

버즘나무방패벌레(*Corythucha ciliata*)의 배자발육과 후배자발육에 미치는 tebufenozide의 영향

최미현 · 김정화 · 김길하*

충북대학교 농과대학 농생물학과

요 약 : 버즘나무방패벌레(*Corythucha ciliata*)에 대한 비스테로이드성 탈피호르몬 작용제인 tebufenozide가 배자 발육과 후배자발육에 미치는 영향을 조사하였다. Tebufenozide가 알에 대해서 살란효과를 보였으며(LC₅₀=4.0 ppm), 약충의 영기별 감수성은 차이가 없었다(LC₅₀=2.3~6.0 ppm). Tebufenozide를 종령 약충에 처리했을 때 우화율, 수명 및 생식력은 농도가 높을수록(10 ppm) 감소하였다. 우화후 시일 경과에 따른 약제 처리효과에서 농도가 높을수록 산란전기는 지연되었고 성충수명, 산란수 및 부화율은 반대로 감소하는 경향을 보였다. 또한 난소발육도 억제되었다.(1999년 5월 10일 접수, 1999년 7월 22일 수리)

Key words : tebufenozide, *Corythucha ciliata*, ecdysteroid agonist, IGR, relative toxicity.

서 론

버즘나무방패벌레는 1995년 우리 나라에서 처음으로 발견된 침입해충으로 그 분포는 급속히 확산되고 있으며, 전국적으로 중요한 가로수 수종인 버즘나무(*Platanus orientalis* L.)를 가해하는 문제 해충이다(정 등, 1996). 성충과 약충은 잎 뒷면에서 흡즙 가해하여 동화작용을 저해함으로써 조기 낙엽을 일으킨다. 1년에 3회 발생하고 수피틈에서 성충으로 월동하며, 월동처에서 나온 성충은 잎 뒷면의 주맥과 부맥이 교차되는 지점에 산란하는 것으로 알려져 있다(정 등, 1996). 최근 침입한 해충이기 때문에 아직 등록된 방제약제가 없으며, 주로 살충스펙트럼이 넓고 살충활성이 높은 기존 유기합성(유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계) 살충제에 의존하고 있는 실정이다. 가로수에 이러한 유기합성 살충제를 이용한 방제는 도시환경오염을 야기시킬 수 있기 때문에 부작용이 적은 곤충생장조절제(insect growth regulator, IGR)의 적용 검토가 필요하다.

Tebufenozide(RH 5992)는 bisacylhydrazine계 화합물로 탈피를 촉진하는 새로운 부류의 IGR제이다. 특히 나비목 유충은 저농도에서도 높은 활성을 나타내며(Wing 등, 1988; Chandler 등, 1992; Darvas 등, 1992; Smagghe와 Degheele, 1994; Ishaaya 등, 1995; 고, 1995; Smagghe와 Degheele, 1997), 비표적 곤충에

대해서 저독성을 가지는 비스테로이드 탈피호르몬 작용약제이다(Heller와 Mattioda, 1992; Brown, 1994). 비교적 간단한 분자구조로 되어 있어 곤충체와 식물체 내에 침투이행이 용이하고 20-hydroxyecdysone의 효과를 나타낸다. 이 화합물은 탈피호르몬 수용체와 결합하여 유충의 조숙탈피를 유발하고, 탈피시 치사시킨다(Wing 등, 1988). 또한 섭식저해효과도 탁월한 것으로 보고되고 있다(Wing 등, 1988; 박 등, 1992; Tateishi 등, 1993).

본 연구는 버즘나무방패벌레에 대한 tebufenozide의 알, 영기에 따른 약제감수성차이와 종령약충에 처리후 우화성충에 미치는 영향, 그리고 우화초기 성충에 처리하였을 때 성충수명, 산란수 및 난소발육에 미치는 영향을 조사하여 얻은 결과이다.

재료 및 방법

실험곤충

본 실험에 사용한 버즘나무방패벌레(*Corythucha ciliata*)는 1998년 6월 충북 청주시 충북대학교 근교 가로수(버즘나무)에서 채집하여 실내에서 버즘나무잎으로 누대 사육하면서 실험에 이용하였다. 실내 사육 조건은 온도 25~27°C, 광주기 16 L : 8 D, 상대습도 50~60%이었다.

실험약제

본 실험에 사용한 살충제는 tebufenozide(N-tert-

*연락처

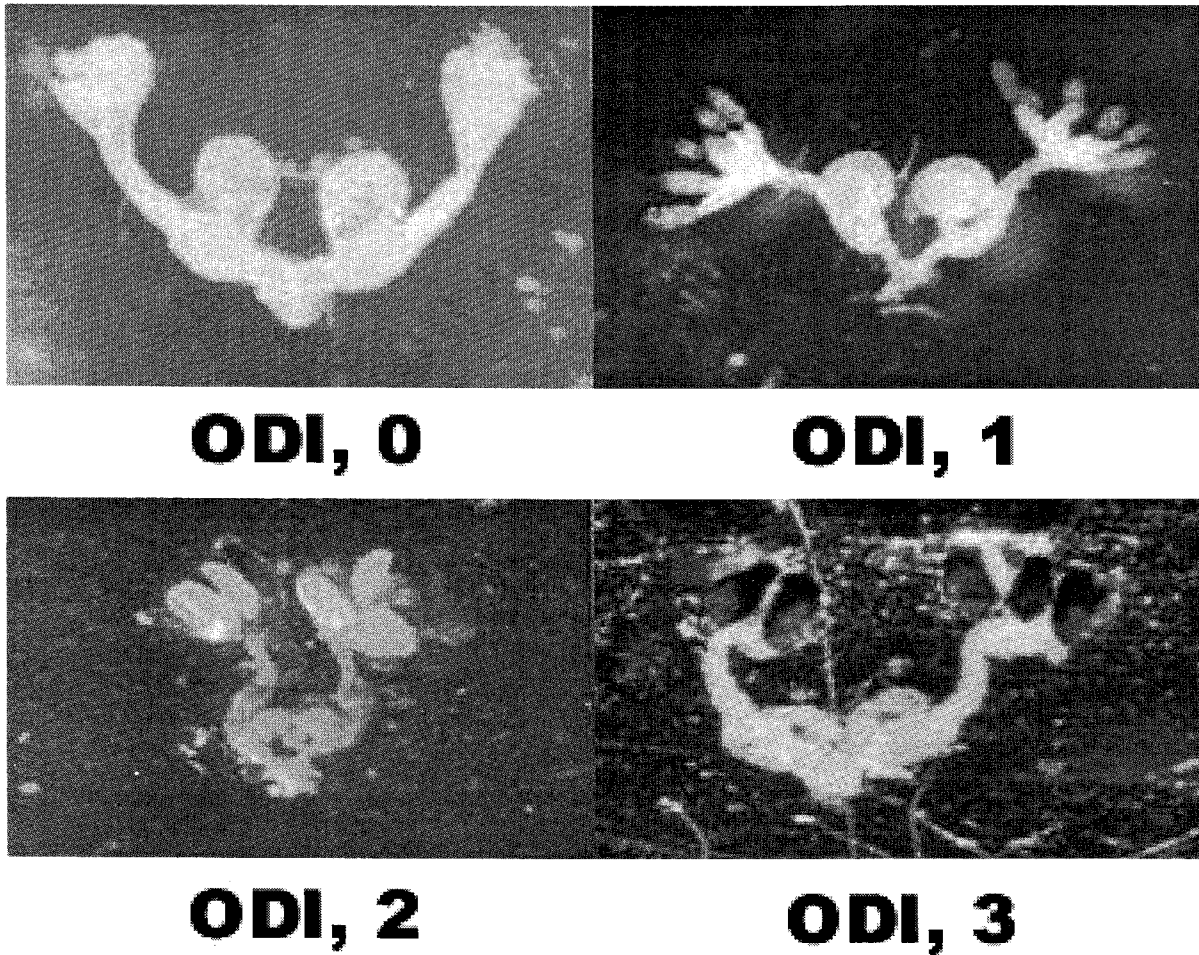


Fig. 1. Ovarian development of *C. ciliata* Ovarian development index(ODI);

- 0 : unmatured ovary.
- 1 : ovarioles developed but no eggs formed.
- 2 : ovary with partially developed eggs.
- 3 : matured ovary with fully grown eggs.

butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethyl benzohydrazide, 95%[A.I]) 1종이었다.

약제처리방법

산란효과 : 실험 살충제를 acetone에 용해시켜 100 ppm의 Triton X-100 계면활성수용액과 혼합하여 약액중에 acetone과 계면활성 수용액의 비율이 1 : 9가 되도록 조제하였다.

산란은 직경 5 cm의 버즘나무 잎절편을 소형 페트리디쉬(직경 5.5 × 1.2 cm)에 넣고 암컷 성충 10마리씩 접종하였다. 접종 24시간 후 성충을 제거하고 산란된 알수를 조사하였다. 산란후 4~5일된 알을 준비된 약액에 5초간 침적하였다. 처리된 알은 온도 25℃,

광주기 16 L : 8 D, 상대습도 50~60%의 항온기 조건하에서 부화억제율을 구하였다. 모든 실험은 3반복 이상으로 하였다.

영기별 감수성: 직경 5 cm의 버즘나무 잎절편을 준비된 약액에 30초간 침적한 후 음건하여 소형 페트리디쉬(직경 5.5 × 1.2 cm)에 넣고, 그 위에 30마리씩 1, 2, 3, 4 및 5령충을 접종하고 120시간 후에 사충율을 구하였다. 실험은 온도 25℃, 광주기 16 L : 8 D, 상대습도 50~60%의 항온기 조건하에서 수행하였으며, 3반복으로 하였다.

성충수명과 생식에 미치는 영향: 조제한 약액(10 ppm, 1 ppm)에 직경 5 cm 엽편을 30초간 침적한 후 음건하여 5령충 30마리씩을 3반복으로 접종하였으며,

우화율, 성충수명 및 산란수를 조사하였다.

또 우화한지 0~1일, 4~5일, 8~9일이 경과한 성충에 5령충과 같은 방법으로 약액(10 ppm, 1 ppm)에 처리한 후 암수 한쌍씩 소형 페트리디쉬(직경 5 × 12 cm)에 넣고 산란전기와 성충수명, 산란수 및 부화율을 조사하였다. 실험은 온도 25°C, 광주기 16 L : 8 D, 상대습도 50~60%의 항온기 조건하에서 수행하였다

난소발육에 미치는 영향: 우화한지 24시간 이내의 암컷 성충을 선발하여 우화 후 3, 6, 10 및 15일에 10 ppm, 1 ppm으로 조제된 약액을 각각 처리하고 난소 발육정도를 조사하였다. 조사방법은 입체현미경(Nikon, SMZ-ZT-D)하에서 암컷성충을 해부하여 난소를 분리, 관찰하였다.

난소발육정도는 난소발육지수(ovarian development index: ODI)로 Kim 등(1992)의 방법에 준하여 계산하였으며, 발육등급은 다음과 같이 표시하였다. 즉, 0 : 미성숙 난소, 1 : 난소 발육은 되었지만 알 형성 안됨, 2 : 부분적으로 알 형성, 3 : 알이 형성되어 완전히 성숙된 난소로 하였다(그림 1).

데이터 분석: 살충효과 비교는 Finney(1971)의 probit분석법으로 LC₅₀값을 구하여 분석하였다. 또 산란전기, 성충수명, 산란수 및 차세대의 부화율에 대한 결과는 SAS를 이용하여 LSD검정(P=0.05)으로 비교하였다(SAS institute, 1991).

결과 및 고찰

살란효과

Table 1. Effect of tebufenozide on hatchability of *C. ciliata* eggs

n	Slope ± S.E	LC ₅₀ (ppm) (95%FL) ^{a)}	x ²
168	1.9 ± 0.2	4.0(2.3~7.5)	2.3

^{a)}95% fiducial limits.

Table 2. Susceptibility of nymphal instars of *C. ciliata* to tebufenozide

Instar	n	Stage of molting failure	Slope ± S.E	LC ₅₀ (ppm) (95%FL) ^{a)}	RT ^{b)}
1	120	into 2nd	0.58 ± 0.10	2.3(0.8~6.06)	1.0
2	120	into 3rd	0.97 ± 0.16	3.0(1.7~5.2)	1.3
3	120	into 4th	0.86 ± 0.19	5.1(3.3~8.2)	2.2
4	120	into 5th	0.89 ± 0.20	6.0(3.8~10.3)	2.6
5	120	into adult	1.04 ± 0.12	5.5(3.1~9.5)	2.4

^{a)}95% fiducial limits.

^{b)}Relative toxicity: LC₅₀ value of each instar/LC₅₀ value of first instar.

버즘나무방패벌레의 알에 대한 tebufenozide의 약제 효과를 조사한 결과는 표 1과 같다. Tebufenozide는 4~5일된 알의 LC₅₀값이 4.0 ppm으로 알에 대해서 높은 독성을 나타내었다. Trisyono와 Chippendale(1997, 1998)는 조명나방의 유사종인 European corn borer(*Ostrinia nubilalis*)와 Southwestern corn borer(*Diatraea grandiosella*)에 대한 tebufenozide의 살란효과가 있음을 보고하였다. 한편 Monthean과 Potter(1992)는 외콩풍뎅이(*Popillia japonica*)와 fall armyworm(*Spodoptera frugiperda*)에 대해서 tebufenozide의 모핵화합물인 RH 5849가, 그리고 고(1995)는 tebufenozide가 담배나방과 과밤나방의 알에 대해서 살란효과가 없음을 보고하였다. 이와같이 연구자들간의 상반된 결과에 대해서 정확한 원인은 알 수 없지만 이는 tebufenozide가 곤충 종류에 따라 선택독성을 나타내는 것에 기인하는 것으로 판단된다.

영기별 약제 감수성

버즘나무방패벌레 약충의 각 영기별 tebufenozide에 대한 감수성을 조사한 결과는 표 2와 같다. 1~5령 약충의 LC₅₀값은 2.3~6.0 ppm을 나타내었으며, 영기가 진행됨에 따라 LC₅₀값의 증가에는 큰 차이가 없었다. 또 1령충에 대한 각각 영기별 상대독성(relative toxicity)을 보더라도, 2령은 1.1배, 3령은 1.8배, 4령은 2.6배, 5령은 2.4배로 영기가 진행됨에 따라 뚜렷한 변화는 없었다.

영기가 진행됨에 따라 약제 감수성이 낮아지는 것은 일반적인 현상이나(Ahn 등, 1992; Cho 등, 1996;

김 등, 1998), 본 실험의 결과에서 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 박 등(1992)은 담배거세미나방의 유충의 영기별로 RH 5849에 대한 내성을 비교하였는데, 전발육단계에 걸쳐 거의 비슷한 LC₅₀값을 나타내었다고 보고하였으며, 이러한 결과는 여러 연구자(Wing 등, 1988; Smaghe와 Degheele, 1992; 고 1995)에서 확인되고 있다. 이렇게 LC₅₀값이 영기와 관계없이 거의 일정한 이유로는 유충의 크기에 따라 섭식량이 좌우되므로 발육단계와 무관하게 탈피를 유발할 수 있는 약제의 체내 유효농도가 각 유충기와 관계없이 일정하기 때문이라고 하였다(Wing 등, 1988). 그러나 이와같은 결과에 대해서 정확한 원인은 알 수 없어, 앞으로 상세한 연구검토가 있어야 할 것

으로 생각된다.

성충수명과 생식에 미치는 영향

그림 2는 버즘나무방패벌레 5령충에 tebufenozide를 처리한 후 우화율, 암컷수명 및 산란수에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 우화율은 대조구의 85.0%에 비하여 10 ppm처리에서는 52.3%로 낮았다. 또한 성충 수명도 대조구의 55.1일에 비하여 처리구에서는 농도가 높아짐에 따라 짧아졌으며(1 ppm: 26.2일, 10 ppm: 18.4일), 그리고 암컷 한마리당 산란수도 대조구의 94.3개에 비하여 10 ppm에서는 21.8개로 크게 감소하였다. 또한 버즘나무방패벌레가 성충으로 우화한 후 경과일수 별로 tebufenozide를 처리했을 때 산란

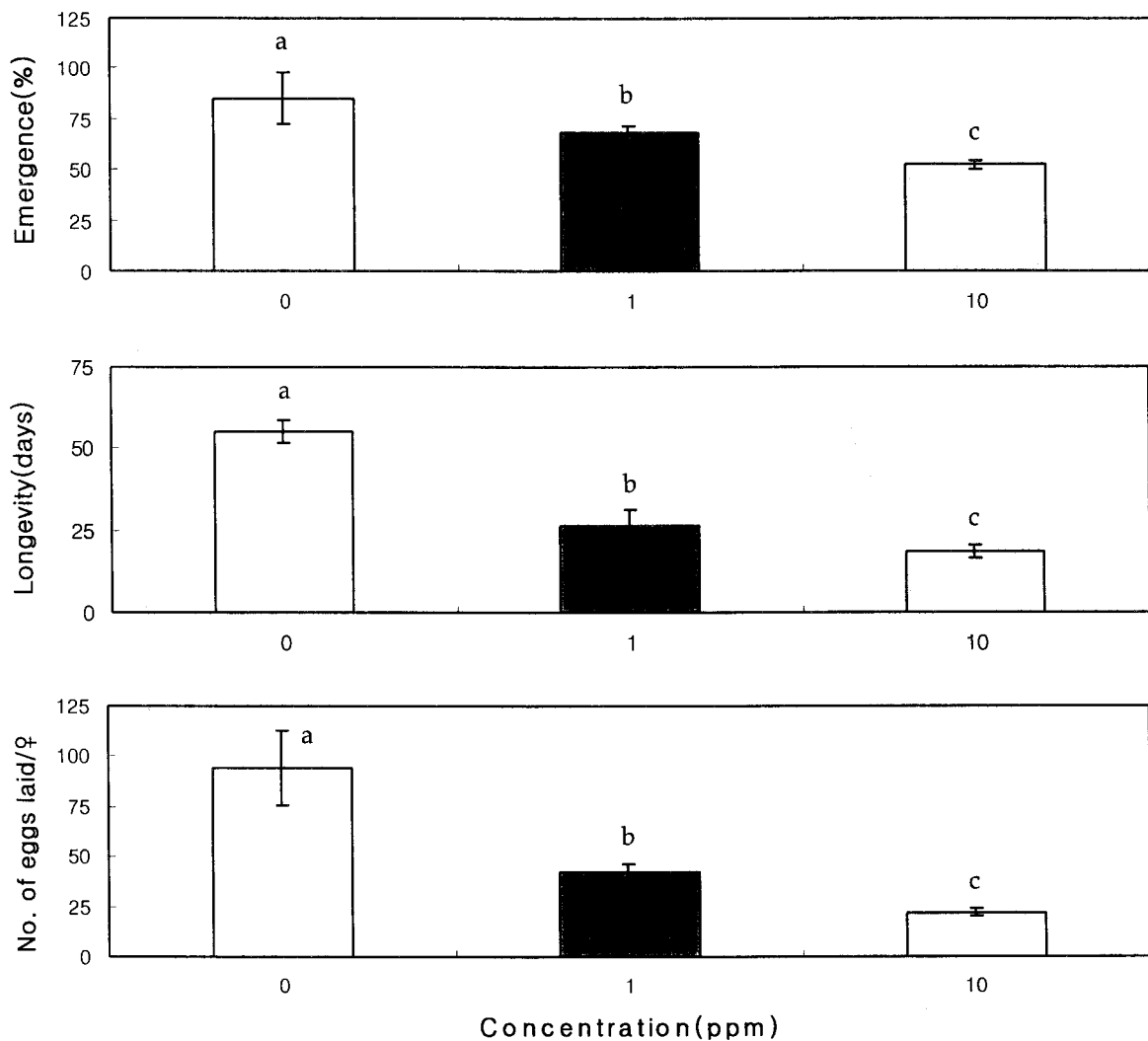


Fig. 2. Effect of tebufenozide on emergence rate, longevity and reproduction of *C. ciliata* treated at the fifth instar(p=0.05; Duncan's multiple range test[SAS Institute, 1991]).

진기, 성충수명, 산란수 및 부화율에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 3과 같다. 산란전기는 무처리의 10.7일에 비하여 우화후 0~1일의 암컷성충에 10 ppm 처리시 18.1일로 현저하게 길었으며, 1 ppm의 처리에서도 영향을 미쳤다.

성충수명은 무처리의 55.1일에 비하여 10 ppm 처리시 짧았다(30.8일). 산란수는 무처리의 94.3개에 비하여 우화 후 0~1일과 4~5일의 암컷에 10 ppm 처리시 현저하게 감소하였으며(5.0, 15.7개), 1 ppm의 처리에서도 감소하였다. 또 산란한 알의 부화율은 처리구와 무처리구간에 차이가 있어, 우화 후 0~1일의 암컷에 10 ppm을 처리하였을 때 산란한 알의 부화율은 18.9%로 대조구의 85.0%보다 크게 억제되었으며 1 ppm처리에서도 34.2%로 낮았다.

이상의 결과에서 버즘나무방패벌레 성충이 우화후 경과일수가 짧고 약제의 농도가 높을수록 수명과 생식력이 감소하는 경향을 보였다. 이와같이 성충의 우화후 경과일수가 짧을수록 수명과 산란수가 감소하는 원인으로서는 cuticle층의 경화에 따른 tebufenozide의 침투량에 기인하는 것으로 생각되나 정확한 원인은 알 수 없다.

Smagghe와 Degheele(1992, 1994)에 의하면 RH 5849를 갖 우화한 담배거세미나방의 유사종인 성충 (*Spodoptera littoralis*)에 섭취시키면 약물투여량에 따라 산란력 저하를 일으키고, 또 Monthean과 Potter(1992)는 외콩풍뎅이(*Popillia japonica*)성충에 RH 5849를 처리했을 때 산란수 감소에 영향을 미친다고 보고하였다(Darvas 등, 1992). 이는 본 실험의 결과와 일치하였으며, 성충수명과 산란수의 감소는 이 화합물이 내분비계를 교란시켜서 일어나는 것으로 생각된다(Dhadialla 등, 1998).

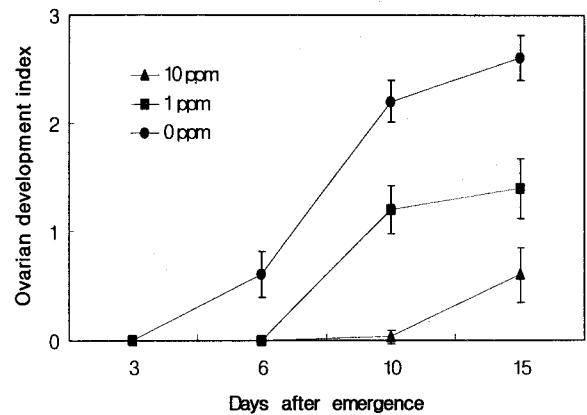


Fig. 3. Ovarian development of *C. ciliata* treated with tebufenozide on emerging date. Sample size, n=30.

난소발육에 미치는 영향

우화한지 1일이내의 암컷에 약제처리하고 3일, 6일, 10일 및 15일 간격으로 난소발육지수를 조사한 결과는 그림 3과 같다. 대조구는 우화 3일부터 난소발육이 되기 시작하였으나, 10 ppm과 1 ppm 처리에서는 각각 10일, 6일 이후부터 발육되기 시작하였다. 15일째 난소발육지수는 대조구의 2.7인데 비하여, 10 ppm과 1 ppm에서는 각각 0.6, 1.4를 나타내었다. 이 결과는 tebufenozide 농도가 높을수록 난소발육저해효과가 컸으며, 따라서 난소발육저해가 암컷성충의 불임에도 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Silhacek 등(1990)도 RH 5849를 *Podia interpunctella*에 처리하였을 때 난소발육억제효과가 있었고(Wing 등, 1988), Darvas 등(1992)은 *Oncoeltus fasciatus*에 대

Table 3. Effect of tebufenozide on preoviposition period, longevity and reproduction of *C. ciliata* adults of different ages

Conc. (ppm)	Adult age (day)	n	Preoviposition period(day)	♀ Longevity	No. of Eggs laid/ ♀	% egg hatch
10	0~1	30	18.1±3.3a ^{a)}	33.8±11.8d	5.0±5.1d	18.9±13.9d
	4~5	30	15.9±2.2b	39.2±12.3c	15.7±12.3c	34.2±14.4c
	9~10	30	13.7±3.1c	40.4±9.1b	42.5±8.6b	67.3± 5.0b
1	0~1	30	14.3±2.0a	38.8±10.9d	29.3± 9.9d	57.9± 8.5d
	4~5	30	12.9±2.7b	43.0±13.6c	55.6±13.8c	62.4±12.7c
	9~10	30	11.7±1.8c	55.1±15.0b	64.5±11.0b	70.6± 9.8b
0	-	30	10.7±1.7d	55.1±12.0a	94.3±18.3a	85.0±12.6a

^{a)}Means followed by the same letter in each column are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test[SAS Institute, 1991]).

한 RH 5849의 불임효과를 보고하였다. 본 실험의 결과에서 tebufenozide를 우화 0~1일의 암컷성충에 처리했을 때 산란전기는 길었고, 산란수 감소에 크게 영향을 미쳤다 (표 3). 이 화합물이 난소발육을 직접 억제하는 것으로 생각되나, 추후 상세한 메카니즘 연구 검토가 필요하다.

이상의 결과를 종합해보면, tebufenozide는 벼좁나무방패벌레의 알과 유충에 대해서 살란, 살충효과를 나타내었을 뿐만아니라 성충의 수명, 생식 및 부화율에도 영향을 미친 것으로 나타나 차세대의 개체군 밀도억제에 유용하게 사용할 수 있는 살충제라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1998년 충북대학교 발전기금재단 연구비 지원으로 수행되었다.

인용문헌

Ahn, Y. J., G. H. Kim, and K. Y. Cho (1992) Susceptibility of embryonic and postembryonic developmental stages of *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae) to diflubenzuron. Korean J. Appl. Entomol. 31:480~485.

Brown, J. J. (1994) Effect of a nonsteroidal ecdysone agonists, tebufenozide, on host parasitoid interactions. Arch. Insect. Biochem. Physiol. 26:235~248.

Chandler, L. D., S. D. Pair, and W. E. Harrison (1992) RH-5992, a new Insect growth regulator active against corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 85(4):1099~1103.

Cho, J. R., W. R. Song, S. Y. Hwang, H. S. Kim, and J. O. Lee (1996) Age-related susceptibility of *Spodoptera litura* larvae to some insecticides. Korean. J. Appl. Entomol. 35(3): 249~253.

Darvas, B., L. Polgar, M. H. T. El-din, K. Eross, and K. D. Wing (1992) Developmental disturbances in different insect orders caused by an ecdysteroid agonists, RH 5849. J. Econ. Entomol. 85(6):107~112.

Dhadialla, T. S., G. R. Carson, and D. P. Le (1998) New insecticides with ecdysteroidal ad juvenile

hormone activity. Annu. Rev. Entomol. 43:545~569.

Finney, D. J. 1971. Probit analysis. Cambridge Univ. Press, Cambridge. England. p.333.

Heller, J. J. and H. Mattioda (1992) Field evaluation of RH 5992 on lepidopterous pests in Europe. BCPC Pests Dis. 1:59~65.

Ishaaya, I., S. Yoblonski, and A. R. Horowitz (1995) Comparative toxicity of two ecdysteroid agonists, RH 2485 and RH 5849, on susceptible and pyrethroid-resistant strains of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. Phytoparasitica. 23:139~145.

Kim, G. H., Y. J. Ahn, and K. Y. Cho (1992) Effects of diflubenzuron on longevity and reproduction of *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae). J. Econ. Entomol. 85(3):664~668.

Monthean, C. and D. A. Potter (1992) Effects of RH 5849, a novel insect growth regulator, on Japanese beetle (Coleoptera: Noctuidae) in turfgrass. J. Econ. Entomol. 85(2):507~513.

SAS institute (1991) SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. pp.125~154. SAS Institute, Cary, N. C., U.S.A.

Silhacek, D., H. Oberlander and P. Porcheron (1990) Action of RH 5849, a non-steroidal ecdysteroid mimic, on *Plodia interpunctella* (Hubner) *in vivo* and *in vitro*. Arch. Insect. Biochem. Physiol. 15:201~212.

Smagghe, G. and D. Degheele (1992) Effect of the nonsteroidal ecdysteroid agonist RH 5849 on reproduction of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). Parasitica. 48(1):23~29.

Smagghe, G. and D. Degheele (1994) Action of the nonsteroidal ecdysteroid mimic RH-5849 on larval development and adult reproduction of insects of different orders. Inverteb. Repord. Dev. 25:227~236.

Smagghe, G. and D. Degheele (1997) Comparative toxicity and tolerance for the ecdysteroid mimic tebufenozide in a laboratory and field strain of cotton leafworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 90(2):278~282.

Tateishi, K., M. Kiuchi and S. Takeda (1993) New cuticle formation and molt inhibition by RH-5849

- in the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool. 28(2):177~184.
- Trisyono, A. and G. M. Chippendale (1997) Effect of the nonsteroidal ecdysone agonists, methoxyfenozide and tebufenozide, on the European corn borer(Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 90(6):1486~1492.
- Trisyono, A. and G. M. Chippendale (1998) Effect of the ecdysone agonists, RH-2845 and tebufenozide, on the Southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. Pestic. Sci. 53:77~185.
- Wing, K. D., R. A. Slaweki, and G. R. Carlson (1988) RH 5849, a nonsteroidal ecdysone agonist: effects on larval lepidoptera. Science 241:470~472.
- 김길하, 문선주, 장영덕, 조광연 (1998) 신규살충제 flupyrazofos의 배추좀나방에 대한 작용특성. 한국농약과학회지 2:117~125.
- 고명규 (1995) 주요 나비목 해충에 대한 tebufenozide의 작용특성과 방제효과에 관한 연구. 강원대학교 박사학위 논문.
- 박노중, 장경수, 조점래, 조광연 (1992) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)유충의 섭식과 생장에 대한 곤충탈피호르몬길항제 RH 5849의 영향. 한국응용곤충학회지 31(4):475~479.
- 정영진, 권태성, 여운홍, 변봉규, 박철하 (1996) 새로운 침입해충 버즘나무방패벌레 발생. 한국응용곤충학회지 35(2):137~139.

Effect of tebufenozide on embryonic and postembryonic development of sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae)

Mi-Hyun Choi, Jeong-Wha Kim and Gil-Hah Kim (Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, san 48, Gaesin-dong Cheong-ju, Chungbuk 361-763, Korea)

Abstract: These studies were carried out to investigate the effects of nonsteroidal ecdysone agonist, tebufenozide on embryonic and postembryonic development of sycamore lace bug, *Corythucha ciliata*. Tebufenozide exhibited ovicidal activity(LC₅₀=4.0 ppm). Susceptibility of each instar nymphs to tebufenozide was nearly same(LC₅₀=2.3~6.0 ppm). The tebufenozide treatment in the final instar affected the emergence, longevity and fecundity of surviving adults significantly. Tebufenozide applied at high concentration (10 ppm) to younger adults delayed prooviposition period, and decreased adult longevity, the number of eggs laid per female and hatchability. The treatment also inhibited the ovarian development of the female adults.

*Corresponding author(Fax : +82-431-261-2555, E-mail: khkim@trut.chungbuk.ac.kr)