

## 본논초기 해충군과 비래성 멸구류의 밀도억제를 위한 살충제의 체계적 처리에 관한 연구

### A Systematic Application of Insecticides to Manage Early Season Insect Pests and Migratory Planthoppers on Rice

배운환 · 이준호 · 현재선

Yun Hwan Bae, Joon-Ho Lee and Jae Sun Hyun

**ABSTRACT** This study was conducted to establish a rice insect pest control system, i.e. systematic application of insecticides using carbofuran and buprofezin, in Korea. The effects of various dates of application and rates of buprofezin (25% WP) after carbofuran (3G) soil incorporation in late May on the population densities of the brown planthopper (BPH) immigrating in July were investigated. Appropriate application time of buprofezin for the BPH that had evaded insecticidal effect of soil incorporated carbofuran was late July~early August. Application rate of buprofezin at 7.0g a.i./10a was enough to suppress the BPH density. Buprofezin treatment after carbofuran soil incorporation could also suppress the white backed planthopper population but did not affect the densities of the paddy rice spiders. Considering the characteristics of occurring patterns of the rice insect pests in Korea, buprofezin treatment in late July or early August after carbofuran soil incorporation in late May can be a useful application system of insecticides in controlling early season insect pests and migratory planthoppers on rice.

**KEY WORDS** Brown planthopper, insecticide, buprofezin, carbofuran, application system

**초 록** 우리나라의 본논초기 해충군과 비래성 멸구류를 통합관리할 수 있는 살충제의 체계적 처리법을 확립하기 위하여 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리후에 벼멸구 비래시기와 buprofezin 처리시기 및 처리약량을 달리하였을 때의 벼멸구 밀도억제효과를 조사하였다. 이앙직전 carbofuran(3G) 토양혼화처리의 효과로부터 벗어난 7월중 비래 벼멸구에 대한 buprofezin(25% WP)의 적정처리시기는 7월말~8월초이었다. 이때 buprofezin의 처리약량은 관행처리량보다 훨씬 낮은 수준인 7.0g a.i./10a으로도 벼멸구의 증식밀도를 효과적으로 억제할 수 있었다. 이와 같은 carbofuran 토양혼화처리와 buprofezin처리는 흰등멸구에 대해서도 탁월한 방제효과를 나타내었으며 멸구류 천적인 거미밀도에 대해서는 영향을 미치지 않았다. 따라서 우리나라의 수도해충 발생특성을 고려할 때 carbofuran과 buprofezin을 이용한 살충제 체계적 처리 즉, 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리후 7월말-8월초 buprofezin처리는 본논초기 발생해충들 및 비래성 멸구류를 효과적으로 방제할 수 있는 방제체계로 생각된다.

**검색어** 벼멸구, 살충제, 카보후란, 브프로웨진, 방제체계

우리나라의 벼해충발생상은 벼 생육초기에는 비교적 다양한 해충들이 발생하여 피해를 주고 있고 중기 이후에는 주로 비래성 해충이 발생한다. 그중에서도 벼멸구는 현재 우리나라 미곡생산에 있어서 가장 중요한 해충으로 6월~7월 사이에 저기압을

타고 해외로부터 비래하는데(엄 등 1991), 비래정착 후에는 초기세대의 증식률이 그후 증식률보다 훨씬 높아 비래정착밀도와 정착후 밀도증식을 감소시키는 일이 방제의 관건이 된다(Kuno 1968, Kiritani 1979, 이와 현 1984). 그러나 벼해충들의 벼포장내 침입

서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과(Division of Entomology, Department of Agricultural Biology, Seoul National University, Suwon. 441-744)

시기는 일정하지 않고 특히 소형해충인 경우에는 초기발생상황을 포장내에서 파악하기가 매우 어려울 뿐만 아니라 각 해충에 대한 개별적 대응은 필요 이상의 살충제 적용을 유도할 가능성이 있다. 실제로 우리나라 남서부 지방에서와 같이 비래성 멸구류를 비롯한 벼해충 다발생지역에서의 농가관행 살충제 살포횟수는 연 6~7회에 달하고 있다(농촌진흥청 1991).

본 연구에서는 종합적 해충관리전략의 한 축이 되고 있는 화학적 방제의 효율성 증대라는 차원에서 지금까지 연구결과로 밝혀진 우리나라의 논생태계내 벼해충들의 발생특성 및 벼해충 관리를 위해 사용되고 있는 살충제들의 특성을 바탕으로 하여 화학적 방제의 부작용을 최소화하고 그의 경제적 효용성을 극대화하기 위한 방제전략을 수립하고 그 전략의 실현성 여부를 검토하였다.

우리나라 벼해충발생상의 특성을 토대로 하여 '벼해충다발생 지역'의 방제전략은 다음과 같이 설정할 수 있다.

(1) 5월부터 6월 중순까지의 벼생육초기에는 역리해충이 동시다발적으로 발생하므로 약효지속기간이 길고 적용범위가 넓은 살충제를 이앙초기에 살포하여 초기발생해충 전체에 대한 방제를 도모하는 동시에 초기비래 멸구류의 정착밀도와 초기증식력을 억제하여 6월중 비래충의 불확실성에 대비하고 (2) 이후 문제가 되는 벼멸구에 대해서는 보완적으로 대응한다.

국내에 등록되어 있는 50여종의 벼해충방제용 살충제 중 적용범위가 넓고 약효지속기간이 긴 약제는 침투성 살충제인 carbofuran으로, 특히 5월하순 이앙직전 흙과 뒤섞어주는 소위 '토양혼화처리'는 본논초기해충들에 대해서 타약제나 타처리방법들보다 월등히 우수한 방제효과를 나타낸다(Heinrichs 1979, 박 등 1981). 그리고 치아디아진계 살충제인 buprofezin은 곤충의 표피형성 과정을 교란시키는 생리활성물질로서 멸구류에 대해서 고도의 살충력과 선택성을 가지고 있는 동시에 약효지속기간이 길어(Asai 1983, 1985; Shibuya 1984) 주로 비래성 멸구류가 문제되는 본답중기 이후의 단순화된 수도해충군 관리에 효과적으로 이용될 수 있다(배와 현 1989, 배 등 1992b, c).

따라서 carbofuran과 buprofezin의 특성을 고려할

때, 위에서 제시한 방제전략을 수행할 수 있는 전술로서 다음과 같은 살충제의 '체계적 처리'를 상정할 수 있다.

(1) 보험방제적 입장에서 이앙직전 carbofuran을 토양혼화처리하여 수도생육초기 발생해충을 방제하는 동시에 초기 비래 멸구류의 정착밀도와 그의 차세대 증식력을 억제한다. (2) Carbofuran 토양혼화처리의 영향을 벗어난 멸구류에 대해서는 초기의 낮은 밀도기에 밀도형성원 제거라는 측면에서 buprofezin을 처리하여 수확기까지 밀도를 피해수준 이하로 억제, 유지한다.

배 등(1992a)은 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리는 본논초기해충들 전반에 대해서 탁월한 방제효과가 있었을 뿐만 아니라 carbofuran 토양혼화처리의 벼멸구에 대한 약효지속기간을 정량적으로 평가하여 6월 이전의 벼멸구 발생상황의 불확실성을 제거해 줄 수 있음을 보고한 바 있다. 그리고 buprofezin의 처리약량에 따른 약효지속기간과 벼멸구 비래후 처리시기에 따른 밀도억제효과를 약처리 당시의 개체군 연령분포상과 관련하여 검토하여 buprofezin의 처리시기 여하에 따라 매우 낮은 처리약량으로도 벼멸구의 초기 개체군 밀도를 수확기까지 피해수준 이하로 억제시킬 수 있음을 보고하였다(배 등 1992b, c).

본 논문에서는 carbofuran 토양혼화처리후 7월중 비래시기가 다른 벼멸구에 대하여 buprofezin의 처리시기, 처리약량을 달리하였을 때의 밀도억제효과를 조사하여 carbofuran 토양혼화처리의 효과로부터 벗어난 본답중기 이후의 비래성 멸구류에 대한 buprofezin의 적정처리시기 및 처리약량을 구명하고 그때 천적인 거미류에 대한 영향을 검토하였으며, 본 연구의 결과와 배 등(1992a, b, c)이 이미 발표한 바 있는 연구결과들을 종합하여 위에서 제시한 살충제의 체계적처리의 벼해충관리효과를 고찰하였다.

**재료 및 방법**

**실험실**

벼멸구의 비래시기는 일정하지 않으나 주로 7월 중에 집중되어 있다. 따라서 carbofuran 토양혼화처리가 7월중 비래충의 차세대밀도와 그의 연령구성에 미치는 영향을 조사하고 연령구성에 따라 약효가

다른 buprofezin을 처리하였을 때 그것의 개체군밀도 억제효과를 조사하기 위하여 carbofuran 토양혼화처리후 벼멸구 접종시기와 buprofezin 처리시기를 달리하여 밀도변동상황을 조사하였다.

Carbofuran(3G) 120g a.i./10a를 포장에서의 재식 주수로 나누어 환산한 0.139g/주/꽃트를 이양직전 토양혼화처리하고 추청벼 30일묘를 3본1주로 5월 27일 꽃트(높이 21 cm, 직경 22 cm)에 이양하였다. 접종은 우화후 1~2일된 성충을 꽃트당 3쌍씩 하였으며 접종시기는 각각 다른 접종구에 carbofuran 처리 38일후(7월 4일), 49일후(7월 15일), 58일후(7월 24일)이었다. 벼멸구는 서울대학교 농생물학과 곤충사육실(27±3°C)에서 추청벼를 먹이로 누대사육중인 것을 이용하였으며, 장시형 출현률이 낮아 단시형 성충을 접종하였다. 그리고 접종충이나 그로부터 증식한 개체군이 꽃트에서 탈출하거나 거미, 개미 등이 출입하는 것을 방지하기 위하여 백색망사를 꽃트(높이 21 cm, 직경 22 cm)에 씌워 놓았다.

Buprofezin(25% WP) 처리는 carbofuran이 토양혼화처리된 각 접종구에서 각각 다른 처리구를 두고 carbofuran처리 40일후(7월 6일), 63일후(7월 29일), 75일후(8월 10일)에 하였으며 대조구로서 carbofuran 및 buprofezin이 처리되지 않은 무처리를 두었다. 따라서 처리수는 12개였으며 5반복으로 수행하였다. Buprofezin 처리약량은 25% 수화제 5,000배액 (7.0g a.i./10a)을 포장에서 기계이양시 10a당 재식주수로 나누어 4.86ml/주/꽃트로 하였으며, 환산된 약량은 hand sprayer를 이용하여 엽면살포하였다. 조사는 carbofuran 토양혼화처리 54일후(7월 22일)부터 7~8일간격으로 1~2령, 3~5령, 성충으로 나누어 육안실수조사하였다.

### 포장 실험

Carbofuran 토양혼화처리후 buprofezin 처리의 밀구류에 대한 방제효과를 검정하고 이들 살충제의 처리가 밀구류의 주요 천적인 거미류 밀도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1990, 1991년에 경기도 수원시 소재 서울대학교 농업생명과학대학 부설농장 벼포장에서 실험을 수행하였다. 이때 포장관리는 관행재배법으로 하되 공시살충제외의 살충제나 살균제, 제초제는 살포하지 않았다.

1990년 : 추청벼 45일묘를 3본/주씩 재식거리 27

×12 cm로 5월 19일에 기계이양하였고 carbofuran 토양혼화처리하는 이양 하루전 씨레질시 하였다.

벼멸구 접종은 구당 20지점의 접종주를 선정하여 우화후 4~5일 경과한 단시형 성충을 주당 3쌍씩 접종하였다. 접종일은 carbofuran 토양혼화처리 53일후인 7월 10일이었다.

약제처리내용은 carbofuran 토양혼화+접종 3일전 buprofezin처리, carbofuran토양혼화+접종 9일후 buprofezin처리, carbofuran 토양혼화+접종 17일후 buprofezin처리, carbofuran 토양혼화+접종 29일후 buprofezin처리, carbofuran토양혼화+접종 39일후 buprofezin처리, carbofuran 토양혼화, 관행방제, 무방제로 8개의 처리를 두었으며 관행방제구에서는 diazinon(6월20일)+BPMC(8월 12일, 9월 2일)로 도합 3회의 살충제 처리를 하였다.

처리약량은 carbofuran(3G), diazinon(3G)은 120.0 g a.i./10a, BPMC(50% EC)는 140 ml/10a로 관행처리 약량이었으며 buprofezin(25% WP)은 일본에서 권장하는 관행처리약량의 최저약량인 17.5g a.i./10a (일본농약 주식회사 1986)을 살포하였다.

벼멸구 밀도는 구당 20지점의 접종된 주를 조사하였으며, 흰등멸구 밀도 조사는 자연발생충을 대상으로 벼멸구가 접종되지 않았던 주중에서 구당 20주를 조사하였다. 시험구는 구당 면적 24 m<sup>2</sup>를 난피법 5반복으로 배치하였다. 조사시기별 처리간 밀도차이는 각 처리구내 20주당 밀도를 log(x+1)로 변환하여 Tukey 다중검정법으로 검정하였다(SAS Institute 1988).

1991년 : 추청벼 30일묘를 5월 24일 재식거리 27 ×12 cm로 기계이양 하였고 carbofuran 토양혼화처리하는 이양 하루전인 5월 23일에 하였다.

벼멸구 접종은 우화후 3일 경과한 단시형 성충을 구당 9지점의 주에 10쌍씩 접종하고 접종된 주는 막대기를 꽃아 밀도조사시 접종주를 확인할 수 있도록 하였다. 접종일은 carbofuran 토양혼화처리 47일후인 7월 9일이었다.

약제처리내용은 carbofuran 토양혼화+접종 28일후 buprofezin처리, carbofuran 토양혼화+접종 39일후 buprofezin처리(처리 B), carbofuran 토양혼화+접종 48일후 buprofezin처리, carbofuran 토양혼화, 접종 28일후 buprofezin처리, 6월 22일 carbofuran 수면시용+접종 35일후 BPMC처리 및 무처리로 7

개의 처리를 두었다.

처리약량은 buprofezin(25% WP)의 경우 국내에서 수화제형태로 사용되고 있는 buprofezin+carbamate계 혼합제의 관행처리약량에서 buprofezin만의 약량인 7.0g a.i./10a를 살포하였고 carbofuran(3G)과 BPMC(50% EC)는 1990년도 포장실험과 동일하게 관행처리약량으로 살포하였다.

조사는 벼멸구의 경우 집중주와 그 전후 1주씩, 집중지점당 3주×9지점/구로 구당 27주를 7~10일 간격으로 약충과 성충을 구분하여 육안실수조사하였고, 거미는 벼멸구 조사당시 조사구에 있는 거미류의 밀도를 종 구분 없이 육안조사하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복이었으며, 구당 면적은 30m<sup>2</sup>였다. 조사시기별 처리간 밀도차이는 각 처리구내 27주당 밀도를 log(x+1)로 변환하여 Tukey 다중검정법으로 검정하였다(SAS Institute 1988).

결과 및 고찰

꽃트 실험

5월 하순 carbofuran 토양혼화처리는 벼 생육초기 발생해충 전반에 대하여 탁월한 방제효과가 있었고 6월말까지의 비래충 밀도증식을 억제할 수 있었으나 7월중 비래충에 대해서는 그의 효과가 불확실했다(배 등 1992a). 특히 7월 중순이후 비래충에 대해서는 밀도억제효과를 기대할 수 없을 것으로 생각되고 우리나라에서는 7월 중하순에 벼멸구의 비래횟수나 비래량이 최고치를 이루므로(엄 1991) 그에 대한 방제대책이 필요하다. 그림 1은 꽃트에서 5월 27일 carbofuran 토양혼화처리후 벼멸구의 7월중 비래를 가정하여 집중시기를 달리하고 각 집중층에 대해서 buprofezin 처리시기를 달리하였을 때의 밀도변동상황을 나타낸 것이다. 그리고 표 1은 buprofezin 처리당시의 개체군 연령구성이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 집중일이나 약처리일에 따라 그 효과는 상당한 차이가 있었다. 즉, 7월 4일 집중구에서는 7월 29일 처리구를 제외한 모든 시험구에서 고사현상이 일어났으며 7월 15일 집중구에서는 무처리구와 7월 6일 처리구에서 고사현상이 일어났고 7월 24일 집중구에서는 8월 10일 처리구를 제외한 모든 시험구에서 고사현상이 일어나 집중일을 기준으로 했을 때 집중후 14~26일 사이의 처리에서

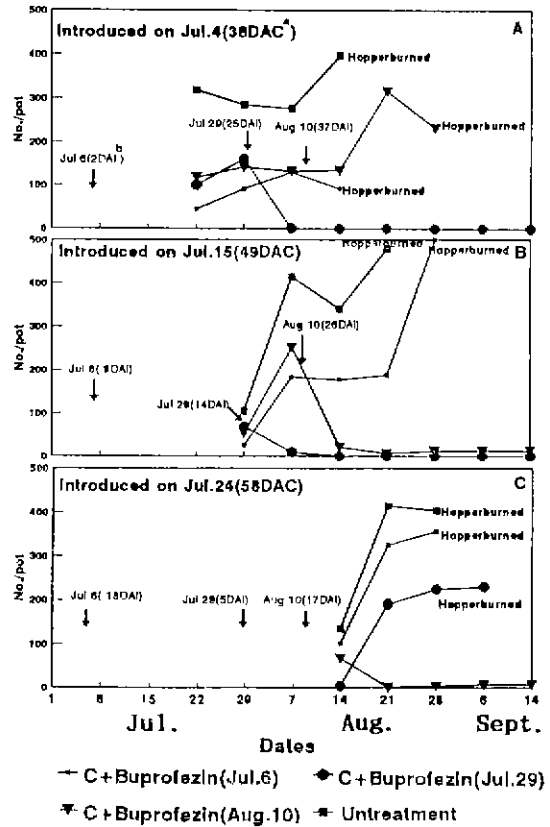


Fig. 1. Changes in the total densities of *N. lugens* on the potted rice plant where buprofezin (25% WP; 7.0g a.i./10a) was applied on different dates after carbofuran was soil incorporated just before transplanting. Carbofuran was soil-incorporated on May 27, 1991. Inoculation of *N. lugens* was made on July 4, 15, and 24, respectively. <sup>a</sup>DAC stands for days after carbofuran was soil incorporated. <sup>b</sup>DAI stands for days after the BPH was inoculated. Arrows indicate the date of buprofezin treatment.

밀도억제 효과가 높았다. 각 집중구에서 buprofezin 처리당시의 벼멸구 개체군의 연령구성상황을 보았을 때(표 1) 벼멸구의 밀도억제효과가 높았던 처리구에서는 처리당시의 유충비율이 현저하게 높았고, 고사현상이 일어났던 처리구에서는 성충비율이 현저하게 높았다. 이로부터 buprofezin(7.0g a.i./10a)의 처리적기 폭은 제 1세대 성충 출현 직전부터 그 전시기로 약 13일 정도로 추산되는데 이것은 buprofezin 7.0g a.i./10a 단독처리에서 처리시기에 따른 밀도억제효과(배 등 1992c)와 유사한 결과로 carbofuran 토양혼

**Table 1. Age structures of the *N. lugens* population<sup>a</sup> at the time of buprofezin (25% WP) treatment on rice plants grown in the carbofuran soil incorporated pot, 1991**

Date of <i>N. lugens</i> inoculation	Date of buprofezin treatment	Percentage(%) of developmental stage ( $\bar{x} \pm S.E.$ )			
		1st-2nd	3rd-5th	Total larvae	Adult
38DAC <sup>b</sup> (Jul.4)	2 DAI(Jul.6)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	100.0±0.0
	25 DAI (Jul.29)	29.3±3.3	70.1±3.6	99.4±0.3	0.6±0.3
	37 DAI (Aug.10)	0.8±0.5	18.2±4.6	19.0±4.9	81.0±4.9
49DAC (Jul.15)	-9 DAI (Jul.6)	- <sup>d</sup>	-	-	-
	14 DAI (Jul.29)	97.6±1.8	1.1±0.9	98.7±0.9	1.3±0.9
	28 DAI (Aug.10)	16.4±4.4	79.4±3.4	95.8±1.2	4.2±1.2
58DAC (Jul.24)	-18 DAI (Jul.6)	-	-	-	-
	5 DAI (Jul.29)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	100.0±0.0
	17 DAI (Aug.10)	83.6±5.5	7.0±5.4	90.6±5.2	9.4±5.2

Carbofuran soil incorporation was made on May 27. <sup>a</sup>Eggs oviposited by the introduced adults were not included; <sup>b</sup>DAC stands for days after carbofuran was soil incorporated; <sup>c</sup>DAI stands for days after the *N. lugens* was inoculated; <sup>d</sup>*N. lugens* was not yet inoculated by this date.

화처리기가 7월중 비래층에 대하여 밀도억제효과를 보인 경우에도 buprofezin 처리당시의 연령분포에는 큰 영향을 미치지 않아 유충에 대하여 고도의 선택성을 가진 buprofezin 처리효과가 단독처리의 경우와 유사하게 작용했기 때문으로 생각된다. 한편 예비실험결과 carbofuran 토양혼화처리후 7월중 비래층에 대한 초기세대 밀도억제를 위해 buprofezin(25% WP) 17.5g a.i./10a 이상의 약량처리를 하였을 경우에는 약처리후 밀도가 비래시거나 약처리시기와 무관하게 극히 낮은 수준으로 억제되었는데 이와 같은 현상은 고약량일수록 약효지속기간이 길어져(배 등 1992b) 약처리당시의 알로부터 부화되는 유충뿐만 아니라 약처리 이후 생존성충에 의해 산란된 알로부터 부화하는 유충까지도 지속적으로 치사시킬 수 있었기 때문인 것으로 보인다. 따라서 buprofezin의 밀도억제효과는 농도의존적이라고 볼 수 있으며 농도가 높으면 약제처리시기가 크게 문제되지 않으나 처리농도가 낮아지면 처리시기와 처리당시의 연령구성과 밀접한 관계가 있는 비래시기에는 깊은 관련이 있음을 알 수 있다.

#### 포장실험

1990년 : 표 2는 1990년 이앙직전인 5월 18일에 carbofuran(3G)을 토양혼화처리를 하고 carbofuran 토양혼화처리 53일후인 7월 10일 벼멸구를 접종한 후 buprofezin(17.5g a.i./10a) 처리시기를 달리하였을

때 각 처리별 밀도변동상황을 나타낸 것이다. 관행 방제구에서 diazinon 처리시기는 벼멸구 접종 20일 전이었으므로 벼멸구밀도에 영향을 미친 약제처리는 접종 33일, 53일후 BPMC 처리였을 것이다. 전체적으로 모든 약제처리구에서 수량에 큰 영향을 미칠 만큼 밀도가 형성되지는 않았으나, 접종후에 buprofezin이 처리되었던 구(B, C, D, E)에서는 약처리 후의 밀도가 타처리들에 비해 낮게 유지되는 경향이었는데 이것은 buprofezin 처리당시의 연령구성이 접종전 처리구에서 보다 접종후 처리구에서 유리했기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 buprofezin이 처리되었던 모든 처리구(A, B, C, D, E)의 최종밀도(접종 74일후)는 BPMC 2회 처리(G)보다 현저하게 낮아 buprofezin 처리약량 17.5 g a.i./10a은 처리시기와 무관하게 밀도억제효과가 우수함을 알 수 있다. 배 등(1992b)은 buprofezin 17.5g a.i./10a처리는 벼멸구 1령 유충에 대해서 약처리 35일후까지 90% 이상의 살충력을 유지한다고 하였다. 한편 carbofuran 토양혼화만 들어간 처리구(F)에서도 관행방제보다 낮은 밀도를 유지하는 경향이어서 토양혼화 53일후에 접종된 벼멸구에 대하여 carbofuran 토양혼화처리의 밀도억제효과가 있었음을 알 수 있다.

벼멸구와 마찬가지로 흰등멸구도 해외로부터 비래하여오는 해충으로서 벼멸구보다는 비래시기가 약간 빠른 경향이이며 포장에서의 개체군밀도 변동양상도 벼멸구와는 다른 것으로 알려져 있다(엄 1991).

Table 2. Changes in the total densities (No./20hills;  $\bar{x} \pm S.E.$ ) of *N. lugens* where buprofezin (25% WP) was applied on different dates after carbofuran was soil incorporated in a rice field, Suwon, 1990

Treatment	Data							
	15DAI*	23DAI	31DAI	38DAI	50DAI	64DAI	74DAI	
A	25.2 ± 4.26b	33.0 ± 8.30a	26.0 ± 4.39ab	22.8 ± 4.72abc	131.0 ± 33.78a	51.0 ± 26.18bcd	24.4 ± 15.02bc	
B	8.0 ± 3.67c	2.6 ± 1.08b	3.8 ± 1.66cd	1.4 ± 0.61d	6.8 ± 2.49b	15.6 ± 6.25cd	8.0 ± 1.13bc	
C	84.6 ± 15.07ab	0.6 ± 0.22b	0.8 ± 0.33d	1.0 ± 0.40d	2.4 ± 0.73b	3.8 ± 0.87d	2.4 ± 0.67c	
D	60.4 ± 16.03ab	54.6 ± 7.55a	12.4 ± 3.01bc	4.4 ± 0.96cd	14.4 ± 4.85b	11.6 ± 2.66cd	3.6 ± 0.54bc	
E	62.6 ± 7.67ab	50.8 ± 9.04a	36.8 ± 8.30ab	46.4 ± 15.24ab	6.8 ± 2.81b	5.2 ± 1.40d	6.0 ± 2.38bc	
F	44.4 ± 7.23ab	56.2 ± 11.82a	27.2 ± 2.90ab	18.0 ± 2.24bcd	199.4 ± 62.10a	91.2 ± 52.25bc	58.6 ± 27.86b	
G	69.2 ± 6.06ab	72.6 ± 9.28a	65.0 ± 26.95a	20.6 ± 14.46abc	290.2 ± 163.05a	312.9 ± 176.14ab	329.4 ± 164.82a	
H	109.0 ± 26.89a	91.4 ± 24.59a	47.6 ± 7.19a	58.4 ± 12.32a	555.4 ± 163.83a	436.8 ± 97.97a	492.6 ± 149.96a	

A: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18)+Buprofezin(Jul. 7. -3DAI), B: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Jul 19, 9DAI);  
 C: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Jul. 27, 17DAI); D: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Aug. 8, 29DAI);  
 E: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Aug. 18, 39DAI), F: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18);  
 G: Conventional treatment, Diazinon 3G(Jun. 20; -20DAI) + BPMC 50% EC(Aug 12, 33DAI; Sept. 1, 53DAI), H: Untreated  
*N. lugens* inoculation was made on Jul. 10; 53 days after carbofuran was soil incorporated.  
 \*DAI stands for days after *N. lugens* was inoculated

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

**Table 3. Changes in the densities (No./20hills;  $\bar{x} \pm S.E.$ ) of *Sogatella furcifera* where buprofezin (25% WP) was applied on different dates after carbofuran was soil incorporated in a rice field, Suwon, 1990**

Treatment	Date			
	Jul. 16	Jul. 25	Aug. 11	Aug. 20
A	0.8±0.22a	0.5±0.25a	21.6±3.42ab	9.0±4.98bc
B	1.5±0.56a	0.5±0.25a	2.0±0.85c	7.2±2.16bc
C	0.8±0.41a	8.3±3.11a	0.4±0.36c	0.6±0.22c
D	2.0±0.35a	5.8±1.67a	5.8±1.71bc	0.8±0.33c
E	0.5±0.25a	7.3±2.56a	35.2±7.78a	5.8±1.45bc
F	0.8±0.41a	6.5±3.21a	21.6±4.64ab	29.8±16.59ab
G	5.8±2.07a	5.0±1.06a	44.6±12.50a	15.4±8.28bc
H	4.3±2.58a	8.0±1.27a	34.8±2.81a	102.2±28.74a

A: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Jul. 7); B: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Jul. 19); C: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Jul. 27); D: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Aug. 8); E: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18) + Buprofezin(Aug. 18). F: Carbofuran(Soil Incorporation, May 18); G: Conventional treatment - Diazinon 3G(Jun. 20) + BPMC 50% EC(Aug. 12, Sept. 1); H: Untreated

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

한편 carbofuran 토양혼화처리는 벼멸구와 마찬가지로 해외로부터 비래하는 7월초순 이전의 흰등멸구비래충에 대해서도 밀도억제효과를 보이고(우 등 1981) buprofezin은 벼멸구를 포함한 모든 수도가해멸구, 매미충류에 대해서 고효성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Konno 1990, Shibuya 1984). 표 3에서 볼 수 있듯이 자연발생밀도가 매우 낮았지만 carbofuran 토양혼화처리후 buprofezin처리가 들어간 모든 구에서 흰등멸구 밀도가 타처리에 비해 현저하게 낮은 수준을 나타내고 있었고, carbofuran 토양혼화 단독처리구의 밀도도 무처리구보다 낮아 벼멸구를 겨냥한 이들 두 약제처리는 흰등멸구에 대해서도 탁월한 밀도억제효과가 있었음을 알 수 있다.

**1991년** : 표 4는 1991년 수도포장에서 carbofuran 토양혼화처리 47일후인 7월 9일에 벼멸구를 접종하고 buprofezin(7.0g ai./10a)의 처리시기를 달리 하였을 때, 각 처리별 밀도 변동상황을 나타낸 것이다. Carbofuran 토양혼화처리를 하고 접종 28~48일후에 buprofezin이 처리되었던 구(A, B, C) 뿐만 아니라 buprofezin 단일처리구(E)에서도 약처리후 밀도가 현저하게 떨어져 접종 59일 이후의 밀도가 주당 1마리 이하로 carbofuran 수면시용+BPMC 처리구(F)와 대등 내지 우수한 밀도억제효과를 나타내었다.

그리고 이러한 buprofezin 처리효과는 포트에서 carbofuran 토양혼화처리후 같은 약량의 buprofezin 처리효과가 벼멸구 접종후 14~26일 사이의 처리시기에서 밀도억제효과가 좋았던 것(그림 1)과는 대조적이다. 즉 포트실험 결과와는 달리 포장에서 buprofezin처리는 8월 중,하순 약처리당시 접종후 1세대 성충이 출현하여 있었을 때에도 약처리후 밀도가 감소하여 최종밀도가 주당 0.2마리 이하의 극히 낮은 수준으로 떨어졌는데, 이것은 포트에서보다 buprofezin의 약효지속효과가 작아질 것을 감안한다 하더라도, 접종충으로부터 나온 차세대 개체군밀도가 carbofuran 토양혼화처리에 의해 억제되어 있었고, 포장에서는 성충수명이 짧아 buprofezin 처리효과가 충분히 발휘되었기 때문으로 생각된다. 또한 출수기 이후 나빠진 기주영양상태도 벼멸구 밀도증식의 억제요인으로 작용했을 것으로 생각된다. 한편 buprofezin처리가 빠진 carbofuran 토양혼화처리구(D)는 무처리보다 낮은 밀도수준을 유지하고 있어 이것의 밀도억제효과가 인정되었으나, 타처리구들보다는 현저하게 높은 밀도로 유지되고 있어 7월중 비래충에 대해서는 이것의 밀도억제효과가 한계가 있음을 시사한다.

논거리류는 포장에서의 낮은 밀도에도 불구하고

Table 4. Changes in the densities (No./27 hills;  $\pm$  S.E.) of *N. lugens* where buprofezin (25% WP) was applied on different dates after carbofuran was soil incorporated in a rice field, Suwon, 1991

Treatment	Data							
	25DAI*	34DAI	42DAI	49DAI	59DAI	69DAI	81DAI	
A	99.7 $\pm$ 33.59a	4.3 $\pm$ 1.96b	0.3 $\pm$ 0.27d	0.3 $\pm$ 0.27d	3.3 $\pm$ 1.44d	5.0 $\pm$ 2.05bc	4.0 $\pm$ 2.16b	
B	65.7 $\pm$ 15.15a	137.0 $\pm$ 22.54a	58.0 $\pm$ 11.90bc	3.7 $\pm$ 0.72cd	1.3 $\pm$ 0.27d	1.3 $\pm$ 1.09c	2.3 $\pm$ 1.91b	
C	41.3 $\pm$ 3.03a	125.7 $\pm$ 18.86a	163.3 $\pm$ 22.83ab	105.0 $\pm$ 27.35ab	207 $\pm$ 14.02cd	10.3 $\pm$ 3.21bc	5.3 $\pm$ 3.57b	
D	118.7 $\pm$ 17.45a	194.7 $\pm$ 39.37a	270.7 $\pm$ 32.73a	236.0 $\pm$ 80.51a	726.3 $\pm$ 206.00ab	685.7 $\pm$ 200.19a	590.3 $\pm$ 255.18a	
E	153.7 $\pm$ 59.10a	5.3 $\pm$ 2.33b	1.3 $\pm$ 0.72d	2.0 $\pm$ 0.47cd	4.0 $\pm$ 0.82cd	4.7 $\pm$ 0.98bc	5.3 $\pm$ 1.19b	
F	36.3 $\pm$ 11.49a	213.7 $\pm$ 97.30a	15.0 $\pm$ 5.56c	21.7 $\pm$ 8.70bc	141.0 $\pm$ 70.60bc	60.0 $\pm$ 28.00b	31.0 $\pm$ 12.81b	
G	172.3 $\pm$ 47.13a	455.7 $\pm$ 218.43a	498.7 $\pm$ 166.93a	783.7 $\pm$ 484.39a	2512.3 $\pm$ 1413.60a	1597.0 $\pm$ 631.16a	1008.7 $\pm$ 267.93a	

A: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 6, 28DAI);

B: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 17, 39DAI);

C: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 26, 48DAI); D: Carbofuran(Soil incorporation, May 23);

E: Buprofezin(Aug. 6, 28DAI), F: Carbofuran(Broadcasting, Jun. 22, -17DAI) + BPMC 50% EC(Aug. 13, 35DAI);

G: Untreated

*N. lugens* inoculation was made on Jul. 9; 47 days after carbofuran was soil incorporated

\*DAI stands for days after *N. lugens* was inoculated

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



Table 5. Changes in the densities (No./27 hills;  $\bar{x} \pm S.E.$ ) of spiders in a rice field, Suwon, 1991

Treatment	Date				
	Jul. 3	Aug. 3	Aug. 12	Aug. 20	Aug. 27
A	7.3±1.36a	43.3±3.78a	28.3±5.97a	22.7±1.91b	17.0±0.94c
B	4.0±1.25a	40.0±2.05a	36.3±1.19a	40.7±4.25a	21.0±0.82abc
C	11.7±1.44a	35.0±1.25a	30.7±2.33a	41.3±1.44a	34.3±5.50abc
D	7.3±2.23a	40.0±4.03a	27.0±2.36a	41.3±4.23a	40.3±6.22ab
E	7.0±0.82a	43.3±9.80a	20.7±3.14a	19.0±0.47b	17.3±5.58bc
F	7.3±1.36a	36.0±4.55a	32.0±2.62a	31.0±3.30a	20.7±2.84abc
G	9.0±0.82a	35.0±3.74a	33.7±2.42a	41.3±3.21a	44.0±4.03a

A: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 6); B: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 17); C: Carbofuran(Soil incorporation, May 23) + Buprofezin(Aug. 26); D: Carbofuran(Soil incorporation, May 23); E: Buprofezin(Aug. 6), F: Carbofuran(Broadcasting, Jun. 22) + BPMC(Aug. 13), G: Untreated  
In columns, values that are followed by the same letter are not significantly different ( $p > 0.05$ ; Tukey[SAS Institute 1988])

멸구, 메미충류에 대해서 가장 유용한 포식충으로 평가되고 있으며(Chiu 1979) 멸구, 메미충류에 비해 세대기간이 길기 때문에 살충제에 의해 타격을 받으면 밀도회복이 해충보다 늦어지므로 해충제격발의 한 원인이 된다. 따라서, 살충제의 목적해충에 대한 선택성은 종합적해충관리 차원에서 천적류 보호를 위해 매우 중요하며, 살충제의 선택성은 약종, 제형, 처리횟수, 처리방법에 따라 달라진다. 표 5는 벼멸구 밀도 조사당시 벼멸구 서식주에 같이 서식하고 있던 거미류 밀도를 나타낸 것인데 buprofezin은 목적해충에 대한 고도의 선택성을 가지고 있어(Heinrichs 1984, Shibuya 1984) 천적류에는 영향을 미치지 않으므로 거미밀도에 영향을 줄 수 있는 것은 carbofuran처리일 것이다. 최 등(1978)은 carbofuran 수도근부처리시 carbofuran에 의한 직접 치사작용이나 식물연쇄에 의한 독성으로 인해 거미류의 밀도가 감소하였다고 하였으나, 본 실험결과에서는 7~8월 중 거미밀도가 carbofuran처리 유무에 관계없이 처리간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 이동성이 큰 거미종의 처리기간 이동가능성은 배제할 수 없으나 carbofuran 토양혼화처리가 특별히 거미밀도를 저하시키지는 않는 것으로 생각된다.

한편 무처리구의 8월 하순 벼멸구밀도가 높아감에도 불구하고 거미밀도에 있어서는 타처리들과 차이가 없는 것(표 4와 5)으로부터 벼멸구 밀도억제를 위한 천적으로서 거미역할의 한계를 엿볼 수 있다.

그러나 Kuno와 Hokyo(1970)가 지적했듯이 벼멸구와 같은 r-전략 해충은 포식충이나 기생봉류에 전적으로 의존하여 그의 밀도격발을 저지할 수 없으나, 대체로 7월보다는 8월중의 거미밀도가 높은 것(표 5)을 감안할 때, carbofuran 토양혼화처리와 buprofezin처리가 벼멸구 제 1, 2세대의 밀도증식을 억제시켜 놓은 8월중의 낮은 밀도기에 거미의 보조적 역할은 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

지금까지의 이양직전 carbofuran 토양혼화처리에 의한 벼 생육초기 발생해충에 대한 방제효과(배 등 1992a)와 buprofezin의 벼멸구 밀도억제효과에 관한 시험결과를 토대로 우리나라에서 수도해충의 체계적 방제를 위해 carbofuran 토양혼화처리 후 buprofezin의 적정 처리시기를 다음과 같이 추정할 수 있다.

1. 기존의 신경독성 살충제들은 buprofezin보다 약효지속기간이 짧아 벼멸구 비래파가 중복될 경우에는 1회 살포로는 방제가 곤란하고 목적해충에 대한 선택성이 낮아 거미류나 기생봉류와 같은 천적에 대한 영향이 상대적으로 크다. 반면 buprofezin은 알이나 성충에 대한 효과는 작으나 유충에 대한 고도의 선택성과 긴 약효지속기간을 가지고 있기 때문에 개체군 연령구성에 있어서 유충군 점유율이 비교적 뚜렷한 비래후 제 1세대 발생기에는 처리효과가 높고 또한 1세대에 대한 처리시기 선택의 폭이 넓은 장점이 있다(배 등 1992b,c). 따라서 비래파가 중복되어 있는 경우에도 초기세대의 밀도를 지속적

으로 억제할 수 있다

2. 5월 하순 carbofuran 토양혼화처리로 벼생육초기 발생해충은 물론 6월중에 비래하는 벼멸구에 대한 높은 밀도억제력으로 인해(배 등 1992a) 본답초기 비래충이 증식하여 7월중 비래충과 연령구성상의 중복을 이루게 되는 경우는 없을 것이고, carbofuran이 토양혼화처리된 포장에서 비래 벼멸구 차세대 밀도가 8월 초순 이전에 피해수준으로까지 증식하지는 않을 것으로 판단된다.

3. 비래초기에 개체군연령이 성충과 알로만 구성되어 있을 때의 buprofezin처리는 후기에 밀도가 증가했지만 비래후 1세대 밀도증식은 억제할 수 있었으므로(배 등 1992c) 7월말에 비래하는 성충에 buprofezin을 처리했을 경우, 잔여 수도생육기간을 감안할 때 피해수준으로까지는 밀도증식이 이루어지지 않을 것이다.

4. 출수기 이후에는 기주식물의 영양상태가 나빠져 그때의 비래충에 의한 수량감소는 경미하다(Kiritani 1979).

따라서 이상의 결과를 볼 때 carbofuran 토양혼화처리후 buprofezin처리직기는 7월중 초기비래충의 차세대성충이 출현하기 직전으로 7월말~8월초가 될 것으로 생각된다. 이때 buprofezin(25% WP)의 처리약량이 높아질 때는 긴 약효지속기간으로 인해 처리시기와 무관하게 벼멸구를 방제할 수 있어 일본에서 권장하는 관행처리약량 17.5~35.0 ai./10a는 carbofuran 처리후 사용량으로는 필요이상의 고약량이며 국내에서 사용중인 수화제 형태의 buprofezin + 카바메이트계 혼합제의 관행처리약량에서 buprofezin만의 처리약량인 7.0g ai./10a의 약량으로도 가능할 것으로 생각된다.

출수기 이후에 문제가 되는 이화명나방 2회기 발생충과 비래해충인 흑명나방은 carbofuran 토양혼화처리와 buprofezin 처리체계의 효과로부터 벗어날 가능성이 존재하나 이들 해충은 비교적 초기 피해상황을 파악하기가 쉬워 8월 이후 그들의 발생추이에 방제여부를 결정하고 적절한 약제로 방제가 가능할 것이다. 이상에서 2회의 살충제 처리 즉, 이양직전 carbofuran 토양혼화처리후 7월말~8월초의 buprofezin을 처리하는 체계적 살충제 적용으로 벼생육초기 발생해충 및 비래성 멸구류의 밀도를 수확기까지 효과적으로 억제할 수 있음을 알 수 있다. 이와 같은

방제체계는 우리나라 남서부지방의 본논 초기발생해충 및 벼멸구 상습발생지에서 불필요한 살충제 사용횟수를 절감하여 방제비용을 최소화할 수 있는 효율적인 이용방안이 될 것이다.

그러나 우리나라의 벼해충상이 동시다발성의 벼생육초기 발생해충과 중기 이후의 단순화된 비래성 멸구류라는 대체적인 특성을 가지고 있다 하더라도 구체적으로는 개개 해충들의 발생양상이 지역이나 연도에 따라 다를 수 있다. 예를 들어 중부내륙지방에서는 비래성 멸구류의 발생이 적은데(염 등 1991), 그 지역에서 위와 같은 살충제의 체계적 처리를 적용하였을 경우 멸구류에 대해서 불필요하게 농약을 살포한 결과가 될 것이다. 살충제 사용량의 문제에 있어서도 buprofezin의 벼멸구 밀도억제력이 처리능도 의존적인 것을 감안할 때, 벼멸구의 비래시기나 발생량에 따라 위의 체계적 처리에서 제시된 사용량(7.0g ai./10a)은 필요이상의 고약량일 수도 있다. 그리고 지속적 농업을 위한 해충관리에 있어서는 논생태계의 기능적 구성요소인 비래충류 역할의 중요성이 인정되고 있는데 carbofuran이 갖는 적용범위의 광역성은 생태계내 먹이사슬의 파양을 가져올 수도 있을 것이다.

따라서 서두에서 제시한 방제전략이 보다 유연한 현실적용력을 갖기 위해서는 전략수행에 필요한 살충제의 종류, 처리방법, 처리량 등을 보다 정량적이고 다원적으로 검토하여 전술의 다양화를 꾀하는 동시에 벼해충 발생양상의 시간적, 공간적 변이에 능동적으로 대처할 수 있는 논생태계 시스템모델의 개발이 필요할 것이다.

## 인 용 문 헌

- Asai, T., M. Fukada, S. Maekawa, K. Ikeda & H. Kanno. 1983 Studies on the mode of action of buprofezin. I. Nymphicidal and ovicidal activities on the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (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* Stål (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* **20**(2): 111-117.
- 박형만, 최승운, 이형래, 박중수. 1981. Carbofuran 토

- 양혼입처리의 수도해충 방제효과. 서울대 농학연구. 6 (1): 53-67.
- 배윤환, 현재선. 1987. 살충제의 체계적 처리에 의한 벼멸구개체군 밀도억제효과에 관한 연구. I. 수중 침투성 살충제의 효과. 한국식물보호학회지 26(1): 9-12.
- 배윤환, 현재선. 1989. 살충제의 체계적 처리에 의한 벼멸구개체군 밀도억제효과에 관한 연구. II. Buprofezin (Applaud)과 Isoprothiolane(Fuji-one)의 벼멸구개체군 밀도억제에 미치는 몇가지 생물학적 특성. 한국응용곤충학회지 28(2): 61-68.
- 배윤환, 이준호, 현재선. 1992a. 본논초기 해충군과 벼멸구에 미치는 Carbofuran 토양혼화처리의 영향. 한국응용곤충학회지 31(4): 536-542.
- 배윤환, 이준호, 현재선. 1992b. 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 유충에 대한 Buprofezin의 약효지속기간 및 몇가지 생물학적 영향. 한국응용곤충학회지 31(4): 543-550.
- 배윤환, 이준호, 현재선. 1992c. Buprofezin 25% WP의 처리시기와 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 밀도억제효과. 한국응용곤충학회지 31(4): 551-559
- Chiu, S. C. 1979. Biological control of the Brown planthopper. pp.335-356. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI Los Banos, Laguna, Philippines.
- 최승윤, 이형래, 유재기 1978. Carbofuran 수도근부처리가 논거미 밀도에 미치는 영향. 한국식물보호학회지 17(2): 99-104.
- Heinrichs, E. A. 1979. Chemical control of the brown planthopper. pp.145-167. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI. Los banos, Laguna, Philippines.
- 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
- Kiritani, K. 1979. Pest management in rice. *Annu. Rev. Entomol.* 24: 279-312.
- Konno, T. 1990. Buprofezin; A reliable IGR for the control of rice pests. pp.210-222. In *Pest Management in Rice* published for the Society of Chemical Industry. 536pp. Elsevier Applied Science, London and New York.
- 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.
- 농촌진흥청. 1991. 작물보호 사업보고서. pp.367.
- SAS Institute. 1988 SAS/STAT user's guide, version 6.03, SAS Institute, Cary, NC
- Shibuya, M. 1984. Applaud, a new selective insecticide. *Japan Plant Prot* 44: 17-21.
- 엄기백. 1991. 흰등멸구와 벼멸구의 발생생태 특성과 피해에 관한 연구 81pp 서울대학교 농생물학과 박사학위 논문.
- 엄기백, 최귀문, 현재선. 1991. 수도해충의 종합적 방제. pp 16-65. 송경 현재선 교수 정년퇴임 기념 응용곤충학 논총. 558pp
- 우기대, 최승윤, 이형래, 유재기 1981. 침투성 살충제의 수도해충 방제효과 및 식물생장에 미치는 효과. pp. 208-223. 농약연구소 시연보.

(1994년 9월 14일 접수)