

본논초기해충군과 벼멸구에 미치는 Carbofuran 토양혼화처리의 영향

Effects of Carbofuran Soil Incorporation on the Early Occurring Rice Insect Pests and the Brown Planthopper

배 윤 환 · 이 준 호 · 현 재 선¹

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

ABSTRACT Control effects of carbofuran soil incorporation just before transplanting on the early occurring rice insect pests were studied in the rice field. Also, its residual effects on the brown planthopper (BPH) were studied by pot experiments. Carbofuran soil incorporation in late May was much more effective in controlling the early occurring rice insect pests such as small brown planthopper, green leafhopper and rice stem borer than carbofuran broadcasting or diazinon (3G) + BPMC (50% EC) treatment in mid June. Residual effects of carbofuran soil incorporation on the female adult BPH decreased ca. a half one month after treatment. However, its residual effects on the next generation of the BPH lasted much longer; control effects on the next generation were above 90 and 70% on 37 and 46 days after treatment, respectively. From these results, it is thought that carbofuran soil incorporation just before rice transplanting can be a good control method to the early occurring rice insect pests and the brown planthopper immigrating during June. Also, it can suppress immigrating BPH population moderately in early July.

KEY WORDS Early occurring rice insect pests, brown planthopper, carbofuran

초 록 벼 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리의 본논초기 발생해충 방제효과 및 비래성 해충인 벼멸구에 대한 약효지속효과를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 포장에서 5월 하순 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리는 6월 중순 carbofuran 수면시용처리나 diazinon (3G) + BPMC (50% EC) 2회처리보다 본논초기 발생해충인 애멸구, 끝동매미충, 이화명나방 1화기에 대한 방제효과가 우수하였다. 포트에서 carbofuran 토양혼화처리의 벼멸구 암컷성충에 대한 직접살충효과는 약처리 1개월후에 50% 정도로 떨어졌으나 그의 차세대에 대한 밀도억제효과는 약처리 37일후까지 90% 이상, 46일후에도 70% 정도를 유지하였다. 따라서 이상의 결과로부터 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리는 본논초기 발생해충 전반에 대한 효과적인 방제수단이 될 수 있으며 6월중 비래하는 벼멸구에 대해서 90% 이상 그리고 7월 초순에 비래하는 벼멸구에 대해서도 어느 정도의 밀도 억제효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각된다.

검 색 어 본논초기해충, 벼멸구, 카보후란

우리나라 수도해충 발생동향은 벼의 생육초 짧은 기간동안 복잡한 발생양상을 보인다. 그기에 애멸구, 끝동매미충, 벼물바구미, 이화명 리고 본답중기 이후에는 벼멸구, 흰등멸구, 흑명나방(1화기), 굴파리류, 벼잎벌레 등이 비교적 명나방이 비래하여 비교적 단순한 발생상을 보

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

이며 그 중 벼멸구는 가장 경계를 요하는 해충이다 (엄 등 1991).

우리나라 수도해충중 가장 문제가 되는 벼멸구의 피해는 비래시기, 비래량 및 비래정착후 초기세대의 증식력에 의해 결정된다 (Kuno 1968, Kisimoto 1977, Kiritani 1979, 이와 현 1983, 1984, 엄 1991). 비래시기와 비래량은 기상적 요인에 의하여 결정되어 그의 인위적인 조절이 불가능하므로 결국 개체군 관리라는 측면에서는 비래정착후 초기세대의 밀도억제를 위한 방제수단이 적용되어야 한다. 그러나 벼멸구의 발생은 매우 불규칙하고 포장내의 비래 밀도가 주당 0.01마리 이하로 매우 낮아 (Kuno 1968) 그의 비래량을 정량적으로 파악하여 초기 밀도의 효과적인 방제를 위한 시기를 예측하는데는 현실적인 어려움이 있다. 따라서 벼멸구 다비래 지역에서는 이 해충발생의 불확실성에 대응할 수 있는 방제체계의 확립이 필요하다.

수도해충방제를 위한 재배면적당 1988~1989년의 연평균 살충제 살포횟수는 5.57회이고 이 중 멸구류에 대해서는 2.12회로서 (농약공업협회 1991) 살포횟수가 많은 실정이며, 수도해충 다발생 지역에서의 살포횟수는 평균횟수보다 더 많을 가능성도 배제할 수 없다. 이것은 이들 해충에 대한 개별적인 대응으로 인한 결과로 현행 방제체계의 재고가 요구된다.

현재의 방제체계에서 살충제의 사용횟수와 사용량을 최소화하는 것은 경영적 측면에서 가장 급선무로 생각되며 이를 위해서는 전체 수도해충상의 특성을 토대로 한 방제체계의 확립이 필요하다. 즉 각 시기의 발생해충에 대한 개별적인 살충제 적용을 지양하고 본논초기에 적용범위가 넓고 약효지속기간이 긴 약제를 보충 방제적 입장에서 적용하여 벼생육초기 발생해충 전체에 대한 방제를 도모하는 동시에 초기비래 멸구류의 정착밀도와 초기 증식력을 억제하여 6월중 비래충의 불확실성에 대비한다면 본논 중기 이후 수도해충군 관리에 보다 효과적으로 대처할 수 있을 것이다.

일반적으로 침투성 살충제는 적용범위가 넓고 약효지속기간이 긴 장점을 가지고 있는데 침투성 살충제의 하나인 carbofuran을 벼이앙 직전 씨래질시 토양혼화처리할 경우 기존의 다른 침투성 살충제나 다른 처리방법에 비해 수도생육초기 발생해충 및 벼멸구에 대해서 상당히 높은 방제효과가 있음이 밝혀졌다 (Bautista 1979, Heinrichs 1979, 박 등 1981). 그리고 배와 현 (1987)은 carbofuran 토양혼화처리에 의하여 벼멸구 비래정착밀도와 그의 초기세대 밀도를 효과적으로 억제할 수 있음을 시사한 바 있다.

본 연구에서는 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리의 본논초기 발생해충에 대한 방제효과 및 벼멸구에 대한 약효지속효과기간을 정량적으로 평가하여 본논초기에 발생하는 수도해충 전반에 대한 방제 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

본논 초기발생해충에 미치는 살충제 처리의 영향

1988년도에 전북 이리시 소재 호남작물시험장 수도포장에서 동진벼 45일묘를 3본/주씩 재식거리 30 cm×13 cm로 5월 31일 손이앙하였다. 관행재배법으로 재배하되 제초제와 살균제는 살포하지 않았다.

처리구는 carbofuran 3G 토양혼화처리 (처리구 A), carbofuran 3G 수면시용처리 (처리구 B), 관행방제로서 이앙 15일후 diazinon 3G와 이앙 18일후 BPMC 50% EC처리 (처리구 C), 무처리구 (처리구 D)를 두었으며 처리농도는 carbofuran의 경우 120.0 g a.i./10 a, diazinon 120.0 g a.i./10 a, BPMC 140 ml/10 a이었다. 시험구 배치는 구당면적 24 m²(3 m×8 m)인 난괴법 3반복이었다.

조사는 자연발생충을 대상으로 하되 벼이앙 21일후, 36일후에 애멸구, 끝동매미충 밀도 및 1화기 이화명나방 피해경을 구당 20주에서 육안으로 조사하였으며 각 처리구내 20주의 조사치를 합산하여 Log(x+1)로 변환한 다음 Tukey 다중검정법으로 조사시기별 처리간 차이유무를 검정하였다.

Table 1. Densities(No./20hills) of the small brown planthopper and the green rice leafhopper in the rice field, Honam Crop Experiment Station, IRI, Korea in 1988

Treatment	<i>L. striatellus</i>		<i>N. cincticeps</i>	
	21DAT ^a	36DAT	21DAT	36DA ^a
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
A	1.7 ± 0.98a	13.7 ± 0.27b	0.0 ± 0.00a	14.0 ± 4.03b
B	0.7 ± 0.40a	57.3 ± 5.93a	1.0 ± 0.47a	28.7 ± 8.44ab
C	2.7 ± 1.18a	53.3 ± 13.20a	0.7 ± 0.27a	19.0 ± 2.87ab
D	1.3 ± 0.77a	87.6 ± 21.12a	0.8 ± 0.62a	38.5 ± 6.71a

A: Carbofuran 3G (120.0 g a.i./10 a) by soil incorporation at 0DAT.

B: Carbofuran 3G (120.0 g a.i./10 a) by broadcasting at 17DAT.

C: Diazinon 3G (120.0 g a.i./10 a) by broadcasting and BPMC 50% EC (140 ml/10 a) by foliar spray at 15DAT and 18DAT, respectively.

D: Untreated.

^a DAT means days after transplanting.

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

Carbofuran 토양혼화처리의 벼멸구에 대한 약효 지속기간

Carbofuran의 토양혼화처리효과가 비래하는 벼멸구에 미치는 영향을 조사하기 위하여 약처리 후 벼멸구 접충시기를 달리하여 성충과 그의 차세대에 대한 살충효과를 다음과 같이 조사하였다.

벼멸구는 호남작물시험장 곤충사육실(25 ± 4 °C)에서 감수성품종인 동진벼를 먹이로 누대사육중인 것을 이용하였으며, 풋트실험에서는 접충충이나 그로부터 증식한 개체군의 탈출 또는

거미, 개미류의 출입을 방지하기 위하여 철사로 만든 높이 1 m, 지름 30 cm의 지지대를 이용하여 백색망사를 풋트(높이 21 cm, 직경 22 cm)에 씌워 놓았다.

Carbofuran 관행처리약량 120 g a.i./10a를 기준으로 0.159 g/주/풋트씩을 이앙직전에 토양혼화처리한 후 동진벼 45일묘를 풋트에 이앙하였다. 이앙일은 5월 31일이었다.

접충은 약처리후 15일(6월 15일), 22일(6월 22일), 29일(6월 29일), 37일(7월 7일), 46일(7월 16일)에 벼멸구 성충을 풋트당 25쌍씩

Table 2. Percentages of the damaged rice stems due to the rice stem borer in the rice field, Honam Crop Experiment Station, IRI, Korea in 1988

Treatment	Date of investigation	
	21DAT ^a	36DAT
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
A	0.9 ± 0.55b	1.3 ± 0.73b
B	9.9 ± 1.96a	6.8 ± 2.53a
C	3.5 ± 0.99ab	4.1 ± 1.61ab
D	6.4 ± 2.64ab	7.4 ± 2.19a

A: Carbofuran 3G (120.0 g a.i./10 a) by soil incorporation at 0DAT.

B: Carbofuran 3G (120.0 g a.i./10a) by broadcasting at 17DAT.

C: Diazinon 3G (120.0 g a.i./10 a) by broadcasting and BPMC 50% EC (140 ml/10 a) by foliar spray at 15DAT and 18DAT, respectively.

D: Untreated.

^a DAT means days after transplanting.

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

하였다. 이때 공시충의 장시형 출현율이 낮아 단시형 성충을 이용하였으며 접종성충의 연령을 균질화시키기 위하여 우화후 3~4일의 것만 이용하였다.

성충의 치사율은 접종 5일후에 암컷의 사충수를 조사하였고, 접종후 제 1세대에 대한 밀도억제효과 조사에서는 성충치사율 조사후 생존충을 제거하고 5일간 산란된 난에서 부화하여 생존한 개체수를 성충 제거 25일후에 육안으로 조사하였다.

각 처리는 4~6반복으로 하였으며 약처리후 각 접종시기에 따른 암컷에 대한 보정살충률을 Abbott(1925)의 방법에 따라 산출하였다.

성충에 대한 약효지속효과를 추정하기 위하여 다음과 같은 Cheng 등(1990)의 모형 $M_p(t) = a \text{Exp}\{-b(t-1)^c\}$ 을 이용하였다. 여기서 $M_p(t)$ 는 약처리후 경과일수에 따른 살충률, a 는 약처리후 24시간 이내 최대살충률, b 와 c 는 모수값이다.

Carbofuran 토양혼화처리의 접종후 제 1세대에 대한 밀도억제효과는 (접종 30일후 무처리구 밀도 - 접종 30일후 처리구 밀도) $\times 100$ / 접종 30일후 무처리구 밀도(%)로 계산하였으며 비래시기에 따른 접종후 제 1세대 밀도억제효과의 차이는 위의 식으로부터 얻어진 값을 $\arcsin(\sqrt{x})$ 로 변환하여 Tukey의 다중검정법으로 검정하였다.

결과 및 고찰

본논초기 발생해충 밀도에 미치는 살충제 처리의 영향

표 1은 수중 살충제의 처리를 달리하였을 때, 20주당 애벌구와 끝동매미충의 밀도를 나타낸 것으로 애벌구의 경우 이앙 21일후 조사에서는 발생밀도가 낮아 처리간 차이를 평가할 수 없었으나, 이앙 36일후 조사에서는 carbofuran 토양혼화처리구(A)의 밀도가 13.7마리/20주로 carbofuran 수면시용처리구(B)나 diazinon + BPMC처리(C)보다 현저하게 낮은 밀도를 나타내었다.

끝동매미충 밀도도 이앙 36일후 조사에서 carbofuran 토양혼화처리구의 밀도가 14.0마리/20주로 carbofuran 수면시용처리구보다 낮았으며 diazinon + BPMC 처리와 동일 내지는 낮은 밀도 수준이었다.

표 2는 이화명나방 1회기유충에 의한 피해경률을 나타낸 것이다.

이앙 21일후 조사에서 발생밀도의 변이가 커 통계적 유의성은 없었으나 carbofuran 토양혼화처리구(A)의 피해경률은 0.9%, 타처리들은 3.1~9.9%였고 이앙 36일후 조사에서도 carbofuran 토양혼화처리구는 1.3%로 낮았으나 carbofuran 수면시용처리구(B)와 diazinon + BPMC처리구(C)에서는 각각 6.8%, 4.1%로 무처리구의 7.4%와 명백한 차이가 없었다.

이상에서 보는 바와 같이 carbofuran의 이앙직전 토양혼화처리는 동일약제의 6월 중순 수면시용처리나 6월 중순 diazinon, BPMC 2회 처리보다 애벌구, 끝동매미충, 이화명나방 1회기에 대해서 높은 밀도억제효과를 보이고 있다.

애벌구, 끝동매미충, 벼물바구미, 저온성해충인 굴파리류, 벼잎벌레 등의 본논초기 발생해충들은 대부분 이앙직후에 본논으로 침입하는 해충이므로(엄 등 1991) 이앙직전에 carbofuran을 토양혼화처리할 경우 이들 본논초기 발생해충들은 carbofuran의 약효지속기간내에 노출된다. 그리고 토양혼화처리된 carbofuran의 살충성분은 벼뿌리로부터 흡수되어 벼잎에까지 침투, 이행하므로(Donoso-Lopez와 Grigarrick 1969) 줄기를 가해하는 해충들뿐만 아니라 벼잎을 먹는 굴파리류나 벼잎벌레 등에 대해서도 살충효과를 발휘할 수 있다.

따라서, 이앙직전 carbofuran 토양혼화처리는 애벌구, 끝동매미충뿐만 아니라 본 연구에서는 발생밀도가 낮아 조사할 수 없었지만 저온성해충인 굴파리류, 벼잎벌레 등의 발생도 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대되며(Bautista 등 1979, 박 등 1981) 애벌구, 끝동매미충의 본논침입 성충과 본논 제 1회유충의

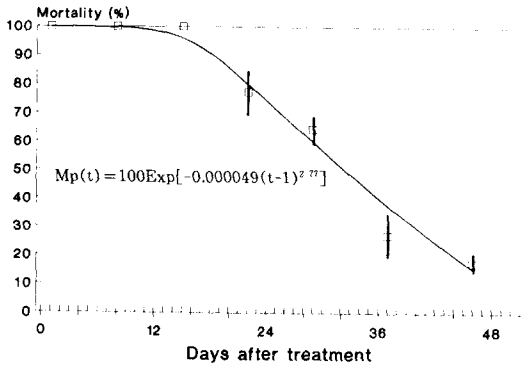


Fig. 1. Residual lethal effects of carbofuran soil incorporation on the brown planthopper female on the pot experiment. The equation was calculated by the method of Cheng et al. (1990).

방제에 크게 유효하므로 이들 해충에 의한 바이러스 이병을 저하시킬 수 있을 것이다.

이화명나방 유충은 잎짚속에서 가해를 하기 때문에 침투성 약제가 아닌 경우에는 유충분산 시기 이외에는 방제의 어려움이 있다. 그러나 carbofuran은 침투성이 강하고 토양혼화처리시 약효지속기간이 길어 대개 6월 상순이 우화 최성기인 이화명나방 1화기(엄 등 1991)에 대한 지속적인 방제수단이 될 것으로 생각된다. 그리고 이화명나방 1화기 발생량과 직접적인 관계가 있어 carbofuran 토양혼화처리의 1화기충에 대한 밀도억제효과에 이후 발생하는 2화기 밀도억제에도 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

한편, carbofuran의 이양직전 토양혼화처리가 이양 17일후 수면시용처리보다 방제효과가 높았던 것은 토양혼화처리 특성상 수면시용처리보다 상대적으로 포장에서 광선에 의한 분해 및 강우나 관수에 의한 약제의 유실이 적고 (Aquino와 Pathak 1976) 수도체내로의 살충성분 흡수율과 약처리후 수도체내 잔류량이 수면시용처리한 경우보다 높았던 것(우 등 1977)과 관련이 있는 것으로 생각된다.

벼멸구에 대한 carbofuran 토양혼화처리의 약효지속기간

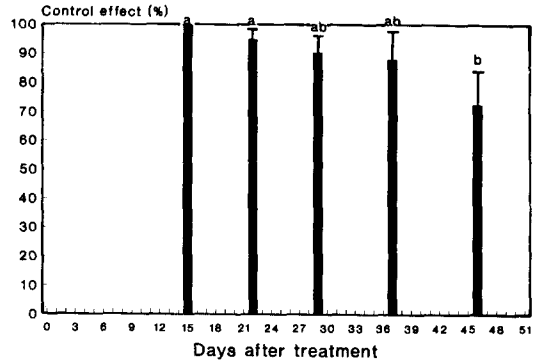


Fig. 2. Residual lethal effects of carbofuran soil incorporation on the next generation of the inoculated brown planthopper adult on the pot experiment. Bar with the same letter are not significantly different ($p > 0.05$; Tukey[SAS Institute 1988]).

우리나라의 경우 벼멸구의 비래는 비교적 단기간 동안에 집중적으로 이루어지고 비래밀도가 그후의 밀도형성에 큰 영향을 미치므로 비래성충과 비래후 1세대 밀도에 미치는 살충제의 효과는 경제적 방제에 중요한 의미가 있다.

그림 1은 꽃트에서 이양직전 carbofuran 토양혼화처리를 하고 일정 간격으로 25쌍의 성충을 접종하여 암컷에 대한 살충효과의 변동상황을 나타낸 것이다. 약처리 15일후까지 100%의 살충률을 나타내었으나 그후에는 살충효과가 거의 직선적으로 떨어져 약처리 37일후에는 $27.2 \pm 7.57(\bar{x} \pm S.E.)\%$, 46일후에는 $17.6 \pm 3.69(\bar{x} \pm S.E.)\%$ 였다.

약처리후 경과일수에 따른 살충률을 Cheng 등(1990)의 모형에 적합시켰을 때 $Mp(t) = 100Exp[-0.000049(t-1)^{2.77}]$ (t =약처리후 경과일수, $Mp(t)$ =약처리 t 일후 살충률; $R^2=0.85$)로서, RLT_{90} , RLT_{50} 값(약처리후 90%, 50% 이상의 살충효과를 유지하는 시간은 각각 17.0일과 32.5일로 추정되었다.

그림 2는 그림 1의 암컷에 대한 접종 5일후의 살충률을 조사하고 제거한 다음, 접종 30일후의 차세대밀도 억제효과의 변동상황을 나타낸 것인데 carbofuran이 산란성충을 치사시켜 산란충수가 감소한 것도 포함된 밀도억제효과

이다.

암컷에 대한 직접살충효과가 현저하게 떨어져 있을 때에도 그로부터 나온 차세대 밀도억제 효과는 약처리후 37일 이전에 접종한 성충으로부터 나온 것에 대해서 90% 이상이 유지되었으며 약처리 46일후에 접종한 성충의 차세대에 대해서도 70% 정도 유지되고 있다.

비래정착밀도와 비래후 제 1세대 밀도억제라는 측면에서 볼 때, 포장내 벼멸구 비래밀도는 극히 낮아(Kuno 1968, Hokyo 등 1976) 방제시기와 방제여부를 예측하는 데는 현실적인 어려움이 있고, 비래시기가 빠르고 비래과가 중복될 때는 총태의 중복정도가 심하여 약효지속기간이 짧은 살충제 1회 살포로는 방제에 어려움이 많다. 따라서 벼멸구 다비래 지역에서는 벼멸구 발생의 불확실성과 예찰상의 난점을 고려할 때, 피해밀도를 결정하는 초기세계의 밀도억제라는 차원에서 수시로 비래가 가능한 비래정착충을 그들의 비래사실 인지여부와 무관하게 치사시킬 수 있는 동시에 그의 차세대 밀도도 억제시킬 수 있는 방제법이 강구되어야 한다.

이양직전 carbofuran 토양혼화처리는 그의 광역적 살충특성과 긴 약효지속력으로 인해 본담 초기에 비래하는 벼멸구에 대해서도 효과가 있는 것으로 보고되었고 (Aquino와 Pathak 1976, Bautista 1979, 박 등 1981) 배와 현(1987)은 carbofuran 토양혼화처리가 carbofuran 및 다른 유기인계 침투성 살충제의 수면시용, 엽면살포 처리보다 긴 약효지속기간을 가지고 있어 우리나라에서 6월 중순~하순에 비래하는 벼멸구에 대한 밀도억제 가능성을 시사한 바 있다.

이양직전 carbofuran 토양혼화처리의 벼멸구 성충에 대한 직접살충효과는 약처리 약 1개월 후에는 50% 정도이고 이후에는 현저하게 떨어지나(그림 1), 비래 차세대에 대한 밀도억제 효과는 상당히 길어 적어도 이양후 1개월 이내의 비래충에 대해서는 90% 이상 그리고 이양후 30~45일경의 비래충에 대해서도 상당한 밀도억제 효과를 기대할 수 있음을 알 수 있다.

따라서 벼멸구 다비래지역인 우리나라의 남서부에서는 그 지역의 이양시기인 5월말 carbofuran 토양혼화처리로 6월말까지의 벼멸구 비래충에 대비할 수 있고 7월 초순 비래충에 대해서도 어느 정도는 밀도억제효과를 기대할 수 있다.

그리고 벼멸구와 마찬가지로 흰등멸구도 해외로부터 비래하는데, carbofuran 토양혼화처리는 그의 6월중 벼멸구 비래충에 대한 밀도억제능력으로 보아 흰등멸구 6월중 비래충에 대해서도 상당한 밀도억제효과를 발휘할 수 있을 것으로 생각된다. 우 등(1981)은 carbofuran 토양혼화처리가 7월 초순 이전에 비래하는 흰등멸구에 대한 밀도억제효과를 보고한 바 있다.

이상으로 보아 carbofuran 토양혼화처리는 벼 생육초기에 발생하는 여러가지 해충류 전체에 대하여 효과적인 밀도억제수단이라고 볼 수 있으며 동시에 초기 비래 멸구류에 대한 밀도억제효과도 우수함을 알 수 있다.

인 용 문 헌

- Abott, W.B. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 13 : 265~267.
- Aquino, G.B. & M.D. Pathak. 1976. Enhanced absorption and persistence of carbofuran and chlorodime-form in rice plant on root zone application under flooded conditions. *J. Econ. Entomol.* 69(5) : 686~690.
- 배윤환, 현재선. 1987. 살충제의 체계적 처리에 의한 벼멸구개체군 밀도억제효과에 관한 연구. I. 수종 침투성 살충제의 효과. *한국식물보호학회지* 26(1) : 9~12.
- Bautista, M.V., A. Bautista & A.H. Cruz. 1979. Soil-incorporated carbofuran for control of rice whorl maggot and "early" stem borers. *Int. Rice Res. Newsl.* 4(4) : 15~16.
- 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.
- 최승윤, 허문희, 정규용, 강양순, 김학기. 1975. 살충제(gelatin capsule 入)의 수도근부처리에 의한

- 수도해충방제효과. 한국식물보호학회지 14(3) : 147~154.
- 최승윤, 이형래, 유재기. 1977. 살충제 수도근부 주변처리의 해충방제효과. 한국식물보호학회지 16(3) : 155~162.
- Donoso-Lopez, J.G. & A.A. Grigarick. 1969. An evaluation of carbofuran for control of several stages of the rice water weevil in greenhouse tests. *J. Eco. Entomol.* 62(5) : 1024~1028.
- Hokyo, N., M.H. Lee & J.S. Park. 1976. Some aspects of population dynamics of rice leafhopper in Korea. *Korean J. Plant Prot.* 15 : 111~126.
- 황창연, 이정운. 1980. 수도해충 동시방제 효과시험. pp.422~429. 농기연 시연보.
- 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).
- 이형래, 최귀문. 1979. 벼멸구 발육단계별 방제효과 시험. pp.367~386. 농기연시연보.
- 이준호, 현재선. 1983. 벼의 생육단계별 벼멸구 피해가 수량에 미치는 영향. 한국식물보호학회지 22(4) : 244~250.
- 이준호, 현재선. 1984. 벼멸구 생육에 미치는 벼의 생육단계의 영향, 한국식물보호학회지 23(1) : 45~55.
- 이승찬 유재기. 1974. 해충생리, 생태 및 방제에 관한 연구-애멸구에 대한 방제효과 시험. pp. 134~143. 1974년도 시험연구보고서(병해충편). 농기연시연보.
- 농약공업협회. 1991. 농약연보. pp.463.
- 박형만, 최승윤, 이형래, 박중수. 1981. Carbofuran 토양혼입처리의 수도해충방제효과. 서울대 농학연구. 6(1) : 53~67.
- Pathak, M.D., D. Encarnacion & H. Dupo. 1974. Application of insecticides in the root zone of rice plants. *Indian J. Plant Prot.* 1(2) : 1~16.
- Rahim, M.A.A., J.F. Robinson & C.M. Smith. 1981. Geographic and seasonal responses of rice water weevil adults to selected insecticides. *J. Eco. Entomol.* 74 : 75~78.
- 엄기백. 1991. 흰등멸구와 벼멸구의 발생생태 특성과 피해에 관한 연구. 81pp. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 엄기백, 최기문, 현재선. 1991. 수도해충의 종합적 방제. pp.16~65. 송정 현재선 교수 정년퇴임 기념 응용곤충학논총. 558pp. 천풍전산인쇄소.
- 우기대, 최승윤, 이형래, 유재기. 1981. 침투성 살충제의 수도해충 방제효과 및 식물생장에 미치는 효과. pp.208~223. 농약연구소 시연보.
- 유재기, 최승윤, 이형래, 송유한. 1977. Carbofuran 수도근계처리의 해충방제효과. 한국식물보호학회지. 16(4) : 217~220.

(1992년 9월 28일 접수)