedes aegypti* u posudama sa 150 ml vode i 0,5 g gline; larve ubacivane neposredno posle pravljenja rastvora

Tabela 5. Effects of VectoBac WDG and VectoBac 12AS products on *Aedes aegypti* larvae in jars containing 150 ml of water and 0.5 g of clay; larvae were introduced immediately after product dilution

Vreme posle ubacivanja larvi (minuti) Time after introduction of larvae (minutes)	Smrtnost izlaganih larvi (% ± SD) Mortality of introduced larvae (% ± SE)			
	Efekti VectoBac WDG Effects of VectoBac WDG		Efekti VectoBac 12AS Effects of VectoBac 12AS	
	L ₁ + L ₂	L ₃ + L ₄	L ₁ + L ₂	L ₃ + L ₄
210 min.	0±0,0	0±0,0	1±2,0	0±0,0
24 h	95±7,6	98±4,0	83±11,0	83±14,4

U rastvorima starim osam dana (Tabela 3) VectoBac WDG ispoljavao je efekte na larve obe kategorije već posle 15 minuta izlaganja, a VectoBac 12AS počeo je da deluje tek posle 105 minuta. Posle izlaganja u trajanju od 315 minuta VectoBac WDG je prouzrokovao prosečnu smrtnost L₁₋₂ na nivou 96% i L₃₋₄ 86%, a posle 24 časa smrtnost je bila 99 i 98%. U rastvorima sa preparatom VectoBac 12AS posle 315 minuta izlaganja smrtnost L₁₋₂ bila je 45%, a L₃₋₄ 16%, dok je posle 24 časa smrtnost bila 79 i 60%.

U rastvorima sa preparatom VectoBac WDG starim 13 dana (Tabela 4) posle 30 minuta izlaganja bilo je 22% mrtvih larvi u kategoriji L₁₋₂, dok nije bilo mrtvih kod L₃₋₄. Posle 420 minuta izlaganja smrtnost L₁₋₂ bila je 98%, a L₃₋₄ 84%, dok je posle 24 časa i kod jednih i drugih smrtnost bila 100%. Međutim, u rastvorima sa preparatom VectoBac 12AS prva smrtnost je konstatovana tek posle 180 minuta, u proseku 6% (L₁₋₂) i 1% (L₃₋₄). Posle 360 minuta smrtnost je bila 53 i 23%, dok je posle 24 časa bila iznenađujuće visoka za ovu formulu: 92 i 83%.

Efekti preparata u vodi sa glinom

Testiranjem efekata na larve u nulto vreme preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS u posudama sa vodom koje su sadržale po 0,5 g gline dobijeni su rezultati koji su prikazani u tabeli 5.

U ovom testiranju efekata preparata VectoBac WDG uopšte nije bilo mrtvih larvi ni u jednoj posudi posle njihovog izlaganja u trajanju od 210 minuta. Posle 24 časa prosečna smrtnost u kategoriji larvi L₁₋₂ bila je 95%, a kod L₃₋₄ 98%. U posudama sa preparatom VectoBac 12AS, posle 210 minuta izlaganja smrtnost larvi u kategoriji L₁₋₂ bila je samo na nivou 1%, a uopšte nije bilo mrtvih larvi u posudama sa L₃₋₄. Ovde je posle 24 časa prosečna smrtnost kod obe kategorije larvi bila na nivou 83%.

Rastvori u svim posudama sa ovom količinom gline bili su mutni.

U narednom testiranju uticaja gline na efektivnost preparata sipani su rastvori stari jedan dan oba preparata, u posude u kojima je odmereno po 0,1 g gline i u posude sa 0,05 g gline. Ispitivani su efekti oba prepara-

Table 6. Efekti preparata VectoBac WDG i VectoBac 12AS na larve trećeg i četvrtog stupnja *Aedes aegypti* u posudama sa 150 ml vode i 0,1 i 0,05 g gline; larve ubacivane u rastvore stare jedan dan

Tabela 6. Effects of VectoBac WDG and VectoBac 12AS products on 3rd and 4th instars of *Aedes aegypti* in jars containing 150 ml of water and 0.1 or 0.05 g of clay; larvae were introduced to one-day solutions

Vreme posle ubacivanja larvi (minuti) Time after introduction of larvae (minutes)	Smrtnost izlaganih larvi (% ± SD) Mortality of introduced larvae (% ± SE)			
	Tretman u posudama sa 0,1 g gline Treatment in jars with 0.1 g of clay		Tretman u posudama sa 0,05 g gline Treatment in jars with 0.05 g of clay	
	VectoBac WDG	VectoBac 12AS	VectoBac WDG	VectoBac 12AS
120	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0
180	0±0,0	0±0,0	33±8,2	40±3,3
240	36±8,6	4±0,0	76±9,8	85±3,8
300	71±6,8	19±5,0	81±24,7	95±5,0
Smrtnost posle 24h 24-hour mortality	99±2,0	99±2,0	100±0,0	100±0,0

ta sa ove dve količine gline samo na larve iz kategorije L₃₋₄, a dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 6.

Rezultati ispitivanja pokazuju da VectoBac WDG u posudama sa 0,1 g gline nije ispoljio toksične efekte zaključno sa 180 minuta izlaganja. Posle 300 minuta prosečna smrtnost bila je 71%, a posle 24 časa 99%. U posudama sa 0,05 g gline konstatovana je smrtnost larvi posle 180 minuta izlaganja, u proseku na nivou 33%. Posle 300 minuta smrtnost je bila 96%, a posle 24 časa 100%.

Prvi toksični efekti preparata VectoBac 12AS u posudama sa 0,1 g gline konstatovani su posle 240 minuta izlaganja larvi. U ovim posudama prosečna smrtnost posle izlaganja larvi u trajanju od 300 minuta bila je 19%, a posle 24 časa 99%. U posudama sa 0,05 g gline konstatovana je prosečna smrtnost larvi posle 180 minuta njihovog izlaganja na nivou 40%, posle 300 minuta 95% i posle 24 časa 100%.

DISKUSIJA

Analizom efekata dve testirane formulacije na bazi *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* zapaža se da oba preparata ispoljavaju visoku efektivnost na larve komaraca u čistoj vodi neposredno posle rastvaranja i u rastvorima starim jedan i dva dana. Prema dobijenim pokazateljima efektivniji je VectoBac WDG nego VectoBac 12AS, s tim što je posle 24 časa izlaganja smrtnost bila 100% u svim varijantama. VectoBac 12AS je naročito uspešniji delovao na larve trećeg i četvrtog stupnja.

Ispitivanjima efekata oba preparata u rastvorima starim osam i 13 dana utvrđen je veoma izražen pad efektivnosti preparata VectoBac 12AS u poređenju sa efektima ovog preparata u prva tri testiranja i, naročito, sa efektima preparata VectoBac WDG.

Rezultati ispitivanja efekata oba preparata u vodi sa glinom pokazuju da visok sadržaj gline može da kompromituje primenu ovih preparata u suzbijanju larvi komaraca.

Pregledom literature može se zaključiti da preparati na bazi *Bti* mogu veoma različito delovati na larve komaraca, i u uslovima laboratorije i u praktičnoj primeni. Na primer, Mulla i sar. (1990) su utvrdili da se efikasnost *Bti* u suzbijanju larvi komaraca u vodi sa česticama zemljišta i organskim materijama skraćuje na samo nekoliko dana. Yap i sar. (1997), ispitujući efekte preparata VectoBac 12AS na larve tri vrste komaraca, utvrdili su značajne razlike u efikasnosti u zavisno-

sti od načina aplikacije. Shililu i sar. (2003), na osnovu ispitivanja efikasnosti preparata VectoBac u obliku granula i jednog preparata na bazi *Bacillus sphaericus*, konstatuju da larvicidna aktivnost ovih preparata varira i zavisi od staništa larvi, vrste komaraca i ekoloških uslova u području. Pored ostalog, oni ukazuju da prisustvo algi može kompromitovati primenu ovih larvicida, a zaključuju da se u većini staništa suzbijanje može sprovesti primenom ova dva biolarvicida jednom u dve nedelje. Lee i sar. (2005) su konstatovali da formulacije na bazi *Bti* ispoljavaju kratku rezidualnu aktivnost u suzbijanju *Ae. aegypti* i *Aedes albopictus*. Efikasnost nije bila dovoljna ni nedelju dana, a retko je bila 100% i u tom periodu. Međutim, Vilarinhos i Monnerat (2004) su utvrđivali perzistentnost preparata VectoBac WDG u kontejnerima od 250 L, prateći efekte na larve trećeg stupnja *Ae. aegypti*. Sa količinama preparata od 0,5 i 1 g na 250 L efikasnost je bila 100% na sunčevoj svetlosti tokom tri nedelje, a u pokrivenim kontejnerima isti nivo efikasnosti je bio do sedam nedelja.

U osvrtnu na oglede u različitim područjima sa preparatom VectoBac 12AS, Valent BioSciences Corporation iznosi podatke o efikasnosti ovog preparata u suzbijanju larvi različitih vrsta komaraca različitim metodama aplikacije (Anonymous, 2001). Prema tim rezultatima, 24 ili 48 sati posle aplikacije konstatovana je efikasnost u rasponu 95-100%.

Imajući u vidu različite efekte u različitim uslovima, Valent BioSciences Corporation preporučuje da se VectoBac WDG primenjuje pomoću uređaja sa zemlje u količinama 123-988 g/ha i količini tečnosti 47-950 L/ha, a iz vazduha u količinama 123-988 g/ha i količini tečnosti 2,4-93,5 L/ha. Za primenu u prljavoj vodi preporučuje se ovaj preparat u količinama 0,5-1 kg/ha. Za primenu preparata VectoBac 12AS proizvođač preporučuje 0,3-1,2 L/ha, a u prljavoj vodi 1,2-2,4 L/ha. Veće količine preporučuje ako preovlađuju larve trećeg i četvrtog stupnja, onda kada je populacija komaraca visoka i kada su prisutne alge (Anonymous, 2001).

LITERATURA

- Anonymous*: VectoBac-Technical Use Bulletin for VectoBac12AS, Mosquito and Black Fly Larvicide. Valent BioSciences Corporation, Libertyville, IL, USA, 2001.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dabl, C., Lane, J. and Kaiser, A.*: Mosquitoes and Their Control. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2003.

- Božičić, B.:** Komarci Fruške Gore (Diptera, Culicidae). Matica srpska, Novi Sad, 1985.
- Finney, D.J.:** Probit Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 3rd edition, 1971.
- Lacey, L.A.:** *Bacillus thuringiensis* serovariety *israelensis* and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. In: Biorational Control of Mosquitoes (T.G. Floore, ed.). Supplement to J. Am. Mosq. Control. Assoc., 23(2): 133-163, 2007.
- Lee, Y.W., Zairi, J., Yap, H.H. and Adanaan, C.R.:** Integration of *Bacillus thuringiensis* H-14 formulations and pyriproxyfen for the control of larvae of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. J. Am. Mosq. Control Assoc., 21: 84-89, 2005.
- Munsterman, L.E. and Wasmuth, L. M.:** *Aedes aegypti*. In: Handbook of Insect Rearing (P. Singh and R.F. Moore, eds.), ELSEVIER, Amsterdam, 1985, Vol. 2, pp. 7-14.
- Mulla, M.S., Darvazeh, H.A. and Zgomba, M.:** Effect of some environmental factors on the efficacy of *Bacillus sphaericus* 2362 and *Bacillus thuringiensis* (H-14) against mosquitoes. Bull. Soc. Vector Ecol., 15: 166-175, 1990.
- Perić, I., Šestović M. i Vukša, P.:** Savremene metode suzbijanja štetnih artropoda. Zbornik radova Prve beogradske konferencije o suzbijanju štetnih artropoda i glodara, Beograd, 1998, str. 35-53.
- Perić, I., Šestović, M., Kljajić, P., Vukša, P. i Spasić, R.:** Integralno suzbijanje komaraca – ciljevi i dostignuća. Zbornik radova Šeste beogradske konferencije o kontroli štetnih organizama u urbanoj sredini, Beograd, 2003, str. 7-22.
- Raymond, M.:** Presentation d'un programme d'analyse log-probit pour micro-orinrateur. Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Et Parasitol., 22: 117-121, 1985.
- Rozendaal, J.A.:** Vector Control-Methods for Use by Individuals and Communities. World Health Organization, Geneva, 1997.
- Shililu, J.I., Tewolde, G.M., Brantly, E., Githure, J.I., Mbojo, C.M., Beier, J.C., Fusco, R. and Novak, R.J.:** Efficacy of *Bacillus thuringiensis israelensis*, *Bacillus sphaericus* and temephos for managing *Anopheles* larvae in Eritrea. J. Am. Mosq. Control Assoc., 19: 251-258, 2003.
- Šestović, M., Perić, I., Vukša, P. i Kljajić, P.:** Aktuelni insekticidi za suzbijanje komaraca. Zbornik radova Treće beogradske konferencije o suzbijanju štetnih artropoda i glodara, Beograd, 1999, str. 13-51.
- Vilarinhos, P.T.R. and Monnerat, R.:** Larvicidal persistence of formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to control larvae *Aedes aegypti*. J. Am. Mosq. Control Assoc., 20: 311-314, 2004.
- Yap, H.H., Chong, A.S.C., Adanan, C.R., Chong, N.L., Robaizat, B., Malik, Y.A. and Lim, S.Y.:** Performance of ULV formulations (PESGUARD 102/VECTOBAC 12AS) against three mosquito species. J. Am. Mosq. Control Assoc., 13: 384-388, 1997.
- WHO:** Vector control for malaria and other mosquito-borne diseases. WHO Technical Report Series No. 857. World Health Organization, Geneva, 1995.
- WHO:** Pesticides and Their Application for the Control of Vectors and Pests of Public Health Importance. World Health Organization, Geneva, 2006.

Effects of Two Formulations Based on *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* on *Aedes aegypti* Mosquito Larvae under Laboratory Conditions

SUMMARY

Toxicity and persistence of two formulations based on *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* applied to *Aedes aegypti* mosquito larvae were tested under laboratory conditions. The formulations were: a) water dispersible granules (product VectoBac WDG), and b) aque-

ous suspension (product VectoBac 12AS). The effects of both products on mosquito larvae were tested immediately after their dilution in pure water (zero time) and in 1-, 2-, 8- and 13-day old solutions. The two products were also tested in mixtures of water and clay at a rate of 0.5 g clay/150 ml water immediately after product dilution, and in one-day old solutions containing 0.1 and 0.05 g of clay in the same amount of water. The product VectoBac WDG was persistent and highly effective against *Ae. aegypti* larvae in pure water after the longest experimental period of 13 days, and significantly more effective than VectoBac 12AS at equal rates of application. The effectiveness of VectoBac 12AS weakened significantly after 8 and 13 days of treatment, compared to the effects at zero time and in 1- and 2-day old solutions. High clay content in water significantly reduced the larvicidal effectiveness of both products, indicating its possible compromising role during product application in practice.

Keywords: *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*; VectoBac WDG; VectoBac 12AS; *Aedes aegypti* larvae; Persistence