

수도용 살충제의 아치사랑이 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stal)와 등검은황록장님노린재(*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter)의 생물학적 특성에 미치는 영향

Effects of Sublethal Doses of Insecticides on the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera:Delphacidae) and Mirid predator, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera:Miridae)

최병렬¹ · K. L. Heong² · 이정운¹ · 유재기¹ · 박정규¹

Choi, B. R.¹, K. L. Heong², J. O. Lee¹, J. K. Yoo¹, and C. G. Park¹

ABSTRACT This experiment was carried out to evaluate the effect of sublethal doses of BPMC, etofenprox, and buprofezin on *N. lugens* and its predator *C. lividipennis*. Buprofezin was found to be the most toxic to *N. lugens* and the most safe to *C. lividipennis* among the three insecticides, based on LD₅₀ values. Selective toxicity index calculated by dividing LD₅₀ value of *C. lividipennis* by that of *N. lugens* indicated that buprofezin was very safe to *C. lividipennis*, showing selective toxicity of 2703.3. Longevity and fecundity of *N. lugens* treated with LD₁₀ and LD₄₀ of buprofezin and BPMC were not significantly different with those of untreated brown planthoppers. However, egg hatchability of *N. lugens* was greatly reduced when treated with LD₄₀ of buprofezin, having the highest inhibition rate of 17.7%. Hatchability of eggs from insects treated with BPMC was similar to that of control. The oviposited peak of treated hoppers appeared late as compared to the untreated which showed the peak at early part of the ovipositional period. The longevity and fecundity of *C. lividipennis* treated with BPMC were significantly reduced as compared with the untreated. Etofenprox also induced fecundity reduction when treated with LD₁₀ and LD₄₀. However, *C. lividipennis* treated with sublethal doses of buprofezin showed no reduction in longevity and fecundity. From these results, it may be said that buprofezin can be used to control brown planthopper without disrupting of *C. lividipennis* population in the rice field.

KEY WORD Sublethal dose, Selective toxicity, *Cyrtorhinus lividipennis*, *Nilaparvata lugens*, BPMC, Buprofezin, Etofenprox

초 록 수도용 약제들 (BPMC, buprofezin, etofenprox)의 아치사랑을 처리한 벼멸구와 등검은황록장님노린재의 생물학적 특성 및 약제별 선택독성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다. Buprofezin의 벼멸구에 대한 반수치사약량은 0.5 µg/g으로 가장 독성이 높았으며, 등검은황록장님노린재에 대하여서는 가장 안전한 독성을 보였다. 또한 벼멸구와 등검은황록장님노린재간의 선택독성은 Buprofezin이 2703.3으로 아주 높은 선택성을 보였다. Buprofezin을 LD₁₀, LD₄₀약량으로 처리한 벼멸구 암컷성충의 산란력 및 수명은 무처리와 비교시 큰 차이를 보이지 않았으나 BPMC를 LD₄₀으로 처리한 벼멸구는 총산란수가 171.5개로서 다른 약제처리보다 산란력이 낮았다. Buprofezin 및 BPMC의 LD₄₀으로 처리한 벼멸구가 낳은 알의 부화억제율은 각각 17.7, 6.8%로써 아치사랑이 증가함에 따라 난부화 억제율도 높았다. 각 약제별 아치사랑으로 처리한 벼멸구 암컷성충의 산란양상은 산란기간 후기에 산란 peak를 보인 반면, 무처리에서는 산란전기(6-9일)에 peak를 보여 BPMC와 Buprofezin은 벼멸구의 산란을 지연시킴을 추측할 수 있었다. BPMC를 LD₁₀, LD₄₀으로 처리한 등검은황록장님노린재의 수명은 각각 16.1, 15.5일로 무처리의 18.8일보다 짧았으며 Etofenprox의 경우에는 각각 18.9, 18.0일로서 무처리와 비슷한 경향을 보였으며, 또한 두약제의 아치사랑으로 처리된 노린재의 산란 억제율은 19% 이상으로 현저하게 억제효과를 보였으나, Buprofezin은 수명과 산란력에 영향이 적었다.

검 색 어 아치사랑, 선택독성, *Cyrtorhinus lividipennis*, *Nilaparvata lugens*, BPMC, Buprofezin, Etofenprox

¹ 농촌진흥청 농업과학기술원 작물보호부 곤충과(Division of Entomology, Dep. of Crop Protection, ASTI, RDA)

² 국제미작연구소(International Rice Reseach Institute)

등검은황록장님노린재(*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter)는 열대지방의 벼 재배지역에서 멸구, 매미충의 난과 약충을 포식하는 가장 중요한 천적으로서 (Chiu 1979, Chua 1989, Heong 등 1991, Suenaga 1963) 한국을 포함한 온대지방의 벼 논에서도 발생하는 것으로 알려져있다(최 등 1992). 그 밀도는 먹이인 멸구, 매미충의 밀도변화와 밀접한 관계가 있다고 보고 되었다(Kuno 와 Dyck 1984, Heong 등 1991).

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)는 열대와 아열대, 온대지역에 광범위하게 분포하며 때때로 대발생하여 심각한 벼 수량감소를 일으킨다. 벼멸구는 온대지방에서는 벼의 즙액을 흡즙함으로써 피해를 주지만 열대와 아열대지방에서는 흡즙과 아울러 stunt virus를 매개하기 때문에 벼 재배지역에서는 가장 문제가 심각한 해충의 하나이며, 그 피해액은 연간 3억 달러 이상인 것으로 추정되고 있다(Pathak 1968, Dyck와 Thomas 1979, Heong 1978).

살충제의 살포는 이러한 벼멸구나 다른 수도해충을 방제하기 위하여 가장 일반적으로 사용되고 있다. 적용범위가 넓은 살충제의 사용이 해충의 resurgence 현상, 저항성해충의 출현, 잠재해충의 해충화 현상 등을 유발한다는 것은 잘 알려져 있으며(Ripper 1956, Sawacki 1979), 수도용 약제중 Deltamethrin과 Methyl parathion을 벼멸구의 5령약충에 처리하였을 경우에 산란력이 증대되었다고 보고하였는데(Heinrichs 등 1982) 이러한 현상은 살충제의 아치사약량이 해충의 신경계통 활성화에 긍정적인 자극을 주기때문에 산란에 영향을 미치는 신경호르몬이 살충제에 적응함으로써 일어나는 것으로 알려져 있다(Chelliah와 Heinrichs 1980, Reissig 등 1982).

이와 같이 살충제 사용의 부작용이 일반화 되면서 많은 학자들이 농업생태계를 보존하기 위하여 해충의 밀도를 자연적으로 억제시켜 주는 포식성 및 기생성 천적에 미치는 약제의 영향에 대한 연구가 많이 수행되어 오고 있다. Heinrichs 등(1982)은 논에서 사용되는 살충제들이 멸구류의 포식성 천적인 등검은황록장님노린재의 개체군을 감소시킨다고 하였으며, Fabellar와 Heinrichs(1986)도 Deltamethrin, Phophamidon, Chlorpyrifos, Monocrotophos는 벼멸구보다 등검은황록장님노린재에 독성이 더 높다고 보고하였다. 그러나 곤충생장억제제인 Buprofezin은 벼멸구와 흰등멸구 및 끝동매미충의 약충에 대해서 더 효과적인 독성을 보였으며, 포식성 천적에 대하여는 안전하다고 하였다

(Heinrichs 등 1984). 그러나 우리나라에서 사용되고있는 주요 수도용 살충제가 멸구류의 포식성 천적인 등검은황록장님노린재에 미치는 영향에 대한 연구 보고가 적은편이다.

따라서 본 실험은 수도용 살충제 중에서 많이 사용되고 있는 BPMC, Buprofezin, Etofenprox가 벼멸구와 등검은황록장님노린재에 미치는 영향을 평가하기 위하여 이들 약제의 선택독성을 조사하였으며, 아치사약량이 성충수명과 산란수 및 부화율에 미치는 영향을 조사하여 그결과를 발표하고자 한다.

재료 및 방법

실험곤충

본 시험은 1995년 1월부터 4월까지 필리핀에 있는 국제미작연구소(IRRI)의 온실내에서 수행하였으며 벼멸구는 국제미작연구소내 유리온실에서 실험을 위하여 누대사육중인 것을 사용하였으며, 등검은황록장님노린재는 인근 논에서 채집하여 사육하였으며, 사육온도는 23°C~32°C이었다.

살충제의 선택독성

본 실험에 사용된 살충제들은 그 일반명과 유효성분 함량(AI.)이 BPMC, 96.0%, Etofenprox, 96.0%, Buprofezin, 85.3% 이었으며, 실험 살충제를 벼멸구와 등검은황록장님노린재간의 선택독성 정도를 조사하기 위하여 원제 grade의 각 농약을 아세톤으로 희석하여 5단계로 만들었다. 공시충은 CO₂ 가스를 30~40초간 마취한 후 흉부에 각 농도별로 희석된 살충제를 0.2 μl씩 미량국소처리기를 이용하여 처리하였으며 대조구는 acetone만을 처리하였다.

실험 살충제중 BPMC와 Etofenprox는 접촉독을 나타내는 약제이므로 실험곤충 중 우화 1일째의 암컷성충에 처리하였고, Buprofezin은 탈피억제제이기 때문에 5령 약충에 처리하였다. 약제를 처리한 공시충은 플라스틱통(지름 4 cm × 높이 12 cm)에 들어 있는 파종후 12일째의 벼 유묘에 접종하고 BPMC, Etofenprox는 처리 24시간 후에, Buprofezin은 72시간 후 사충율을 조사하였다.

모든 실험은 각 농도별 20마리씩 3반복으로 하였으며 그결과를 Finny(1971)의 probit 분석법으로 LD₅₀을 구하였고, 이 약량을 실험곤충의 평균체중(등검은황록장님노린재 암컷성충; 0.00116 g, 5령약충; 0.0006 g, 벼

멸구 암컷성충; 0.00194 g, 5령약충; 0.00148 g)으로 나누어 $\mu\text{g/g}$ 단위로 나타내었다.

살충제 아치사약량이 등검은황록장님노린재와 벼멸구의 생물학적 특성에 미치는 영향

3종류의 실험살충제의 실험곤충에 대한 아치사약량으로는 상기의 실험에서 얻어진 LD_{10} 과 LD_{40} 의 약량을 사용하였으며, 약제의 처리 방법은 앞의 실험과 동일하였다.

벼멸구는 처리 24시간 후에 살아있는 암컷 성충을 파충후 20일이된 벼(IR22) 유묘가 심어져 있는 포트에 한마리씩 접종하고 원통형 mylar cages(지름 6 cm \times 70 cm)를 씌웠다. 접종 24시간 후부터 매일 기주를 교체하면서 채란을 하였다. 교체된 기주는 일정기간(8일)이 지난후 부터 매일 부화 약충수를 조사하고 정상적인 난이 모두 부화 하였다고 생각되는 산란후 12일경에 해부현미경하에서 벼 유묘를 해부하여 미부화 난수를 조사하였다. 등검은황록장님노린재는 약제처리 24시간 후 살아 남은 암컷 성충을 1마리씩 각 mylar cage(지름 6 cm \times 70 cm)에 넣고 약제를 처리하지 않은 숫컷 성충을 각각 1마리씩 접종하여 교미를 시켰으며, cages내에는 등검은황록장님노린재의 기주로 이용하기 위하여 벼멸구의 암컷성충 5마리를 30일된묘(IR22)에 접종시켜 산란을 하도록 하였다. 접종후 매일 사충율을 조사하여수명을 구하였으며, 부화하여 나오는 약충수를 산란수로 산정하였다. 본 실험에서 벼멸구는 농도당 10반복을, 등검은황록장님노린재는 15반복으로 산란수와 성충수명을 조사하였다.유의성 검정은 SAS INSTITUTE(1986, P=0.05)를 이용하였다.

결과 및 고찰

살충제 선택독성

주요 수도용 살충제 중 카바메이트계인 BPMC와 합성피레스로이드계인 Etofenprox, IGR 계통인 Buprofezin의 등검은황록장님노린재와 벼멸구에 대한 독성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 벼멸구에 대해서는 Etofenprox와 Buprofezin의 LD_{50} 이 각각 0.7와 0.5 $\mu\text{g/g}$ 으로 비슷한 수준이었고 2.9 $\mu\text{g/g}$ 의 BPMC보다 독성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 천적인 등검은황록장님노린재에 대해서는 Buprofezin의 LD_{50} 은 1405.7 $\mu\text{g/g}$ 으로 BPMC와 Etofenprox의 LD_{50} 31.9과, 17.2 $\mu\text{g/g}$ 보다, 훨씬 낮은 독성을 나타내었다.

Table 1. Selective toxicity of BPMC, Etofenprox, and Buprofezin between *C. lividipennis* and *N. lugens*

| Insecticides | <i>N. lugens</i> $\text{LD}_{50}(\mu\text{g/g})$ | <i>C. lividipennis</i> $\text{LD}_{50}(\mu\text{g/g})$ | Selective ¹ toxicity |
|--------------|---|---|------------------------------------|
| BPMC | 2.9(1.7-4.9) ² | 31.9(27.3-37.8) | 10.9 |
| Etofenprox | 0.7(0.4-1.1) | 17.2(8.4-36.4) | 23.9 |
| Buprofezin | 0.5(0.3-0.9) | 1405.7(1058.0-2058.0) | 2703.2 |

¹ Selective toxicity= LD_{50} of *C. lividipennis*/ LD_{50} of *N. lugens*.

² () 95% Fiducial limit.

각 약제의 선택독성치는 BPMC가 10.9, Etofenprox가 23.9, Buprofezin이 2703.2임을 볼 때 세약제 중에서 Buprofezin의 선택독성이 가장 높게 나타났음을 알 수 있었다.

한편, Buprofezin의 작용기작은 곤충의 큐티클배열과, 키틴의 생합성을 저해하여 곤충의 탈피를 억제시키며, 또한 외골격의 약화에 의하여 치사시키는 것으로 보고되어 있다(Izawa 등 1985, Nagata 1986). 이 약제는 멸구, 매미충과 같은 매미목에 대하여 특히 독성이 높은 반면(IRRI 1982, Heinrichs 등 1984) 이들의 천적인 황산적거미와 등검은황록장님노린재 등에 대해서는 선택독성이 높다고 보고되어 있으며(Heinrichs 등 1984), 또한 이 약제는 온실가루이의 중요천적인 온실가루이좀벌(*Encarsia formosa*)와 *Cales noacki* 등에도 안전한 것으로 알려져 있어(Garrido 등 1984) 본 실험의 결과와 유사하였다.

살충제의 아치사약량이 벼멸구와 등검은황록장님노린재의 생물학적 특성에 미치는 영향

실험 결과 벼멸구에 살충력이 가장 높았던 buprofezin과 살충력이 상대적으로 낮았던 BPMC를 아치사약량인 LD_{10} 과 LD_{40} 으로 처리 하였을 때의 벼멸구의 수명과 산란수를 Table 2에 나타내었다.

Buprofezin의 LD_{10} 과 LD_{40} 으로 처리된 벼멸구 암컷성충 1마리가 낳은 총산란수는 각각 216.4, 205.3으로 무처리 벼멸구의 총산란수 218개와 큰 차이가 없었다. 처리간 벼멸구의 수명도 통계적인 차이는 없었으나, LD_{10} 보다는 LD_{40} 으로 처리하였을 때 성충수명과 암컷당 일일 산란수가 감소하는 경향을 보였다. 이는 5령약충에 아치사약량을 높게 처리함에 따라 수명감소가 산란수에 영향을 미쳐 총산란수가 감소되었다고 생각된다 Uchida 등(1984)도 Buprofezin 처리가 우화 2일 이내의 벼멸구성충에 대하여는 수명을 감소 시키지만, 우

Table 2. Effects of sublethal doses of BPMC and Buprofezin on fecundity and longevity of *N.lugens*

| Sublethal dose(μg/g) | No. eggs per female | Longevity (days/female) | No.eggs laid female/day |
|---|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Untreated | 218.0±61.6a | 17.5±2.2a | 12.8±2.7 |
| Buprofezin LD ₁₀ (0.16 μg/g) | 216.4±62.7a | 18.1±3.0a | 13.7±3.9 |
| LD ₄₀ (0.26 μg/g) | 205.3±59.1a | 16.6±3.0a | 12.1±2.9 |
| Untreated | 236.2±93.3a | 15.8±3.0a | 13.5±4.1 |
| BPMC LD ₁₀ (0.10 μg/g) | 247.0±64.3a | 17.6±3.7a | 13.5±3.9 |
| LD ₄₀ (2.19 μg/g) | 171.5±41.1b | 15.5±2.4a | 11.1±2.1 |

화한지 3일 이상된 성충에는 큰 영향이 없다고 하였으며, Buprofezin의 이와같은 영향은 온실가루이에 대해서도 보고된바 있다(Yasui 등 1985).

BPMC의 LD₁₀으로 처리된 벼멸구의 총산란수와 성충수명 및 암컷당 산란수는 통계처리상 무처리와 유의성 차이는 없었으나, 수치상으로 무처리보다 산란수의 증가와 수명이 연장되는 경향은 보였으나, LD₄₀으로 처리하였을 경우에는 총산란수와 암컷당 일일산란수가 감소하는 경향을 나타내었다.

안과 최(1980)는 Diazinon과 BPMC의 아치사약량이 벼멸구 성충의 수명과 산란력을 증대시킨다고 보고한 바 있으며,이와 최(1986)도 diazinon과 decamethrin의 아치사약량을 벼멸구에 처리시 비교적 낮은 약량에서는 산란수가 증가된 반면 약량이 높아질수록 산란수가 감소된다고 하여 본 실험결과와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 LD₄₀의 비교적 높은 아치사약량에서 벼멸구의 산란수가 감소하는 현상을 보이는 것은 처리된 살충제의 영향이 벼멸구의 생리에 불리한 임계수준까지 접근한 것으로 추측된다. 따라서 BPMC의 아치사약량이 낮은 수준에서는 벼멸구 성충의 수명을 연장시키고 산란력을 증대시키는 것은 살충제를 비롯한 여러 자극 물질의 아치사량이 대상 생물의 부적합한 환경에 대한 적응을 촉진하기 위한 새로운 대사체계를 발달시켜 발육이나 산란력을 촉진시킨다는 hormoligosis가설(Lucky와 Stone 1960, Lucky 1968)과 Roan과 Hopkins(1961)가 제안한 아치사량이 해당 해충의 생식력에 유리한 영향을 미치는 신경 Hormone적 상태를 유도하는 신경활동을 자극, 촉진 등에 의하여 이루어진 것으로 생각된다.

Buprofezin과 BPMC의 아치사약량 처리에 의한 벼멸구의 부화율과 부화억제율은 Table 3과 같다. 두 약제 공히 LD₁₀으로 처리했을 때보다는 LD₄₀으로 처리했을 때 벼멸구의 부화율이 감소됨을 알 수 있었다. 특히 Buprofezin LD₄₀처리의 경우에는 부화율이 73.2%로서

Table 3. Effects of sublethal doses of BPMC and Buprofezin on egg hatchability of *N. lugens*

| Sublethal dose | Hatchability (%) | Inhibition rate (%) |
|-----------------------------|------------------|---------------------|
| Untreated | 89.0 | - |
| Buprofezin LD ₁₀ | 82.4 | 7.4 |
| LD ₄₀ | 73.2 | 17.7 |
| Untreated | 93.6 | - |
| BPMC LD ₁₀ | 95.1 | 0 |
| LD ₄₀ | 87.3 | 6.8 |

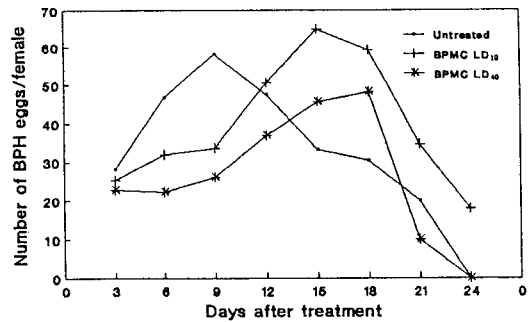


Fig. 1. Oviposition pattern of the female adults of *N. lugens* at different sublethal doses of BPMC.

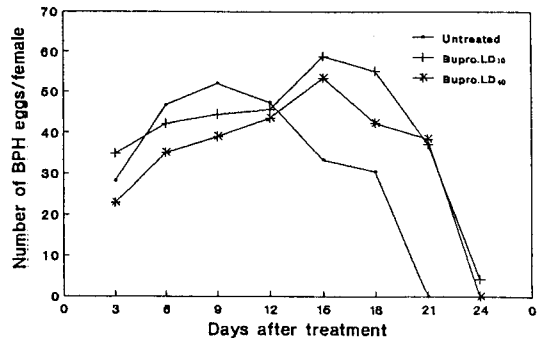


Fig. 2. Oviposition pattern of the female adults of *N. lugens* at different sublethal doses of buprofezin.

Table 4. Effects of sublethal doses of BPMC and Etofenprox on fecundity and longevity of *C. lividipennis*

| Sublethal dose ($\mu\text{g/g}$) | Longevity female (days) | Fecundity (eggs/female) | Fecundity inhibition (%) |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Untreated | 18.8 \pm 3.3a | 77.8 \pm 18.8a | - |
| BPMC LD ₁₀ (9.9) | 16.1 \pm 4.7b | 61.2 \pm 7.2c | 21.3 |
| LD ₄₀ (25.4) | 15.5 \pm 5.8b | 58.9 \pm 21.9c | 24.3 |
| Etofenprox LD ₁₀ (3.1) | 18.9 \pm 3.6a | 63.3 \pm 5.9bc | 18.6 |
| LD ₄₀ (12.4) | 18.0 \pm 4.0a | 60.4 \pm 27.2c | 22.4 |
| Buprofezin LD ₁₀ (300.0) | 18.0 \pm 3.2a | 66.9 \pm 12.2b | 14.0 |
| LD ₄₀ (1166.6) | 16.8 \pm 3.5a | 72.4 \pm 28.4a | 6.9 |

무처리에 비해 17.7%의 부화 억제 효과를 나타내었으며, 이러한 부화 억제 효과는 LD₁₀으로 처리한 경우의 7.4%보다 2배이상 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Ishaaya 등(1988)과 Yasui 등(1985)이 벼멸구, 온실가루이, 담배가루이(*Bemisia tabaci*)에 대하여 부화억제를 실험 결과와 일치하는 경향이였다. 이러한 현상은 buprofezin이 벼멸구의 키틴생합성과 큐티클 배열을 저해시켜 탈피를 억제시키는 작용이 배자발육에까지 영향을 미쳐 난의 부화력을 감소시키는 것으로 추정된다(Izawa 등 1985, Nagata 1986).

Buprofezin과 BPMC의 아치사약량 약제처리후 벼멸구의 일일산란 수의 변화를 보면 (Fig. 1, 2) 산란초기에는 무처리 벼멸구의 산란수가 약제가 처리된 벼멸구의 산란수보다 많았으나 산란후 12일 부터는 오히려 약제를 처리한 벼멸구의 산란수가 증가됨을 알 수 있었다. 결과적으로 무처리의 경우는 산란초기에 산란최성기를 보였으나 약제를 처리했을 경우에는 무처리에 비해 비교적 후기에 최성기를 나타내고 있으며, 이러한 현상은 LD₄₀보다는 LD₁₀으로 처리하였을 때 더욱 뚜렷하였다. 이는 초기 처리된 약제가 벼멸구의 생리에 불리한 영향을 미치다가 시간이 경과되면서 산란촉진작용으로 변화되는 것으로 생각되며 이는 이 등(1986)의 결과와 유사한 것으로 나타났다.

살충제가 등검은황록장님노린재 성충의 수명과 산란수에 미치는 영향은 Table 4와 같다. BPMC를 LD₁₀과 LD₄₀으로 처리한 결과 무처리에 비해 수명이 줄어들었으며, 산란수도 현저히 감소되어 산란억제효과는 21% 이상 이었다. Etofenprox의 아치사약량을 처리했을 때 등검은황록장님노린재의 성충수명은 무처리와 유의차가 없었으나 산란수는 감소하여 산란억제효과는 18.6~22.4% 이었다. 그러나 Buprofezin의 LD₁₀과 LD₄₀을 등검은황록장님노린재의 5령약충에 처리한 결과 두 약제와는 달리 성충수명과 산란수가 무처리와

차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해보면, 실험에 사용된 수도용 살충제 중 IGR계통인 Buprofezin은 벼멸구의 포식성 천적인 등검은황록장님노린재에 선택성이 가장 높았으며, 아치사약량으로 처리했을 때 벼멸구의 수명과 산란수는 크게 감소 시키지 않았지만 산란된 난에 대한 부화억제 효과가 크므로 효과적인 방제 약제일 것으로 생각된다. 특히 천적인 등검은황록장님노린재의 수명 및 산란력에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다. 따라서 앞으로 벼멸구의 방제를 위해서는 Buprofezin과 같이 선택독성이 높은 약제를 사용함으로써 논농생태계의 천적상을 보호 할 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

- 안용준, 최승윤. 1980. BPMC와 Diazinon의 아치사약량이 벼멸구에 미치는 생물학적 영향 서울대학교. 농학연구. 5(2): 33-50.
- Chelliah. S. and E. A. Heinrichs. 1980. Factors affecting insecticide-induced resurgence of the brown planthopper. *Nilaparvata lugens* on rice. *Environ. Entomol.* 9(6): 773-777.
- Chiu, S. C. 1979. Biological control of the brown planthopper, pp. 335-355. In *Brown Planthopper Threat to Rice Production in Asia*. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- 최재승, 고현관, 엄기백, 최귀문, 황창연. 1992. 한국에서 등검은황록장님노린재의 생활사. *한국응용곤충학회지.* 31(4): 492-495.
- Chua, T. H. and E. Mikil. 1989. Effects of prey number and stage on the biology of *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae): A predator of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Environ. Entomol.* 18: 251-255.

- Dyck, V. A. and B. Thomas. 1979. The brown planthopper problem. pp 3-17. In Brown Planthopper Threat to Rice Production in Asia. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Fabellar, L. T. and E. A. Heinrichs. 1986. Relative toxicity of insecticides to rice planthoppers and leafhoppers and their predators. *Crop Protection*. 5(4): 254-258.
- Garrido, A., F. Beitia and S. Gruenhoiz. 1984. Effects of PP618 on immature stages of *Encasia formosa* and *Cales noacki* (Hymenoptera:Aphelinidae). pp. 305-310. In British crop protection conference. Pests and Diseases. Brighton.
- Heinrichs, E. A., G. B. Aquino, S. Chelliah, S.L. Valencia and W.H. Reissig. 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens* Stål population as influenced by method and timing of insecticides application in lowland rice. *Environ. Entomol.* 11: 78-84.
- Heinrichs, E. A., R. P. Basilio and S.L.Valencia. 1984. Buprofezin, A selective insecticides for the management of rice planthoppers (Homoptera: Delphacidae) and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *Environ. Entomol.* 13: 515-521.
- Heong, K. L., L. S., Bleth and E. G. Rubia. 1991. Prey preference of the wolf spider, *Pardosa pseudoannuiata* Boesenverg et Strand. *Res. Popul. Ecol.*, 32(2): 255-262
- Heong, K. L. 1978. The rice planthoppers potential pest rice in Malaysia. In The planthopper of rice in Malaysia. 5: 1-20.
- IRRI (International Rice Research Institute).1982. Insecticide evolution (1981) Entomology Department IRRI. Los Banos. Philippines 142p.
- Ishaaya, I., Z. Mendelson and V. Melawed-Madjar, 1988. Effect of buprofezin on embryogenesis and progeny formation of sweet-potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 81: 781-784.
- Izawa, Y., M. Uchida and T. Sugimoto. 1985. Inhibition of chitin biosynthesis by buprofezin analogs in relation to their activity controlling *Nilaparvata lugens* Stål. *Biochem. physiol.* 24: 343-347.
- Kuno, E. and V. A. Dyck. 1984. Dynamics of philippines and japanese populations of the brown planthopper: Comparison of basic characteristics, pp 1-9. In Proceedings ROC-Japan Seminar on the Ecology and the Control of the Brown planthopper. National Science Council Rep. of China.
- Lucky, E. D. 1968. Insecticide hormoligosis. *J. Econ. Entomol.* 61: 7-12.
- Lucky, T. D. and P. C. stone. 1960. Hormology in nutrition. *Science* 132: 1891-1893.
- Nagata, T. 1986. Timing of buprofezin application for control of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* 21: 357-362.
- Pathak, M. D. 1968. Ecology of common insect pest of rice. *Annu. Rev. Ent.* 13: 257-294.
- Reissig, W. H., E. A. Heinrichs, and S. L. Valencia.1982. Effects of insecticides on *Nilaparvata lugens* and its predators: spiders, *Microvelia atrolinetata* and *Cyrtorhinus lividipennis*. *Environ. Entomol.* 11: 193-199.
- Ripper, W. E. 1956. Effect of pesticides on balance of arthropod population. *Annu. Rev. Ent.* 1: 403-438.
- Roan, C. C., and T. V. Hopkins. 1961. Mode of action of insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 6: 333-346.
- Sawacki, R. M. 1979. Resistance of insects to insecticides. *Span* 22(2): 51-55
- Suenaga, H. 1963. Analytical studies on the ecology of two species of planthoppers, the white back planthopper, (*Sogata furcifera* Horvath) and the brown planthopper, (*Nilaparvata lugens*) with special reference to their outbreaks. *Bull. Kyushu Agric. Expt. Sta.* 8(1): 1-152.
- Uchida, M., T. Asai and T. Sugimoto. 1985. Inhibition of cuticle deposition and chitin biosynthesis by a new insect growth regulator, buprofezin, in *Nilaparvata lugens* Stål. *Agric. Biol. Chem.* 49(4): 1233-1234
- Yasui M., M. Fukada and S. Maekawa. 1985. Effects of buprofezin on different development stages of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* West (Homoptera: Aleyrodidae). *Appl. Entomol. Zool.* 20: 340-347.
- 이시혁, 최승윤. 1986. 몇 가지 농약의 아치사랑 처리가 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)의 생식력 및 개체군 밀도에 미치는 영향. 한국식물보호학회지. 25(3): 139-149.

(1996년 2월 14일 접수)