

## 애반딧불이(*Luciola lateralis*)에 대한 살충제와 비료의 독성평가

이기열\* · 김영호 · 이재웅 · 송명규 · 남상호<sup>1</sup>

충북농업기술원 포도연구소, <sup>1</sup>대전대학교 생명과학과

### Toxicity of Firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae) to Commercially Registered Insecticides and Fertilizers

Ki-Yeol Lee\*, Young-Ho Kim, Jae-Wung Lee, Myung-Kyu Song and Sang-Ho Nam<sup>1</sup>

Chungbuk Provincial ARES, Grape Research Institute, Okcheon, 373-881

<sup>1</sup>Dept. of Life Science, Daejeon University, Daejeon, 300-716

**ABSTRACT** : Toxicity of 10 registered insecticides and 6 fertilizers were tested against 3<sup>rd</sup> larva and adults of Korean firefly, *Luciola lateralis* Motschulsky (Coleoptera: Lampyridae). All experiments were tested at the recommended concentration of each insecticides by producer. MEP, PAP, Acephate, Fenthion, and Diazinon, which were organophates, a mixtures combined with Burofezin·fenobucarb, Cartap·buprofezin, and Thiamethoxam (Neonicotinoids), Fipronil (Phenylpyrazoles) showed more 80.0% mortality on larva and adults of *L. lateralis*. However, tebufenozide (I.G.R) showed low mortality of 33.3%. LC<sub>50</sub> (ppm) value of Assit, Cartap·buprofezin, Fenthion and PAP were showed 1.03 ppm, 1.90 ppm, 10.26 ppm, 0.98 ppm, respectively, against 3<sup>rd</sup> larva of *L. lateralis*. Effects against eggs showed very high toxicity. Otherwise, tebufenozide (I.G.R) was showed hatchability of 100%. Toxicity of Urea fertilizer, Ammonium sulfate, Potassium chloride, Fused phosphate, Complex fertilizer and Silicate fertilizer were showed the mortality with 27.3%, 56.7%, 73.3%, 0.0%, 0.0%, 0.0%, respectively, when exposed 72 hrs after treatment.

**KEY WORDS** : *Luciola lateralis*, Insecticides, fertilizers, Toxicity

**초 록** : 시판되는 살충제 10종과 비료 6종에 대하여 애반딧불이 각 태별(유충, 성충, 알) 독성평가를 실내실험을 수행하였다. 3령유충에 대한 독성은 MEP, PAP, Assit, Fenthion, Diazinon, Burofezin·fenobucarb, Cartap·Buprofezin, Thiamethoxam, Fipronil은 80.0%이상 사망율을 보인 반면, IGR (곤충성장 저해제)계통인 Tebufenozide은 33.3%의 낮은 사망률을 보였다. 공시약제인 Assit, Cartap·Buprofezin, Fenthion, PAP에 대한 3령 유충의 LC<sub>50</sub>값(반수치사량)은 각각 1.03 ppm, 1.90 ppm, 10.26 ppm, 0.98 ppm이었다. 알에 대한 영향은 매우 높은 독성을 보였다. 반면에 Tebufenozide은 100%의 부화율을 보였다, 공시비료인 요소, 유안, 염화加里, 용성인비, 복합비료(17-21-17), 규산질비료에 유충을 72시간 노출시켰을 경우 각각 27.3%, 56.7%, 73.3%, 0.0%, 0.0%, 0.0%의 독성을 보였다.

**검색어** : 애반딧불이, 살충제, 비료, 독성

\*Corresponding author. E-mail: lky1746@cbares.net

애반딧불이(*Luciola lateralis*)는 딱정벌레목 애반딧불이아과의 발광곤충으로 우리나라는 물론 일본, 중국 등 동아시아에 넓게 분포하고 있다(Nagane, 1981). Noh *et al.* (1990) 등은 20-25°C에서 난기간은 20-30일 정도라 하였고, 부화유충은 유숙이 느린 냇물에 들어가 수중생활을 시작하며 낮에는 물속 돌 밑에서 잠복하고 있다가 야간에 기주인 다슬기를 섭식하면서 유충으로 성장하며, 유충태로 수중 월동을 한다고 보고하였다. 애반딧불이의 유충은 논, 농수로, 습지 등 고인물이나 유숙이 완만한 배수로 주변에서 서식하며, 물달팽이나 다슬기 등을 먹이로 한다. 4회 탈피 후 유충 상태로 월동하여 이듬해 6월에서 7월에 성충으로 된다고 하였다(Kim, unpublished). Lee *et al.* (2003) 등은 온도별 발육기간을 조사하였고, 각 태별 발육 영점온도는 알이 10.6°C, 유충 14.0°C 그리고 번데기는 13.1°C 이었고, 유효적산온도는 각각 214.8, 1,564.8, 229.2 일도이었으며, 세대당 순증식율은(*Ro*) 고온에서 23°C에서 177.19로써 가장 높았고, 내적자연증가율은(*rm*) 27°C에서 0.019로 가장 높아 애반딧불이의 발육과 생식에 적합한 온도는 20°C에서 25°C 이라고 보고하였다. 애반딧불이가 서식하는 곳에서 벼 농사는 1960년대까지 사용된 DDT나 파라치온 등 유기염소계나 유기인계 농약사용이 많은 지역에서 곤충 다양성을 극심하게 파괴한 것으로 알려졌으며, 1970년대 들어 DDT와 같은 맹독성이며 잔류성이 높은 농약은 사용이 금지되고 대신 최근에 저독성에 잔류성이 낮은 농약사용을 권장하고 있다(Lee, unpublished). Kim (2001)은 지난 2-3년 사이에 반딧불이의 발생빈도가 높아진 것도 저독성 농약사용과 상관관계가 있다고 하였다(Kim, unpublished). Nakajima (1969)는 염소계 농약이 강력한 독성을 함유하고 있어 헤이게반딧불이(*Luciola lateralis*) 유충이 논 등의 물이 머무는 지역을 중심으로 서식하기 때문에 농약 살포의 영향을 직접 받는다고 하였고, Ohba (1977)은 일본의 반딧불이 주종인 겐지반딧불이는 구리( $Cu^{++}$ )이온에 대해서는 특이하게 강한 내성을 가지고 있는 것이 주목할만하다고 하였다.

본 연구는 애반딧불이가 서식하는 논생태계에서 농자재 사용에 의한 서식지가 파괴되어 주변에서 찾아볼 수 없게 된 애반딧불이가 농약과 비료의 영향이 있는지를 구명하기 위해서 2002년부터 2004년까지 실내에서 실험을 수행하였다. 농약지침서에 농업해충 방제로 등록된 10종의 약제(농약지침서, 2002)와 벼농사용으로 시판되는 6종의 비료를 공시하여, 애반딧불이 성충, 알, 유충에 미치는 독성과 생존율변화를 조사하여 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

1999년 충북 진천군 문백면 지역에서 애반딧불이(*L. lateralis*)성충을 6월 20일부터 6월 25일까지 채집하여 실내조건(23±2°C)에서 살아있는 다슬기를 먹이로 3년간누대사육한 개체를 실험에 사용하였다. 애반딧불이 유충 사육조(아크릴, 30×20×25 cm)내에 유충 30마리를 사육하여 용화 장치에서 성충으로 우화시켰다. 사육실조건(21-25°C, 광주기 14L:10D, 상대습도 80~90%)에서 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)내에 증류수를 적신 여과지를 깔고 그 위에 망초잎을 넣은 다음 우화하여 나온 성충 한쌍씩을 접종하여 산란을 유도하였다. 실험에 사용한 애반딧불이 알과 사육조에서 사육중인 3령유충, 우화된 성충을 가지고 수행하였다.

### 시험약제 및 비료

본 실험에 사용된 농약은 벼 해충 방제용 살충제로 상표 등록되어 시판중인 유기인계 MEP 등 5종, 혼합제 Buropi 등 2종, I.G.R계(곤충생장저해제)인 Tebufenozide, 니코틴계인 Thiamethoxam, 페닐피라졸계인 Fipronil 등 총 10종을 실험에 사용하였고, 이들의 일반명, 상표명, 제형, 유효성분량, 그리고 추천농도는 Table 1과 같다. 추천농도와 LC<sub>50</sub>값은 유효성분함량을 100%로 간주하여 ppm으로 환산하였다.

본실험에 사용된 비료는 벼농사용으로 상표 등록되어 시판중인 Urea fertilizer (요소, 46%), Ammonium sulfate (유안, 21%), Potassium chloride (염화加里, 60%), Fused phosphate (용성인비, 20%), Complex fertilizer (복합비료, 17-21-17), Silicate fertilizer (규산질비료, 25%)의 6종을 공시하였고, 이들의 일반명, 유효성분량, 그리고 추천농도는 Table 2와 같다. 비료의 성분 농도는 유효성분함량을 100%로 간주하여 ppm으로 환산하였다.

### 생물검정법

성충과 유충(Fig. 1-A, B)에 대한 약제 독성 실험은 총체 분무법과 침적법으로 하였다. 총체 분무법은 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)내 바닥에 filter paper (ø9.0 cm, Whatman No. 2)를 깔고 그위에 애반딧불이 성충을 15마리씩 넣고 추천 농도로 희석된 약액으로 살포한 후 망초잎을 넣어

**Table 1.** Insecticides used in the study of toxicity

Common name of Insecticide	Trade name	AI <sup>a</sup> (%) & formulation	Concentration (ppm)
<b>Organophosphates</b>			
MEP	Sumithion	50.0 EC <sup>b</sup>	500
PAP	Elsan	47.5 EC	475
Assit	Otran	50.0 WP	500
Fenthion	Lebaycid	50.0 EC	500
Diazinon	Diaton	34.0 EC	340
<b>Mixtures</b>			
Burofezin·fenobucarb	Apobassa	5.0 WP	50
Cartap·Buprofezin	Dagal	50+10 WP	600
<b>IGR</b>			
Tebufenozide	Mimic	8.0 WP	80
<b>Neonicotinoids</b>			
Thiamethoxam	Atara	10.0 WG	100
<b>Phenylpyrazoles</b>			
Fipronil	Regent	5.0 SC	50

<sup>a</sup> Active ingredient<sup>b</sup> EC = emulsifiable concentrate, WP = wettable powder, WG = water dispensible granule, SC = suspension concentrate**Table 2.** Fertilizers used in the study of toxicity

Common name of fertilizers	AI <sup>a</sup> (%) & formulation	Concentration (ppm)
Urea fertilizer	46.0	460
Ammonium sulfate	21.0	210
Potassium chloride	60.0	600
Fused phosphate	20.0	200
Silicate fertilizer	25.0	250
Complex fertilizer	17+21+17	550

<sup>a</sup> Active ingredient

주었다. 검정시간은 24시간 후에 사충수를 조사하였다. 유충에 대한 독성실험은 침적법으로 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)내에 추천 농도로 희석된 약액 50 ml를 넣은 후 3령 유충 15마리를 접종하고 24시간 후 사망여부를 육안 확인하였다. 이들 실험은 3반복으로 수행하였다.

유충(Fig. 1-B)에 대한 접촉독성 실험은 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)에 실험약제 Assit, Cartap·Buprofezin, Fenthion, PAP 등 4종을 추천농도에 증류수에 희석한 용액 50 ml에 3령 유충을 15마리씩 접종하였다. 48시간 후에 공시유충이 복부를 위로하고 움직임이 없는 것을 분리하여 핀셋으로 눌렀을때 움직임이 10초 동안 없는 것을 사망한 것으로 하였다. 생존율변화조사는 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)에 실험약제 Assit, Cartap·Buprofezin, Fenthion, PAP 등 4종을 500 ppm, 50 ppm, 5 ppm, 0.5 ppm으로 증류수에 희석한 용액 50 ml에 3령 유충을 15마리씩 접종하였다. 5일간 사망여부를 매일 관찰하면서 살

아있는 충수를 육안조사 하였다.

알에 대한 독성은 침적법으로 하였다. 산란후 1-2일 경과한 알(Fig. 1-C)을 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)에 추천 농도로 희석된 약액 50 ml 알을 용기당 30개를 분리하여 놓았다. 그 후 24시간이 지난 후에 침적하였던 약액을 버리고, petri dish에 증류수를 적신 filter paper (ø 9.0 cm, Whatman No. 2)를 2장 깔고 그 위에 침적 시켰던 알을 올려 놓고 여과지가 마르기전에 증류수로 습도를 유지하면서 부화여부를 20일간 매일 관찰하였다.

모든 실험은 3반복으로 수행하였고, LC<sub>50</sub> (반수치사량) 값은 Finney (1971)의 Probit 분석법에 의해 산출하였다.

### 비료의 영향

비료가 유충(Fig. 1-C)사망에 미치는 독성실험은 침적법으로 수행하였다. 요소등 6종의 비료를 추천 농도로



Fig. 1. Photographs of *Luciola lateralis*. (A) Adults; (B) Larvae; (C) Eggs.

희석한 다음(Table 2), Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)내에 용액 50 ml를 넣은 후 3령유충 15마리씩 접종하였다. 접종 후 24, 72시간에 사망율을 조사하였고, 사망확인은 유충이 복부를 위로하고 움직임이 없는 것을 사망으로 하였다. 비료 농도별 유충생존율 변화에 대한 조사는 요소 등 6종의 비료를 2,000배액, 1,000배액, 500배액으로 희석하여 3령 유충 15마리를 Petri dish (ø9.0×높이 3 cm)내에 접종한 후 7일간 매일 관찰하여 사망여부를 육안조사하였다.

이 모든 실험은 23±2°C의 항온기(Multi BOD incubator; Vision Co.)에서 14L:10D의 광주조건을 주고 실험을 수행하였다. 실험결과 분석은 Tukey's Studentized Range Test (SAS Institute, 1991)로 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 유충과 성충에 대한 약제 독성

벼농사용 살충제 10종을 추천농도(ppm)로 애반딧불이의 유충과 성충에 대한 총체분무법으로 독성을 실험한 결과는 Table 3과 같다. 유충에 대한 독성에서 MEP, Fenthion, Diazinon, Burofezin·fenobucarb, Thiamethoxam은 100%의 사망율을 보였고, 성충에 대한 독성은 Tebufenozide를 제외하고 100%의 사망율을 보였다. IGR (곤충성장저해제)계통인 Tebufenozide은 유충에서 33.3% 그리고 성충에서 73.3%의 낮은 사망율을 보였다. Fipronil, PAP, Assit도 80%이상 사망율을 보여 살충제농약이 유충 사망에 직접적인 영향을 미치는 것으로 생각되며, 성충이 출현하는 6~7월에 살충제 살포는 애반딧불이 생존에 직

Table 3. Comparative toxicities of 10 insecticides on 3<sup>rd</sup> larva and adults of *L. lateralis* under laboratory condition

Common name of Insecticide	n	Mortality (Mean±SD, %)	
		Larvae	Adults
<b>Organophosphates</b>			
MEP EC	15	100.0±0.0 a <sup>a)</sup>	100.0±0.0 a
PAP EC	15	80.0±6.3 b	100.0±0.0 a
Assit WP	15	86.7±3.1 b	100.0±0.0 a
Fenthion EC	15	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Diazinon EC	15	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
<b>Mixtures</b>			
Burofezin·fenobucarb WP	15	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Cartap·Buprofezin WP	15	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
<b>I.G.R</b>			
Tebufenozide WP	15	33.3±7.5 c	73.3±1.5 b
<b>Neonicotinoids</b>			
Thiamethoxam WG	15	86.7±3.1 b	100.0±0.0 a
<b>Phenylpyrazoles</b>			
Fipronil SC	15	83.3±3.7 b	100.0±0.0 a
Control	15	0.0±0.0 d	0.0±0.0 c

<sup>a)</sup> Means Followed by the same letters within a column are not significantly different at P=0.05 by Tukeys Studentized Range Test (SAS Institute, 1991). Sample size: 15 larvae and adults/replicate, 3 replicates/treatment

접영향이 미치기 때문에 서식지가 파괴되는 것으로 보여진다.

일본에서 수생생물인 헤이게반딧불이 유충은 염소계 농약에 노출되면 내성을 보인다고 하였고(Hadano, 1963), Nakajima (1969)는 염소계 농약이 강력한 독성을 함유하고 있다고 하여 헤이게반딧불이 유충이 논 등의 물이 머무는 지역을 중심으로 서식하기 때문에 농약 살포의 영향을 직접 받는다고 하였으며, Park et al. (2003)은 논에 사용하는 아이비 입제, 다이아지논 입제, 그리고 부트크로르 입제에 대한 7일간 미꾸리 누적 치사율은 각각 10, 55, 22% 이었다고 하여 수생생물의 사망에 직접적인 영향을 주는 약제로 보고하였다. 따라서 애반딧불이 유충이 벼농사용 농약 중 살충제 입제가 미치는 영향에 대하여 좀 더 연구할 필요가 있다고 본다.

애반딧불이 유충의 약제에 대한 감수성을 조사한 결과 Table 4와 같이 약제처리 처리후 3일째까지 LC<sub>50</sub>값(반수

치사량) Assit WP은 1.03 ppm, Cartap·Buprofezin WP은 1.90 ppm, PAP EC는 0.98 ppm이었으나, Fenthion EC은 10.26으로 다소 높은 값을 나타냈다.

애반딧불이 알에 대한 독성 실험결과는 Table 5와 같다. 공시약제별 부화율은 Tebufenozide 100%, Fipronil은 66.7%의 높은 부화율을 보였으나, PAP와 Thiamethoxam는 33.3%, Diazinon과 Assit는 13.3%정도의 낮은 부화율을 보였다. 반면 Fenthion, Cartap·Buprofezin, MEP은 전혀 부화를 하지 못해 알에 직접적인 독성을 주는 것으로 보여진다.

Miyashida (1991)는 헤이게반딧불이의 알이나 유충에 대한 농약의 피해가 우려되는데, 공중에서 살포한 농약에 직접 접촉한 애반딧불이의 알은 80%가 죽었다는 보고하였고, 산란하는 장소는 풀잎 뒷면이나 이끼 틈 사이이므로 실제로는 그리 큰 피해는 입지 않을 것으로 예상된다고 하였으며, 공중 살포된 농약은 수중에서는 희석되어 낮은

**Table 4.** Susceptibility of four insecticides on 3<sup>rd</sup> larva of *L. lateralis* under laboratory condition

Common name of insecticide	N	Slope±SE	LC <sub>50</sub> (ppm) <sup>a</sup> (95% FL) <sup>b</sup>	X <sup>2</sup>
Assit WP	15	1.50±0.57	1.03(0.16-6.23)	0.4
Cartap·Buprofezin WP	15	1.81±0.42	1.90(0.92-3.93)	0.16
Fenthion EC	15	1.50±0.57	10.26(4.67-22.41)	0.4
PAP EC	15	1.50±0.33	0.98(0.44-2.13)	1.2

<sup>a</sup> Sublethal conc.

<sup>b</sup> means fiducial limits

**Table 5.** Comparative hatchability of ten insecticides treated to the eggs of *L. lateralis* under laboratory condition

Common name of Insecticide	n	Hatchability (Mean±SD, %) <sup>a</sup>
<b>Organophosphates</b>		
MEP EC	30	0.0±0.0 e
PAP EC	30	33.3±3.1 c
Assit WP	30	13.3±4.3 d
Fenthion EC	30	0.0±0.0 e
Diazinon EC	30	13.3±5.6 d
<b>Mixtures</b>		
Burofezin·fenobucarb WP	30	26.7±0.0 c
Cartap·Buprofezin WP	30	0.0±0.0 e
<b>I.G.R</b>		
Tebufenozide WP	30	100.0±0.0 a
<b>Neonicotinoids</b>		
Thiamethoxam WG	30	33.3±6.3 c
<b>Phenylpyrazoles</b>		
Fipronil SC	30	66.7±3.1 b
Control	30	100.0±0.0 a

<sup>a</sup> Means Followed by the same letters within a column are not significantly different at P=0.05 by Tukeys Studentized Range Test (SAS Institute, 1991)

농도가 되므로 유충에게는 거의 영향을 미치지 못할 것으로 보인다고 하였다.

따라서 공시약제 중 Tebufenozide, Fipronil은 부화에 미치는 영향이 적었으나, 기타 약제는 직접 농약에 노출되었을 경우 부화에 치명적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

공시농약별 유충의 생존율 변화를 조사한 한 결과 Fig. 2와 같이 공시약제인 Fenthion,, Cartap·Buprofezin, PAP 모두 500 ppm에서는 처리후 24시간내에 100%가 사망하였으며, 50 ppm에서는 Fenthion만이 처리 4일 후까지 40% 정도 생존을 보였다. 또한 5 ppm에서는 Fenthion는 처리후 4일까지 80%정도 생존을 보였고, Cartap·Buprofezin은 처리 2일 후까지 80%정도 생존을 보이다가 그 후 급격히 떨어져 5일후에는 20%정도 생존율을 보였고, PAP는 처리 1일차에서 40%정도 생존하였고만 2일 후에는 20%정도 생존하였다. PAP EC는 처리 1일차에서 40%정도 생존하였 2일후에는 20%정도 생존하였다. Assit는 2일 후 100% 사망을 보였다. 0.5 ppm에서는 Fenthion와 Cartap·Buprofezin는 처리 5일 후까지 100% 생존을 하였고, PAP는 60%정도 생존을 보였으며, Assit는 처리 2일 후까지 100%생존을 보이다가 그 후 급격히 떨어지는 양상을 보였다.

따라서 공시약제 모두 애반딧불이 유충 생존에 미치는 영향이 컸으며, 특히 Assit와 PAP의 경우 유충에 치명적인 독성을 보이는 약제로 밝혀졌다.

### 유충에 대한 비료의 독성

벼 농사용 비료가 애반딧불이의 유충사망에 미치는 영향을 실험한 결과는 Table 6과 같다. 24시간 노출시켰을 경우 Ammonium sulfate (유안)은 30%, Potassium chloride (염화加里)는 40% 사망률을 보였고, 72시간 노출시켰을 경우 Ammonium sulfate (유안)은 56.7%, Potassium chloride (염화加里)는 73.3% Urea fertilizer (요소)는 27.3%의 유충 사망률을 보였다. 그러나 Fused phosphate (용성인비), Complex fertilizer (복합비료), Silicate fertilizer (규산질 비료)은 독성이 전혀 없는 것으로 나타났다.

벼 농사용비료가 애반딧불이 유충 생존율 변화를 조사한 결과 Fig. 3과 같다. 비종별 2000배액에 노출시켰을 경우 Potassium chloride와 Ammonium sulfate는 각각 50%, 70%정도 생존을 보인 반면 그 외 비료는 100% 생존을 보였다. 1000배액에 노출시켰을 경우 Fused phosphate, Complex fertilizer, Silicate fertilizer는 100% 생존을 보인 반면에 Potassium chloride, Ammonium sulfate, Urea fertilizer는 각각 10%, 35%, 80%정도 생존율을 보였다. 500배액에 노출시켰을 경우 Potassium chloride와 Ammonium sulfate는 100% 사망을 하였고, Complex fertilizer는 20%정도 생존을 보였고, Urea fertilizer와 Fused phosphate는 75%정도 생존을 보인 반면 Silicate fertilizer는 100%의 생존율을 나타냈다.

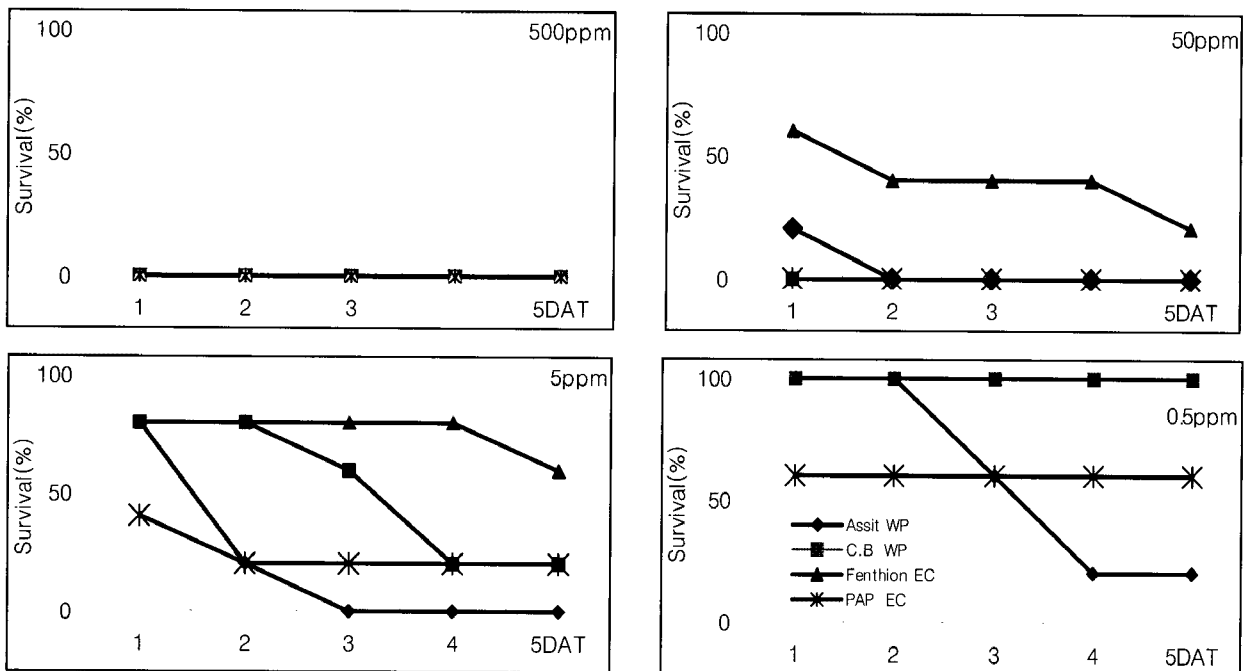
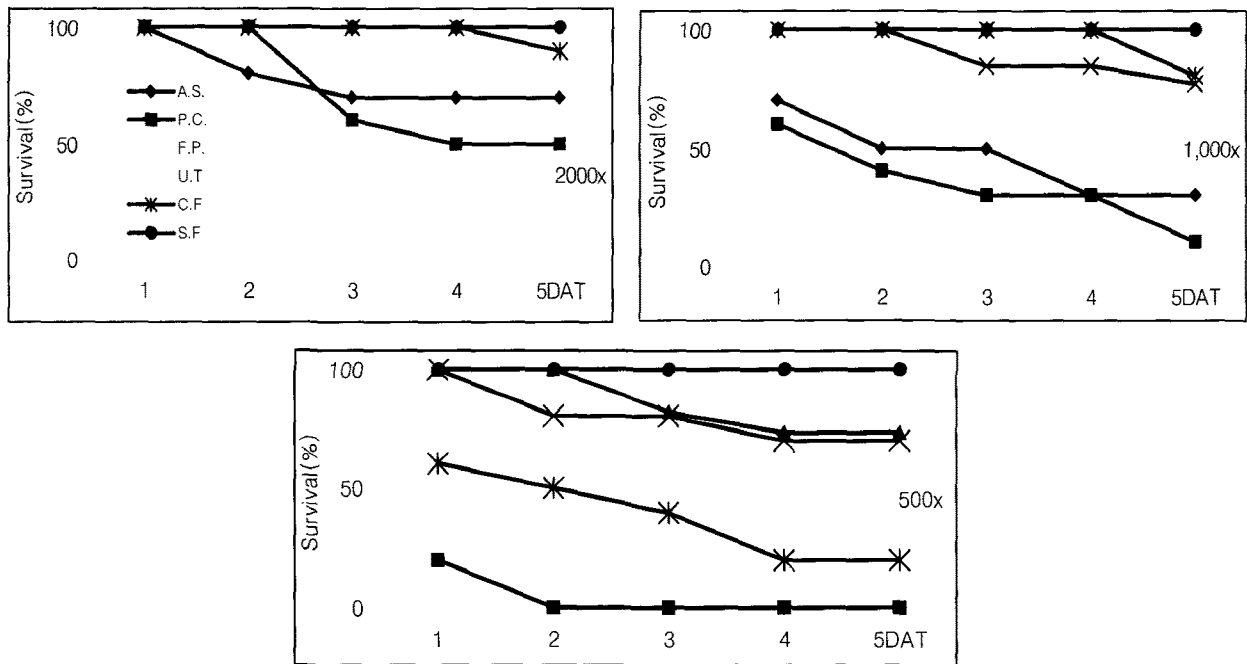


Fig. 2. Change of survival rate each concentration four insecticides on 3<sup>rd</sup> larva of *L. lateralis* under laboratory condition. ※ C. B WP: Cartap·buprofezin WP DAT: Days after treatment

**Table 6.** Toxicities of six fertilizer on 3<sup>rd</sup> larva of *L. lateralis* under laboratory condition

Name of fertilizer	n	Mortality (Mean±SD, %) a	
		24 hrs	72 hrs
Urea fertilizer	15	0.0 b	27.3±3.5 c
Ammonium sulfate	15	30.0±5.0 a	56.7±5.5 b
Potassium chloride	15	40.0±6.5 a	73.3±4.5 a
Fused phosphate	15	0.0 b	0.0 d
Complex fertilizer	15	0.0 b	0.0 d
Silicate fertilizer	15	0.0 b	0.0 d
Control	15	0.0 b	0.0 d

<sup>a</sup> Means Followed by the same letters within a column are not significantly different at P=0.05 by Tukeys Studentized Range Test (SAS Institute, 1991).



**Fig. 3.** Change of survival rate each concentration six fertilizers on 3<sup>rd</sup> larva of *L. lateralis* under laboratory condition. U. F: Urea fertilizer; A. S: Ammonium sulfate; P. C: Potassium chloride; F. P: Fused phosphate; C. F: Complex fertilizer; S. F: Silicate fertilizer

Ohba (1977)은 일본의 반딧불이 주 종인 겐지반딧불이 유충에 대한 중금속 이온 영향에 대한 시험 결과 0.1%와 0.01% 농도에서 염화칼륨, 염화나트륨, 염화칼슘은 70시간 이후 100% 생존을 한 반면에 염화제2수은과 염화제1철은 100% 사망을 보였다고 하였다. 또한 어류에 대한 치사량의 유산동용액(0.05%)에 겐지반딧불이 유충 50마리를 24시간 방사한 경우 100% 생존율을 보였다고 하였다.

따라서 벼농사에 사용하는 화학비료 종류 중에 Potassium chloride와 Ammonium sulfate는 유충 생존에 매우 민감한 반응을 보여 생존에 미치는 영향이 컸으며, Silicate fertilizer는 전혀 영향을 미치지 않았다. 애반딧불이 유충 생존과 서식지를 복원하기 위해서는 친환경 벼농사 재배 기술로 재배하는 것이 바람직하다고 생각된다.

### Literature Cited

Finney, D.J. 1971. Statistical methods in bioassays 2nd ed. London Griffin. 668pp.  
 Hadano, O. 1963. Effects of insecticides on 1 nymphal instar of *Luciola lateralis* at Laboratory experiment. Kushu University Agricultural Science J. 20(3): 265-268.  
 Kanda, Z. 1933. Study of firefly (1); Life cycle of Genji-firefly (*Luciola cruciata*). Entomol. 7: 219-239pp.  
 Kanda, Z. 1934. Study of firefly (1); Life cycle of *Luciola cruciata* Entomol. 8: 67-73.  
 Kim, C.W. and S.H. Nam. 1981. Present status of the Korean fireflies and their conservation. Bull. Korean Asso. Conser. Nature, Ser. 3: 311-324.  
 Kwon, G.M., Y.I. Lee and K.H. Choi. 1998. Development and prey consumption of phytoseiid mites, *Amblyseius womwesleyi*, *A. fallacis*, and *Typhlodromus occidentalis* under controlled

- environments. Korean J. Appl. Entomol. 37: 53-58.
- Lee, K.Y, K.S. Ahn, H.J. Kang, S.K. Park and J.G. Kim. 2003. Effect of Temperature on Reproduction and Development of Firefly, *Luciola lateralis* (Coleoptera: Lampyridae). Korean J. Appl. Entomol. 42: 217-223.
- Miishi, H. 1991. Message from the waterside of Genji-firefly. Singoimainichisinbunsa. Tokyo. 86-118.
- Miyashida, E. 1988. Effects against aerial-spray on insecticides of *Luciola lateralis*. Japan Public Hygiene J. 35(3): 125-132.
- Nagane, D. 1981. Taxonomy of Firefly. Nyusaienchi Press. Tokyo. 93-94.
- Nakajima, Y. 1969. Artificial management of Firefly. Kibukeng Biology Education Study J. 16: 60-70.
- Noh, Y.T., K.M. Baek, I.C. Shin and I.H. Moon. 1990. Propagation of Korean Fireflies, *Luciola lateralis* Motschulsky. Korean J. entomol. 20:1-9.
- Ohba, N. 1977. Effects of insecticides on 1 nymphal instar of Genji-firefly. Ann. Rept. Yokosuka City Mus. 23-33.
- Ohba, N., 1988. Insect of Japan (Genji-firefly). Bunichi-sougou Press. Tokyo. 104-108.
- Park, Y.K., K.H. Park, J.B. Joo, K.S. Kyung, B.S. Kim, J.S. Shin, G.H. Ryu, C.H. Bae and K.S. Lee. 2003. Toxicological effects of pesticides on loach in rice paddy. J. Korean Soc. Agric. Chem. Vol. 7(2): 123-130.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide, Statistics, Version 6.04. SAS Institute, Cary, N. C., USA.

(Received for publication August 12 2008;  
revised September 16 2008; accepted September 18 2008)