

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 유충에 대한 Buprofezin의 약효지속효과 및 몇가지 생물학적 영향

Residual and Biological Effects of Buprofezin on the Larvae of
the Brown Planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål)

배 윤 환 · 이 준 호 · 현 재 선¹

Yun Hwan Bae, Joon Ho Lee, and Jae Sun Hyun¹

ABSTRACT Residual and biological effects of buprofezin(25% WP) on the larvae of the brown planthopper(BPH), *Nilaparvata lugens* Stål, were studied by pot experiments. Residual lethal effects on the 2nd instar larvae lasted significantly long, and were higher with application rates. The rate of 17.50 g a.i./10a showed ca. 90% mortality even on 35 days after treatment (DAT). RLT_{90} and RLT_{50} (residual lethal time that can show 90% and 50% mortality, respectively) with rates of 5.78-11.50 g a.i./10a were 9.0-13.5, and 16.8-22.8 days, respectively. It was estimated that 13.00 and 4.44 g a.i./10a were the rates of buprofezin which could show mortalities of 2nd instar BPH larvae above 95% and 50% until 15 DAT, respectively. The residual lethal effect of 7.00 g a.i./10a on the 1st instar BPH larvae was 100% even on 17 DAT. RLT_{50} was 32.5 days which was 15 days longer than RLT_{50} for the 2nd instar larvae. Buprofezin with 7.0 g a.i./10a showed 100% and 70% mortality for 1st-4th and 5th instar BPH larvae, respectively. Longevity of a female BPH which emerged from the 5th instar larvae treated by buprofezin was greatly reduced, and its fecundity was nearly zero.

KEY WORDS Brown planthopper, insecticide, buprofezin, residual effect

초 록 Buprofezin(25% WP)의 처리약량에 따른 벼멸구 유충에 대한 약효지속기간 및 buprofezin이 벼멸구 유충에 미치는 생물학적 영향을 포트실험으로 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다. Buprofezin의 벼멸구 2령유충에 대한 약효지속효과는 상당히 길며, 처리농도가 높을수록 약효지속기간도 길었다. 17.5 g a.i./10a 처리는 약처리 35일후에도 90% 정도의 살충효과를 유지하였고, 5.78~11.50 g a.i./10a 처리는 RLT_{90} (90% 이상 살충률을 유지하는 약처리 후 경과시간)이 9.0~13.5일, RLT_{50} (50% 이상 살충률을 유지하는 약처리 후 경과시간)은 16.8~22.8일로 추정되었다. 그리고 벼멸구 2령유충에 대하여 약처리 15일까지 95% 이상의 살충력을 유지할 수 있는 buprofezin 처리약량은 13.00 g a.i./10a이었고, 50% 이상의 살충력을 유지할 수 있는 처리약량은 4.44 g a.i./10a로 추정되었다. Buprofezin 7.0 g a.i./10a 처리는 벼멸구 1령유충에 대하여 약처리 17일후까지 100%의 살충률을 유지하였으며 1령유충에 대한 RLT_{50} 은 32.5일로 같은 농도의 2령 약충에 대한 RLT_{50} 보다 15일정도 길었다. Buprofezin(7.0 g a.i./10a)은 처리당시 4령까지의 유충을 100% 치사시켰고, 5령유충에 대해서는 우화전까지 약 70%의 살충력을 보였으나 5령이 생존하여 우화한 성충암컷은 수명이 현저하게 감소하였고 전혀 산란을 하지 못하였다.

검색어 벼멸구, 살충제, 브프로페진, 약효지속효과

¹ 서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과 응용곤충전공(Div. of Applied Entomology, Dept. of Agricultural Biology, Seoul Natl. University)

비래해충인 벼멸구는 증식력이 크고 세대수가 많은 소위 r-전략적 개체군증식동태를 가지고 있어 천적류나 다른 유기환경이 밀도조절 요인으로서 작용하지 못하기 때문에(Kuno 1968, Kuno와 Hokyo 1970) 벼멸구 다비래 지역에서 그의 밀도를 피해수준 이하로 억제하기 위해서는 살충제의 사용이 불가피하다.

그러나 벼멸구 개체군 관리라는 측면에서 합리적인 약제방제를 위해서는 목적해충 및 다른 잠재해충에 대한 천적류의 밀도억제능력을 감소시키지 않는 방법으로 살충제 적용이 이루어져야 하고 이러한 목적에 부합되는 살충제를 선발하여 벼멸구의 밀도를 경제적 피해수준 이하로 억제시키는데 필요한 최소한의 처리약량과 처리횟수가 선정되어야 한다.

이와 현(1984)은 수도의 생육단계와 관련시켜 우리나라에서의 벼멸구 증식동태를 분석하여 7월중 최고분얼기 가해세대인 비래후 제 1세대 증식력이 가장 크다고 하고 초기세대 방제를 하는 것이 보다 효과적일 것으로 추론한 바 있으나 벼멸구의 발생은 기상적 조건에 의하여 결정되므로 그의 발생이 매우 불규칙하고 특히 비래과가 중복될 경우에는 잔효력이 짧은 약제로는 방제가 어려워진다. 따라서 벼멸구 비래가 많은 곳에서는 가능한 한 약효지속기간이 긴 살충제의 적용이 불확실한 발생특성을 가지는 벼멸구 초기세대의 밀도억제에 유리할 것이다.

Thiadiazine계 살충제인 buprofezin(2-tert-butylimino-3-isopropyl-5-phenyl-3,4,5,6-tetrahydro-2H-1,3,5-thiadiazin-4-one)은 곤충이 탈피할 때 표피착상을 저해하여 살충작용을 일으키는 물질로 벼멸구 유충에 대한 살충력이 일반 유기인계, 카바메이트계 살충제에 비해서 50~100배 정도 강하고 목적해충에 대해서 고도의 선택성을 가지고 있으며 약효지속기간이 길어 벼멸구 종합관리에 있어서 가장 유망한 살충제로 평가되고 있다(Asai 1983, 1985, Heinrichs 등 1984, Shibuya 1984).

Shibuya(1984)는 buprofezin을 250 ppm의

농도로 처리하였을 경우 벼멸구 3령 유충에 대해서 약처리후 30~40일후까지 100%의 살충력을 유지하였다고 보고하였으며, Mochida 등(1983)과 村山(1983)은 포장에서 최고분얼기 1회처리로 벼멸구 방제가 가능하다고 하였으나 벼멸구 개체군 동태와 관련하여 그의 밀도를 피해수준이하로 억제시키는데 필요한 적정처리약량에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 buprofezin이 벼멸구 유충에 미치는 몇가지 생물학적 특성과 처리약량에 따른 벼멸구 유충에 대한 약효지속효과를 조사하여 벼멸구의 경제적인 방제에 필요한 처리약량의 구명을 시도하였다.

재료 및 방법

벼멸구는 서울대학교 농생물학과 곤충사육실(25±4°C)에서 감수성품종인 추청벼를 먹이로 하여 살충제 도태없이 누대사육중인 것을 이용하였다. 풋트실험시 접종충이나 그로부터 증식한 개체군의 탈출 또는 거미, 개미류의 출입을 방지하기 위하여 철사로 만든 높이 1 m, 지름 30cm의 지지대를 이용하여 백색망사를 풋트(높이 21 cm, 직경 22 cm)에 씌워 놓았다.

공시묘를 풋트에 이양할 때, 풋트당 3본1주로 하였고 buprofezin(25% WP)처리는 각 공시농도용액 140 l /10a를, 포장에서 기계이양시 재식주수인 28,800주로 나누어 4.86m l /주 /풋트로 하였으며, 환산된 약량은 hand gun sprayer를 이용하여 엽면살포하였다.

벼멸구 유충에 대한 약효지속효과

Buprofezin의 처리약량에 따른 약효지속기간을 밝힐 목적으로 벼멸구 2령과 1령유충을 이용하여 풋트와 시험관내에서 실험을 행하였다.

온도조건 25±5°C의 온실에서 추청벼 30일묘를 풋트에 이양하고 이양 50일후에 buprofezin(25% WP)을 17.50, 11.50, 8.75, 7.00, 5.78 g a.i./10a의 약량으로 처리하였고 대조약제로서 BPMC(50% EC)를 160 ml/10a의 약량으로 처

리하여 벼멸구 2령 유충을 풋트당 50마리씩 접종하였다. 지효성 약제인 buprofezin에 의한 치사가 일어나는 시간이 충분히 경과되었다고 생각되는 접종 7일후(Shibuya 1984)의 생존충수를 육안으로 조사하였으며 조사직후 생존한 유충을 제거하고 같은 방법으로 접종하여 치사율을 조사하였다. 접종시기는 약처리 1일후, 8일후, 15일후, 24일후, 35일후였고, 반복수는 5~8개였다.

각 처리약량에서 각 접종시기의 보정살충률은 Abbott(1925)의 방법에 따라 구하였으며 Cheng 등(1990)의 모형을 이용하여 각 처리약량에 따른 약효지속기간을 추정하였다. 그리고 Finney(1971)의 Probit분석으로 약처리 15일후까지 50%, 95% 이상의 약효지속효과를 유지하는 buprofezin 처리약량을 추정하였다.

2령 유충에 대한 실험결과 7.0 g a.i./10a로도 약효지속효과가 비교적 좋아 이 약량의 1령유충에 대한 약효지속기간을 조사하였다. 풋트이앙후 50일 경과한 추청벼에 약처리를 한 후 벼멸구 서식부위인 근부위로부터 높이 10 cm 정도의 분얼경을 잘라 길이 12 cm, 직경 3 cm의 중형시험관에 넣어 실내로 들여온 다음, 24시간동안 산란된 유묘에서 갓부화한 1령유충을 유묘에 부착된 상태로 20마리씩 세어서 시험관에 떨어놓고, 2령 유충에 대한 약효지속효과 실험에서와 마찬가지로 이유(Shibuya 1984)로 접종 7일후의 생존충수를 조사하였다. 이때 분얼경의 건조를 방지하기 위하여 약 2 ml의 물을 시험관 내에 공급하였으며, 접종충의 탈출을 방지하기 위하여 시험관 입구를 망사로 막아놓았다.

접종일은 약처리후 2일, 7일, 12일, 17일, 22일, 27일, 33일이었으며 각 접종일마다 풋트에서 buprofezin이 처리되었던 분얼경을 잘라서 실내로 들여와 동일한 방법으로 조사하였다. 실험은 10반복으로 수행하였고 Cheng 등(1990)의 모형을 이용하여 1령유충에 대한 약효지속효과를 추정하였다.

벼멸구 유충의 총태별 살충효과

Buprofezin처리당시의 유충에 대한 치사효과를 알아보기 위하여 3, 4, 5령 유충을 풋트이앙후 60일된 추청벼에 풋트당 30마리씩 접종하고, 접종직후 buprofezin(25% WP)을 7.0 g a.i./10a의 약량으로 처리하고 약처리 1일후부터 7일후까지 24시간 간격으로 생존충수를 육안실수조사하였다. 실험은 5반복으로 실시하였다.

접종후 시간의 경과에 따른 보정살충률을 $\arcsin(\sqrt{x})$ 로 변환한 후 조사시기별 총태간 살충률 차이를 Tukey 다중검정법으로 검정하였다.

Buprofezin이 처리된 5령유충에서 우화된 성충의 수명 및 산란수

풋트이앙후 60일된 추청벼에 5령 유충들을 접종한 직후 buprofezin(7.0 g a.i./10a)을 처리하였다. Buprofezin 처리를 받은 5령 유충들 중 성충으로 탈피하기 전까지 치사되지 않고 우화된 성충을 우화직후에 실내로 들여와 길이 12 cm, 직경 3 cm의 시험관에 1쌍씩 넣은 다음 근부위로부터 높이 10 cm 정도로 분얼경을 잘라 먹이로 공급하면서 암컷의 수명과 산란수를 조사하였다. 이때 buprofezin 처리로부터 우화된 성충에 대해서 buprofezin을 처리했던 기주를 계속해서 흡즙하게하는 경우와 buprofezin이 처리되지 않은 기주를 흡즙하게하는 경우로 나누었으며, buprofezin의 처리를 받지 않은 5령으로부터 우화된 성충에 buprofezin이 처리되지 않은 분얼경을 공급한 경우와 비교하였다. 한편 5령으로부터 우화된 성충의 단시형 출현률이 현저하게 높아 단시형 성충만을 이용하였다.

1일 간격으로 개체의 사망여부를 조사하여 수명을 조사하였고 산란수는 3일간격으로 분얼경에 산란된 난의 수를 해부현미경하에서 조사하였다. 먹이는 산란수 조사시 교체해주었다. 수명 조사시의 반복수는 20개였고, 산란수 조사시의 반복수는 10개였다.

결과 및 고찰

벼멸구 유충에 대한 약효지속효과

그림 1은 풋트에서 여러가지 농도의 buprofezin(25% WP)을 엽면살포하였을 때, 벼멸구 2령유충에 대한 약효지속효과이다.

Buprofezin 17.50 g a.i./10a 처리는 35일후까지, 11.50 g과 8.75 g a.i./10a 처리에서는 약처리 15일후까지, 7.00 g과 5.78 g a.i./10a 처리에서는 약처리 8일후까지 90% 이상의 살충력을 유지하고 있어 buprofezin의 모든 공시약량에서 약처리 1일 이후 약효가 급속히 떨어진 BPMC(50% EC)의 관행처리약량보다 훨씬 긴 약효지속기간을 가지고 있었다.

그림 1의 결과를 Cheng 등(1990)의 모형에 적합시켜 buprofezin의 약효지속효과를 Residual lethal time(RLT)으로 나타내었을 때(표

1), RLT_{90} , RLT_{50} 값이 17.50 g a.i./10a 처리에서 현저하게 컸고 처리농도가 낮아짐에 따라 그 값은 작아지는 경향이었으며, 특히 살충률 비교의 기준이 될 수 있는 RLT_{50} 값에서 그 경향이 뚜렷하였다. 이러한 경향은 각 처리 약량의 약처리 15일후 살충효과(그림 1)에서도 엿볼 수 있는데 buprofezin 처리약량이 낮아짐에 따라 평균살충효과가 낮아질뿐만 아니라 반복간의 변이가 커지고 있어 농도차에 따른 살충효과의 차이를 나타내고 있으며, 11.50 g a.i./10a 이하의 농도에서는 약처리 24일후에 약효가 현저하게 떨어졌다.

특히 buprofezin 17.5 g a.i./10a 처리약량은 약처리 35일후에도 90% 정도의 살충력을 유지하고 있어 벼멸구 1세대 경과기간을 약 1개월로 보았을 때(Kisimoto 1977, Kiritani 1977) 벼멸구 밀도억제를 위한 처리량으로는 필요이상의 고농도라고 판단된다.

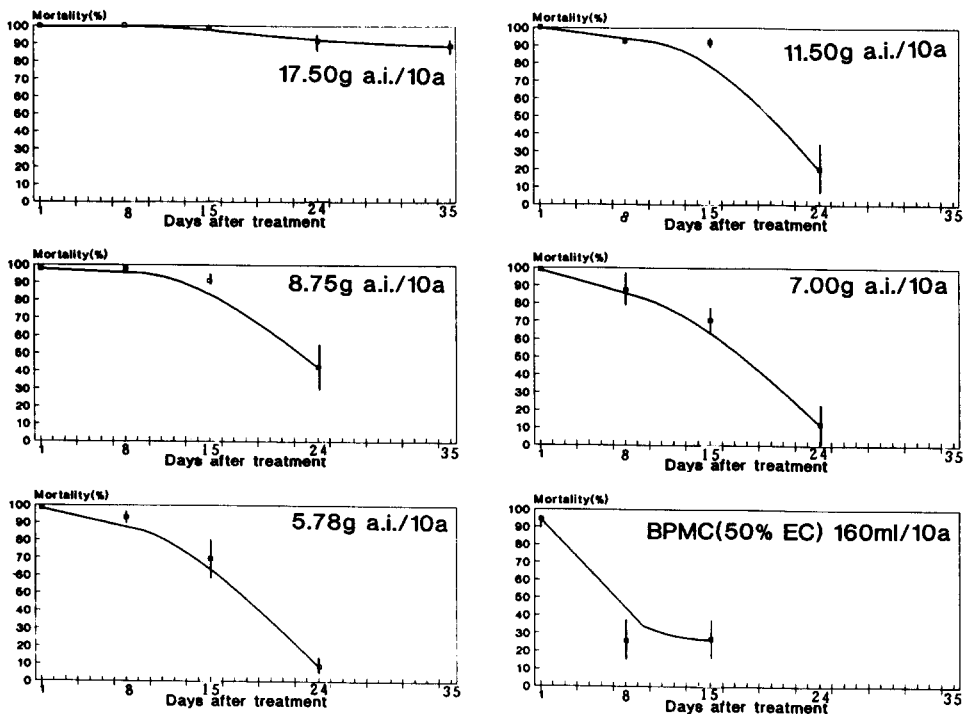


Fig. 1. Residual effects of Buprofezin(25% WP) on the 2nd instar larva of *Nilaparvata lugens* at different rates of application.

Table 1. Regression of residual effects of Buprofezin(25% WP) with the different rates of application on the 2nd instar larvae of *Nilaparvata lugens*

Rate of application	Model ^a			RLT ₉₀ (days)	RLT ₅₀ (days)
	Mp(t) = a Exp[-b(t-1) ^c]		R ²		
	b ± S.E.	c ± S.E.			
17.50	0.0002980 ± 0.00049919	1.721 ± 0.4909	0.58	31.3	91.5
11.50	0.0000065 ± 0.00001600	3.886 ± 0.7080	0.86	13.1	20.6
8.75	0.0000206 ± 0.00005351	3.382 ± 0.6654	0.79	13.5	22.8
7.00	0.0003377 ± 0.00050920	2.766 ± 0.5359	0.83	9.0	16.8
5.78	0.0000191 ± 0.00003409	3.714 ± 0.5630	0.90	11.2	17.9

RLT₉₀ and RLT₅₀ mean the residual lethal times that show mortality 90%, and 50%, respectively.

^a Cheng et al.(1990)'s equation;

Mp(t) = percentage mortality due to pesticide on day t after treatment. a = Maximum mortality occurring within 24 hours after treatment, that is assumed to be 100% at given rate of application. b and c = Estimated parameters.

그림 1의 buprofezin 처리 15일후의 살충률을 이용하여 Probit분석을 한 결과 약처리 15일후까지 95%, 50% 이상의 살충효과를 유지하게 한 buprofezin 처리약량은 각각 13.00 ± 1.905($\bar{x} \pm S.E.$)g a.i./10a, 4.44 ± 0.737($\bar{x} \pm S.E.$)g a.i./10a으로 추정되었다. 그러나 벼멸구의 buprofezin에 대한 감수성은 총태가 진행될 수록 현저히 감소하는데(Asai 등 1983), 1령유충에 대한 추정치는 더 낮아질 것으로 생각되어 1령 유충에 대한 buprofezin의 약효지속효과를 조사하였다.

그림 2는 7.0 g a.i./10a의 약량으로 buprofezin을 처리하고 약처리 2일후부터 5일 간격으로 갓부화한 벼멸구 1령유충 접종하여 살충효과 변동상황을 나타낸 것이다. 약처리 17일후까지 100%의 살충력을 유지했으며 약처리후 경과일수에 따른 살충률을 Cheng 등 (1990)의 모형에 적합시켰을 때 $Mp(t) = 100 \text{Exp}[-0.0014(t-1)^{1.80}]$ 이었고 이 식에 의해 추정된 RLT₅₀는 32.5일로 같은 약량의 2령에 대한 RLT₅₀값보다 15일 정도 길었다.

벼멸구 유충에 대한 buprofezin의 생물학적 영향

그림 3은 풋트에서 벼멸구 3, 4, 5령 유충을 접종하고 buprofezin을 처리한후, 1일 간격으로 조사하여 그의 누적살충률을 나타낸 것이다.

3, 4, 5령유충 모두 치사율이 약처리 3일후

까지 급격하게 증가하다가 이후 완만해졌으며 약처리 5일후에 3, 4령충은 100% 치사되었으나, 5령유충은 성충으로 우화한 것이 있어 치사율이 완만하게 증가하여 약처리 7일후에 약 90%를 나타내었다.

표 2는 buprofezin(7.0 g a.i./10a)처리를 받은 5령충 증 성충으로 우화한 단시형 암컷의 수명과 산란수를 나타낸 것이다. 암컷의 수명이나 산란수는 무처리구의 성충에 비하면 현저하게 낮았다. 특히 5령기에 buprofezin 처리를 받고 우화한 암컷이 우화후 buprofezin이

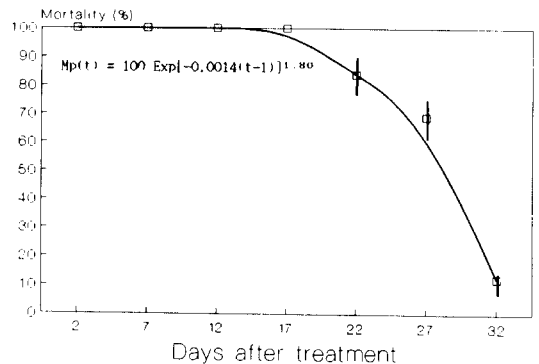


Fig. 2. Residual effects of Buprofezin(25% WP ; 7.0 g a.i./10a) on the 1st instar larva of *Nilaparvata lugens*. The equation was calculated by the method of Cheng et al.(1990).

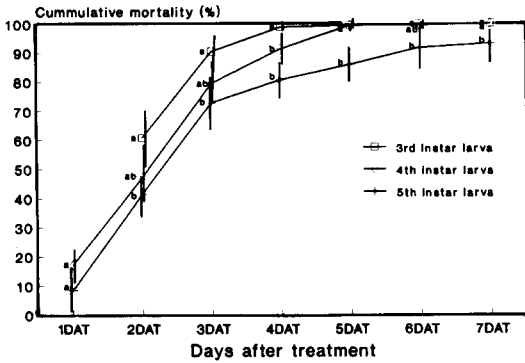


Fig. 3. Effects of buprofezin(25% WP ; 7.0 g a.i./10a) on the 3rd, 4th and 5th instar larvae of *Nilaparvata lugens*/ In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different(p)0.05 ; Tukey[SAS Institute 1988]].

처리되지 않은 벼를 흡즙하였을 때에도 수명과 산란수가 현저하게 줄어드는 것으로 보아 5령기에 이미 그의 성적 성숙에 필요한 일련의 대사과정이 교란되었을 것으로 생각된다.

그리고 buprofezin이 처리된 벼를 흡즙하였을 때와 처리되지 않은 벼를 흡즙하였을 때 양자간의 수명에는 큰 차이가 없었으나 개체당 산란수는 후자의 경우 11.7개였으며 전자의 경우에는 거의 산란을 하지 못하였다. 이것은 우화후 계속해서 buprofezin이 처리된 분얼경을 먹이로 공급했을 경우 누적적인 성적 성숙억제 작용을 하였기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 그림 3과 표 2의 결과로부터 buprofezin 7.0 g a.i./10a의 약량을 처리할 경

Table 2. Longevity and fecundity of the female emerged from the 5th instar larvae of *Nilaparvata lugens* treated with buprofezin(25% WP ; 7.0 g a.i./10a)

Treatment		Longevity of female (days)		Fecundity (No. of eggs/female)	
Insect	Host plant	n	$\bar{x} \pm S.E.$	n	$\bar{x} \pm S.E.$
Adults from treated 5th larvae	Treated plant ^a	20	4.0 ± 0.4b	10	0.2 ± 0.2b
	Untreated plant ^b	20	4.4 ± 0.7b	10	11.7 ± 7.0b
Adults from untreated 5th larvae	Untreated plant ^c	20	8.9 ± 1.4a	10	164.3 ± 48.0a

^a Buprofezin-treated rice plants were provided as a food when the adult had been emerged from the buprofezin-treated 5th larvae of *N. lugens*.
^b Buprofezin-untreated rice plants were provided as a food when the adult had been emerged from the buprofezin-treated 5th larvae of *N. lugens*.
^c Buprofezin-untreated rice plants were provided as a food when the adult had been emerged from the buprofezin-untreated 5th larvae of *N. lugens*.

In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different(P)0.05 ; Tukey [SAS Institute 1988]].

우 약처리당시의 벼멸구 유충은 차세대 밀도증식에 전혀 기여할 수 없음을 알 수 있다.

Thiadiazin계 살충제인 buprofezin은 기존의 유기인계나 카바메이트계와 같은 신경독제와는 달리 곤충의 탈피기작을 저해함으로써 살충작용을 발휘하는 살충기구상의 특성으로 인해 벼

멸구 유충에 대해서는 고도의 활성을 보이는 반면 알이나 성충에 대한 살충효과는 거의 없다. 그리고 buprofezin은 벼멸구 암컷의 산란자극 hormone인 prostaglandin이 그의 전구물질인 arachidonic acid로부터 생합성되는 것을 저해하여 산란수를 감소시키는 것으로 알려져 있

으나(Uchida 등 1987) 우화후 경과시간이 오래된 성충에 처리했을 경우에는 그의 산란수 감소효과도 작아진다(Shibuya 1984, Asai 1983, 1985). 따라서 이 약제의 벼멸구 밀도억제효과는 유충에 대한 약효지속효과와 처리당시의 연령구성에 따라 달라질 것으로 생각되며, 난으로부터 부화되어 나오는 1령 유충이 주용 적용 대상이 될 것이다.

본 실험에서 공시된 buprofezin의 처리약량 7.0 g a.i./10a는 국내에서 사용중인 수화제 형태의 buprofezin + 카바메이트계(BPMC, isoprocarb)의 관행처리약량에서 buprofezin만의 처리약량과 같은 농도인데(농약공업협회 1992), 이 처리약량의 1령유충에 대한 약효지속효과가 약처리 17일후까지 100%로 유지되었다는 사실(그림 2)은 벼멸구의 난기간을 17일 이내로 보았을 때(박과 현 1983, 배 등 1987) 처리당시의 난도 부화즉시 buprofezin의 약효지속효과내로 노출됨을 의미하므로 buprofezin 7.0 g a.i./10a 처리로도 처리당시의 벼멸구 연령구성의 여하에 따라 벼멸구 밀도억제가 가능함을 시사하고 있다.

실제로 우리나라에서 벼멸구 비래는 비교적 단시간내에 이루어져 벼멸구 발생초기에는 개체군 연령구성에 있어서 유충의 점유율이 높다(김 1985). 따라서 유충에 대한 선택성이 높고 약효지속기간이 긴 약제특성을 가진 buprofezin은 벼멸구 방제의 관건이 되는 초기세대 밀도억제에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Abott, W.B. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 13 : 265~267.
- Asai, T., M. Fukada, S. Maekawa, K. Ikeda & H. Kanno. 1983. Studies on the mode of action of buprofezin. I. Nymphicidal and ovidal activities on the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal(Homoptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* 18(4) : 550~552.
- Asai, T., O. Kajihara, M. Fukada & S. Maekawa. 1985. Studies on the mode of action of buprofezin. II. Effects on reproduction of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal(Homoptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* 20(2) : 111~117.
- 배순도, 송유환, 박영도. 1987. 온도조건이 벼멸구의 발육 및 산란에 미치는 영향에 관한 연구. *한국식물보호학회지* 26(1) : 13~23.
- Cheng, J.A., G.A. Norton & J.H. Holt. 1990. A systems analysis approach to brown planthopper control on rice in Zhejiang province, China. II. Investigation of control strategies. *Journal of Applied Ecology* 27 : 100~112.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd Edition. Cambridge University Press. pp.333.
- Heinrichs, E.A., R.P. Basilio & S.C. Valencia. 1984. Buprofezin, a selective insecticide for the management of rice planthoppers(Homoptera: Delphacidae) and leafhoppers(Homoptera: Cicadellidae). *Environ. Entomol.* 13 : 515~521.
- 김경성. 1985. Isoprothiolane(Fuji-one)과 Buprofezin(Aplaud)의 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stal)개체군 밀도억제효과에 관한 연구. 44pp. 서울대학교 농생물학과 석사학위논문.
- Kiritani, K. 1979. Pest management in rice. *Ann. Rev. Entomol.* 24 : 279~312.
- Kisimoto, R. 1977. Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. pp.27~41. *In the rice brown planthopper*. FFTC(ASPAC). Taipei, Taiwan.
- Kuno, E. 1968. Studies on the population dynamics of rice leafhopper in a paddy field. *Bull. Kyushu. Agric. Exp. Stn.* 14(2) : 131~246(In Japanese).
- Kuno, E. & N. Hokyo. 1970. Comparative analysis of the population dynamics of rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler and *Nilaparvata lugens* Stal, with special reference to natural regulation of their numbers. *Res. Popul. Ecol.* 12 : 154~184.
- 이준호, 현재선. 1984. 벼멸구 생육에 미치는 벼의 생육단계의 영향. *한국식물보호학회지* 23(1) : 49~55.
- Mochida, O., J.A. Litsinger, E.A. Heinrichs, P.S. Beever, G.S. Arida, R.B. Basilio, S.L. Valencia, L. T. Fabella, J.M. Bundang, P. Pantera, B. Canapi & S.B. de Sagum. 1983. Insecticides evaluation for 1982. IIRI
- 村山 富男. 1983. ウソカに對するアプロード劑の現場における評價. 農藥. 31卷 5號.
- 농약공업협회. 1991. 농약사용지침서. p.560.
- 박창규, 현재선. 1983. 온도와 습도가 벼멸구 생육에 미치는 영향에 관한 연구. *한국식물보호학회지* 22(4) : 262~270.
- Shibuya, M. 1984. Applaud, a new selective insecti-

- cide. Japan Plant Prot. 44 : 17~21.
- Uchida, M., Y. Izawa & T. Sugimoto. 1987. Inhibition of prostaglandin biosynthesis and oviposition by an insect growth regulator, Buprofezin, in *N. lugens* Stal. Pest. Biochem. Physiol. 27 : 71~75. (1992년 9월 28일 접수)