

Efekat akaricida na uzrasnu strukturu *Tetranychus urticae* Koch

Dejan Marčić

*Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija",
Centar za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd – Zemun
e-mail: marcion@bitsyu.net*

REZIME

Analiziran je efekat klofentezina i tebufenpirada na uzrasnu strukturu novih populacija običnog paučinara, *Tetranychus urticae* Koch, koje potiču od ženki preživelih tretiranja jednim od ova dva akaricida u stadijumu larve, protonimfe ili deutonimfe. Uzrasna struktura u kontrolnim kohortama (60.6–69.7% jaja, 25.9–31.3% juvenilnih stadijuma; 3.3–11.3% adulta) bila je bliska stabilnoj uzrasnoj strukturi *T. urticae* (65–66% jaja, 25–26% juvenilnih stadijuma i 8–10% adulta). Tretiranje akaricidima značajno je poremetilo uzrasnu strukturu preživelih delova populacije. Tretiranje klofentezinom značajno je smanjilo proporciju jaja, dok su proporcije juvenilnih stadijuma i adulta značajno povećane, usled značajno redukovano neto-fertiliteta preživelih ženki. Tretiranje tebufenpiradom značajno je povećalo proporciju juvenilnih stadijuma, što je posledica produženog juvenilnog razvića. Pošto su nove populacije *T. urticae*, nastale od ženki iz tretmana tebufenpiradom, "mlađe" od populacija nastalih iz tretmana klofentezinom, moguće je pretpostaviti da je potrebno više vremena za oporavak i dostizanje stabilnog rasta nakon tretiranja klofentezinom.

Ključne reči: *Tetranychus urticae*; uzrasna struktura; klofentezin; tebufenpirad

UVOD

Demografsko-toksikološki biotest pesticida (zoocida) pokazuje učinak na nivou populacije, kvantifikujući subletalne efekte promenama vrednosti prirodne stope rasta i drugih populacionih parametara. Uvođenje demografskih metoda u laboratorijski biotest, uz uvažavanje uzrasne heterogenosti populacije i realističan način ekspozicije test-jedinki, stvara pouzdaniju osnovu za procenu

efekata pesticida (zoocida) u polju ili stakleniku (Robertson i Worner, 1990; Robertson i Preisler, 1992; Stark i Banks, 2003). Demografsko-toksikološki pristup primenjen je i u analizi efekata akaricida na običnog paučinara, *Tetranychus urticae* Koch (Boykin i Campbell, 1982; Ahmadi, 1983; Maggi i Leigh, 1983; Ibrahim i Knowles, 1986; Sekulić, 1997; Pietrosiuk i sar., 2003). U

našim prethodnim radovima (Marčić, 2003. i 2004) pokazalo se da klofentezin (tetrazin, inhibitor razvića) i tebufenpirad (pirazol, inhibitor respiracije) značajno snižavaju prirodnu stopu rasta delova populacije *T. urticae* koji potiču od ženki preživelih tretiranja u nekom od juvenilnih stadijuma (larva, protonimfa, deutonimfa). Zabeležene su i izvesne razlike u tipu subletalnih efekata između ova dva akaricida.

U ovom radu je analiziran efekat klofentezina i tebufenpirada na uzrasnu strukturu preživelih delova populacije *T. urticae* redukovano populacionog rasta, kao pokazatelj sposobnosti obnavljanja stabilnog populacionog rasta.

MATERIJAL I METODE

Test-populacija

Normalno osetljiva populacija *T. urticae* potiče sa *Lamium purpureum* iz parka Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu. U laboratoriji Centra za pesticide i zaštitu životne sredine gaji se od marta 1998. godine, na biljkama pasulja u uslovima dugog dana (16 sati veštačkog osvetljenja dnevno; $t = 25-30^{\circ}\text{C}$).

Određivanje uzrasne strukture *T. urticae*

Zastupljenost pojedinih razvojnih stadijuma *T. urticae* izračunata je primenom formule koju su predložili Carey i Krainacker (1988) i Carey (1993):

$$c_x = \frac{e^{-rx} l_x}{\sum_{\omega} e^{-rx} l_x}$$

c_x = frakcija starosti x u stabilnoj populaciji

r = prirodna stopa rasta populacije

l_x = uzrasno-specifično preživljavanje

ω = maksimalna starost ženki

Vrednosti prirodne stope rasta populacije, uzrasno-specifičnog preživljavanja i maksimalne starosti ženki, neophodne za izračunavanje uzrasne strukture, date su u ranijim radovima (Marčić, 2003. i 2004). U periodu septembar 2001-jul 2002. godine izvedeno je šest ogleda, u kojima su praćeni parametri populacionog rasta u kohortama (grupama) netretiranih ženki laboratorijske populacije *T. urticae*. U drugom, trećem i šestom ogledu populacioni parametri u kohortama netretiranih ženki poređeni su sa odgovarajućim parametrima u kohortama ženki preživelih tretiranja akaricidima u stadijumu larve, protonimfe ili deutonimfe (u daljem tekstu: kohorte L, PN, DN). U Tabeli 1 prikazani su podaci o ovim ogledima i kriterijumima za grupisanje starosnih frakcija i izračunavanje uzrasne strukture (Tabela 1).

Intervali pouzdanosti proporcija razvojnih stadijuma određeni su tzv. *jackknife* metodom (Sokal i Rohlf, 1981; Meyer i sar., 1986). Kriterijum za statistički značajno razlikovanje kontrole i tretmana bio je nepreklapanje 95% intervala pouzdanosti.

Tabela 1. Podaci o ogledima i kriterijumima za grupisanje starosnih frakcija *T. urticae* u kontrolnim kohortama i kohortama ženki koje su preživele tretiranje klofentezinom ili tebufenpiradom u nekom od razvojnih stadijuma (L = larva; PN = protonimfa; DN = deutonimfa)

Table 1. Data on trials and criteria for defining age fractions of *T. urticae* in untreated cohorts and female cohorts surviving treatment with klothentezine or tebufenpyrad at one of the development stages (L = larva; PN = protonymph; DN = deutonymph)

Redosled ogleda Trial sequence	t°C/RH%	Varijante ogleda Trial variant	Frakcije starosti x Age fraction		
			Ov	Juv	Ad
IX/2001.	27 ± 2/50-60	Kontrola Untreated	x = 1 - 3	x = 4 - 8	x = 9 - ω
X/2001.	25.5 ± 1/40-60	Kontrola Untreated	x = 1 - 4	x = 5 - 9	x = 10 - ω
		Klofentezin, L Klothentezine	x = 1 - 4	x = 5 - 9	x = 10 - ω
XI/2001.	25.5 ± 1.5/30-50	Kontrola Untreated	x = 1 - 4	x = 5 - 11	x = 12 - ω
		Klofentezin, PN Klothentezine	x = 1 - 4	x = 5 - 11	x = 12 - ω
		Klofentezin, DN Klothentezine	x = 1 - 4	x = 5 - 11	x = 12 - ω
IV/2002.	24.5 ± 1.5/35-50	Kontrola Untreated	x = 1 - 4	x = 5 - 11	x = 12 - ω
VI/2002.	25 ± 1.5/65-75	Kontrola Untreated	x = 1 - 4	x = 5 - 10	x = 11 - ω
VII/2002.	27.5 ± 1.5/65-85	Kontrola Untreated	x = 1 - 3	x = 4 - 8	x = 9 - ω
		Tebufenpirad, L Tebufenpyrad	x = 1 - 3	x = 4 - 9	x = 10 - ω
		Tebufenpirad, PN Tebufenpyrad	x = 1 - 3	x = 4 - 10	x = 11 - ω
		Tebufenpirad, DN Tebufenpyrad	x = 1 - 3	x = 4 - 10	x = 11 - ω

t°C = temperatura vazduha/Air temperature

RH% = relativna vlažnost vazduha/Relative air humidity

x = starost ženki *T. urticae* u danima/*T. urticae* female age, days

Ov = proporcija jaja/Fraction of eggs

Juv = proporcija juvenilnih stadijuma/Juvenile fraction

Ad = proporcija adulta/Fraction of adults

ω = maksimalna starost jedinki u kohorti/Maximum age of individuals in a cohort

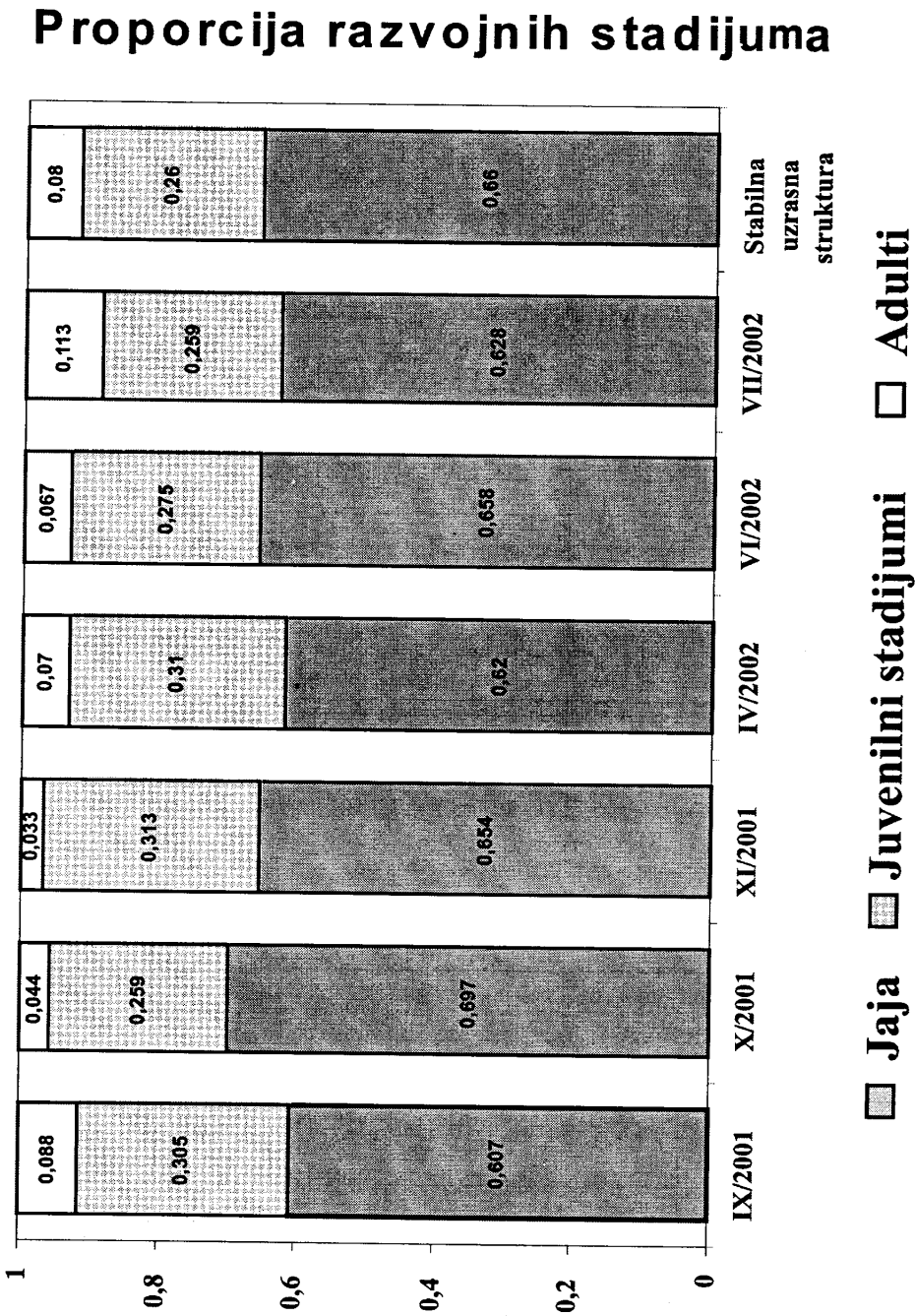
REZULTATI I DISKUSIJA

Uzrasna struktura *T. urticae*, izračunata *jackknife* postupkom u kontrolnim kohortama u periodu avgust 2001- avgust 2002. godine, sastojala se od 60.6 do 69.7% jaja, 25.9 do 31.3% juvenilnih stadijuma i 3.3 –11.3% adulta (Slika 1). Ovakva zastupljenost pojedinih razvojnih stadijuma bliska je proporciji od 65 do 66% jaja, 25-26% juvenilnih stadijuma i 8-10% adulta, koja se smatra stabilnom uzrasnom strukturom za *T. urticae* (Carey, 1982. i 1984; Gris-sa-Lebdi i sar., 2002).

U Tabeli 2 prikazana je uzrasna struktura delova populacije koji potiču od ženki *T. urticae* preživelih tretiranje klofentezinom u stadijumu larve, protonimfe ili deutonimfe. U odnosu na stanje u kontroli, tretiranje klofentezinom je poremetilo uzrasnu strukturu: značajno je smanjena proporcija jaja, dok su proporcije juvenilnih stadijuma i adulta značajno povećane u sve tri kohorte u tretmanu.

Kao što smo već pokazali (Marčić, 2003), niže stope rasta novih populacija *T. urticae* koje potiču od jedinki preživelih tretiranje klofentezinom,

Sl. 1. Uzrasna struktura (proporcija jaja, juvenilnih stadijuma i adulta) *T. urticae* u kontrolnim kohortama u periodu avgust 2001 - avgust 2002. godine (stabilna uzrasna struktura, Carey, 1982; i 1984)
Fig. 1. Age distribution (fractions of eggs, juvenile stage and adults) of *T. urticae* in control cohorts over the period August 2001-August 2002 (stable age distribution, Carey, 1982; and 1984)



posledica su značajno redukovanih fertiliteta i vitalnosti u tretmanu. Carey (1984. i 1993) ističe

da je uzrasna struktura izolovane populacije potpuno određena stopama preživljavanja i fertiliteta

Tabela 2. Uzrasna struktura novih populacija *T. urticae* koje potiču od ženki iz kontrole (K) i ženki preživelih tretiranja klofentezinom u stadijumu larve (L), protonimfe (PN) i deutonomfe (DN)

Table 2. Age distribution of new populations of *T. urticae* originating from untreated females (K) and females surviving treatment with clofentezine at the stages of larva (L), protonymph (PN) or deutonymph (DN)

	Ov	Ov _j (95% CI)	Juv	Juv _j (95% CI)	Ad	Ad _j (95% CI)
K r _j =0.285	0.677	0.697 <i>c</i> (0.685 - 0.709)	0.248	0.259 <i>a</i> (0.252 - 0.266)	0.075	0.044 <i>a</i> (0.036 - 0.052)
L r _j =0.215	0.607	0.609 <i>ab</i> (0.583 - 0.635)	0.286	0.310 <i>c</i> (0.296 - 0.324)	0.107	0.081 <i>b</i> (0.069 - 0.093)
K r _j =0.247	0.629	0.654 <i>c</i> (0.642 - 0.666)	0.309	0.313 <i>a</i> (0.310 - 0.316)	0.062	0.033 <i>a</i> (0.023 - 0.043)
PN r _j =0.178	0.546	0.524 <i>b</i> (0.495 - 0.553)	0.363	0.353 <i>b</i> (0.338 - 0.368)	0.091	0.123 <i>b</i> (0.106 - 0.140)
DN r _j =0.146	0.505	0.493 <i>ab</i> (0.454 - 0.532)	0.388	0.381 <i>bc</i> (0.364 - 0.398)	0.107	0.126 <i>b</i> (0.104 - 0.148)

(*Jackknife* ocene parametara označene različitim slovima razlikuju se na osnovu nepreklapanja 95% CI)

(*Jackknife* parameter evaluations marked with different lettering show 95% CI non-overlapping)

Ov = proporcija jaja/Fraction of eggs

Juv = proporcija juvenilnih stadijuma/Juvenile fraction

Ad = proporcija adulta/Fraction of adults

j = *jackknife* ocena parametara/*Jackknife* estimation of parameters

CI = interval pouzdanosti/Confidence interval

rj = prirodna stopa rasta populacije izračunata *jackknife*-postupkom (Marčić, 2003) /Intrinsic rate of increase calculated by *jackknife* procedure

Tabela 3. Uzrasna struktura novih populacija *T. urticae* koje potiču od ženki iz kontrole (K) i ženki preživelih tretiranja tebufenpiradom u stadijumu larve (L), protonimfe (PN) ili deutonomfe (DN)

Table 3. Age distribution of new populations of *T. urticae* originating from untreated females (K) and females surviving treatment with tebufenpyrad at the stages of larva (L), protonymph (PN) or deutonymph (DN)

	Ov	Ov _j (95% CI)	Juv	Juv _j (95% CI)	Ad	Ad _j (95% CI)
K r _j =0.307	0.617	0.628 <i>c</i> (0.611 - 0.645)	0.302	0.259 <i>a</i> (0.244 - 0.274)	0.081	0.113 <i>b</i> (0.104 - 0.122)
L r _j =0.278	0.594	0.603 <i>bc</i> (0.588 - 0.618)	0.339	0.339 <i>b</i> (0.334 - 0.344)	0.067	0.058 <i>a</i> (0.048 - 0.068)
PN r _j =0.207	0.514	0.502 <i>a</i> (0.475 - 0.529)	0.405	0.400 <i>c</i> (0.381 - 0.419)	0.081	0.098 <i>ab</i> (0.088 - 0.108)
DN r _j =0.209	0.520	0.504 <i>a</i> (0.478 - 0.532)	0.403	0.417 <i>c</i> (0.400 - 0.434)	0.077	0.079 <i>a</i> (0.067 - 0.091)

(*Jackknife* ocene parametara označene različitim slovima razlikuju se na osnovu nepreklapanja 95% CI)
(*Jackknife* parameter evaluations marked with different lettering show 95% CI non-overlapping)

Ov = proporcija jaja/Fraction of eggs

Juv = proporcija juvenilnih stadijuma/Juvenile fraction

Ad = proporcija adulta/Fraction of adults

j = *jackknife* ocena parametra/*Jackknife* estimation of parameters

CI = interval pouzdanosti/Confidence interval

rj = prirodna stopa rasta populacije izračunata *jackknife*-postupkom (Marčić, 2003)/Intrinsic rate of increase calculated by *jackknife* procedure

iz najbliže prošlosti. Kad stope rasta opadaju usled umanjenog fertiliteta, treba očekivati smanjenje proporcije jaja i povećanje proporcije adulta, uz zanemarljivu promenu zastupljenosti nezrelih stadijuma. S druge strane, umanjena vitalnost ženki takođe smanjuje proporciju jaja, ali i povećava zastupljenost juvenilnih stadijuma i adulta. Zajedničkim delovanjem ova dva faktora može da se objasni poremećaj uzrasne strukture preživelog dela populacije u sve tri varijante tretmana klofentezinom. Sličan poremećaj uzrasne strukture zabeležen je i kod delova populacije običnog paučinara koji potiču od ženki preživelih tretiranje flufenzinom, difluoro-analogom klofentezina u stadijumu protonimfe ili deutonimfe (Marčić, 2002).

U Tabeli 3 prikazana je uzrasna struktura delova populacije koji potiču od ženki *T. urticae* preživelih tretiranje tebufenpiradom u stadijumu larve, protonimfe ili deutonimfe. Tretiranje tebufenpiradom smanjilo je proporciju jaja i adulta i povećalo proporciju juvenilnih stadijuma.

Tebufenpirad izaziva nešto drugačije subletalne efekte od klofentezina. U kohorti L, manja stopa rasta bila je rezultat dužeg juvenilnog razvića za jedan dan, dok je u kohortama PN i DN juvenilno razviće bilo duže dva dana, uz značajno redukovan neto-fertilitet (Marčić, 2004). Produženo juvenilno razviće povećava proporciju juvenilnih stadijuma i istovremeno smanjuje zastupljenost jaja i adulta (Carey, 1984. i 1993). U kohorti L, gde je razviće trajalo jedan dan duže, zastupljenost juvenilnih stadijuma bila je značajno veća od kontrole. U kohortama PN i DN, gde je razviće trajalo dva dana duže, proporcija juvenilnih stadijuma bila je još veća, značajno veća i od kontrole i od kohorte L. Manja proporcija jaja u svim varijantama tretiranim tebufenpiradom (ako zanemarimo neznatno preklapanje intervala pouzdanosti između kohorte L i kontrolne kohorte) očekivana je sekundarna posledica produženog juvenilnog razvića. U kohor-

tama PN i DN proporcija jaja je bila značajno niža i u odnosu na kohorte E i L, jer ovde postoje i uticaji umanjenog fertiliteta i veće smrtnosti ženki, što dodatno smanjuje zastupljenost jaja. Proporcija adulta se, takođe, uklapa u očekivanu sliku, uz neznatno preklapanje intervala pouzdanosti između kohorte PN i kontrolne kohorte.

Nove populacije *T. urticae*, nastale od ženki preživelih tretiranje klofentezinom ili tebufenpiradom u jednom od juvenilnih stadijuma, rastu u F₁ generaciji značajno sporije, usled redukovanog neto-fertiliteta, odnosno produženog juvenilnog razvića (Marčić, 2003. i 2004). Poremećaj uzrasne strukture je poseban aspekt subletalnih efekata ova dva akaricida. Adaptivna strategija *T. urticae*, kao vrste sa visokim potencijalom za kolonizaciju novih biljaka-domaćina i vrste čije se populacije u prirodi najčešće nalaze u rastućoj fazi, zasniva se na uzrasnoj strukturi koja je izrazito pomerena u korist mladih razvojnih stadijuma (Sabelis, 1985). Pošto su nove populacije, nastale od ženki iz tretmana tebufenpiradom, "mlađe" od populacija nastalih iz tretmana klofentezinom, moguće je pretpostaviti (uzimajući u obzir i razlike u tipu subletalnih efekata ova dva akaricida) da je potrebno više vremena za oporavak i dostizanje stabilnog rasta nakon tretiranja klofentezinom. Pouzdanije procene moguće su tek nakon demografsko-toksikoloških ogleda u kojima bi subletalni efekti bili praćeni i u F₂ generaciji, kao i ogleda na celim biljkama, gde bi akaricidima bile izložene populacije *T. urticae* definisane uzrasne strukture.

LITERATURA

Abmadi A.: Demographic toxicology as a method for studying the dicofol-two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) system. J. Econ. Entomol., 76: 239-242, 1983.

- Boykin, L.S. and Campbell, W.V.:** Rate of population increase of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on peanut leaves treated with pesticides. J. Econ. Entomol., 75: 966-971, 1982.
- Carey, J.R.:** Demography of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. Oecologia, 52: 389-395, 1982.
- Carey, J.R.:** Practical application of the stable age distribution: Analysis of a tetranychid mite (Acari: Tetranychidae) population outbreak. Environ. Entomol., 12: 10-18, 1983.
- Carey, J.R.:** Demographic determinants of stage composition in tetranychid mite populations. In: Proc. 6th Int. Congr. Acarol., Edinburgh, UK, 1984, pp. 609-616.
- Carey, J.R.:** Applied demography for biologists. Oxford University Press, New York-Oxford, 1993.
- Carey, J.R. and Krainacker, D.A.:** Demographic analysis of mite populations: extension of stable theory. Exp. Appl. Acarol., 4: 191-210, 1988.
- Grissa-Lebdi, K., Van Impe, G. and Lebrun, P.:** Demographic traits of *Eotetranychus pruni* from Belgian and Tunisian orchards, in comparison with *Tetranychus urticae*. Exp. Appl. Acarol., 26: 209-217, 2002.
- Ibrahim, Y.B. and Knowles, C.O.:** Effects of formamidines on the population growth of *Tetranychus urticae* Koch. Crop Prot., 5: 411-416, 1986.
- Maggi, V.L. and Leigh, T.F.:** Fecundity response of the twospotted spider mite to cotton treated with methyl parathion or phosphoric acid. J. Econ. Entomol., 76: 20-25, 1983.
- Marčić, D.:** Delovanje flufenzina na populacioni rast *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Pesticidi, 17: 5-22, 2002.
- Marčić, D.:** The effects of clofentezine on life-table parameters in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Exp. Appl. Acarol., 30: 249-263, 2003.
- Marčić, D.:** Sublethal effects of tebufenpyrad on *Tetranychus urticae* eggs and immatures. Exp. Appl. Acarol., 2004 (in press).
- Meyer, J.S., Ingersoll, C.C., McDonald, L.L. and Boyce, M.S.:** Estimating uncertainty in population growth rates: *jackknife* vs. bootstrap techniques. Ecology, 67: 1156-1166, 1986.
- Pietrosiuk, A., Furmanowa, M., Kropczynska, D., Kawka, B. and Wiedenfeld, H.:** Life history parameters of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) feeding on bean leaves treated with pyrrolizidine alkaloids. J. Appl. Toxicol., 23: 187-190, 2003.
- Sabelis, M.W.:** Reproductive strategies. In: Spider mites, their biology, natural enemies and control (Helle, W. and Sabelis, M.W., eds.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1985, pp. 265-278.
- Sekulić, D.R.:** Promena parametara populacionog rasta *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) pod uticajem heksitiazoksa. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1997.
- Sokal, R.R. and Rohlf, J.F.:** Biometry (2nd Edition). Freeman, San Francisco, USA, 1981.
- Stark, J.D. and Banks, J.E.:** Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Ann. Rev. Entomol., 48: 505-519, 2003.

Effect of Acaricides on *Tetranychus urticae* Koch Age Distribution

SUMMARY

Effect of clofentezine and tebufenpyrad on the age distribution of new populations of twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch, originating from female survivors of treatment with one of the two acaricides at the larva, protonymph or deutonymph stages, was analysed. Age distribution in the untreated cohorts (60.6–69.7% eggs, 25.9–31.3% juvenile state, and 3.3–11.3% adults) was close to a stable age distribution of *T. urticae* (65–66% eggs, 25–26% juvenile stage, and 8–10% adults). Treatment with the two acaricides was found to disturb significantly the age distribution of the surviving parts of the population. Treatment with clofentezine brought about a significant decrease in the fraction of eggs, while the fractions of juvenile and adult stages significantly increased as a result of a significant reduction in the net fertility of surviving females. Treatment with tebufenpyrad significantly increased the juvenile fraction, resulting from a prolonged juvenile development. As the new *T. urticae* populations originating from females treated with tebufenpyrad were »younger« than those originating from treatment with clofentezine, it may be assumed that more time is required for their recovery and stable growth after treatment with clofentezine.

Key words: *Tetranychus urticae*; Age Structure; Clofentezine; Tebufenpyrad