

Buprofezin 25% WP의 처리시기와 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 밀도억제효과

The Effects of the Application Time of Buprofezin 25% WP on the Density 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 These studies were conducted to investigate the biological effects of buprofezin 25% WP on the adult of the brown planthopper (BPH) and its control effects on the BPH population, when buprofezin was treated on different days after the introduction of the BPH adult to the potted rice. Also age structures of the BPH population at the time of buprofezin treatment were observed. The results were as follows: Buprofezin (7.0 g a.i./10 a) could reduce the longevity and fecundity of the newly emerged female but did not affect the biology of older female, and it did not affect the biology of the male. The larval densities at the time of buprofezin treatment was reduced to nearly zero after treatment. The higher the residual effect and the proportion of larvae at the time of buprofezin treatment were, the higher its control effect on the BPH population was. In case of buprofezin 7.0 g a.i./10a treatment, the time interval of treatment that could show the highest control effect was about 10 days (from 18 days after the adult introduction to the adult emergence days of next generation).

KEY WORDS Brown planthopper, insecticide, buprofezin, application time

초 록 포트에서 벼멸구 성충을 접종하고 buprofezin 처리시기를 달리하였을 때, 접종성충에 미치는 영향 및 약처리시기에 따른 벼멸구 밀도억제효과를 약처리당시의 연령구성과 관련하여 조사하였다. Buprofezin (7.0 g a.i./10 a)은 벼멸구 수컷에 대해서 영향을 미치지 않았으며 갓 우화한 벼멸구암컷에 대해서 수명과 산란수의 감소효과가 있었으나 우화후 3일 이상 경과한 성충의 수명이나 산란수에는 영향을 미치지 않았으며 buprofezin 처리당시의 유충군 밀도는 약처리후 급격히 저하되었다. Buprofezin의 벼멸구개체군 밀도억제효과는 처리약량이 높을수록, buprofezin 처리당시 buprofezin의 약효지속효과내에 노출된 유충군의 비율이 높을수록 좋았는데 buprofezin 7.0 g a.i./10 a 처리의 경우 적정처리시기는 접종 18일후부터 접종후 제1세대 성충이 출현하기 직전까지 약 10일간이었다.

검 색 어 벼멸구, 살충제, 브프로페진, 방제적기

1970년대 수도작부체계변화 이후 우리나라 수도해충 중 가장 큰 피해를 주고 있는 벼멸구는 주로 6~7월 사이에 해외로부터 비래하여 오는데(Lee와 Park 1977, Uhm 등 1988) 그의

발생량은 비래시기, 비래량, 비래정착후 초기세대의 큰 증식력에 의해서 결정된다(이와 현 1983, 1984, 엄 1991).

그러나 벼멸구의 비래시기와 비래량은 기상

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

적 요인에 의하여 결정되어 그의 인위적인 조절이 불가능하므로 개체군 관리라는 측면에서는 비래 정착후 초기세대의 밀도억제를 위한 방제수단이 적용되어야 한다(이와 현 1983, 배와 현 1989).

치아디아진계 살충제인 buprofezin (2-tert-butylimino - 3 - isoprpyl - 5 - phenyl - 3,4,5,6 - tetrahydro-2H-1,3,5-thiadiazin-4-one)은 유기인계나 카바메이트계 살충제와는 달리 곤충의 표피형성을 저해하여 살충작용을 일으키는 물질로 난이나 성충에 대한 직접살충효과가 작고, 성충의 수명이나 산란수 감소효과가 있기는 하나 우화후 경과시간이 오래된 성충에 처리하였을 경우에는 그 효과가 작아진다. 반면 멸구류 유충에 대한 살충력이 일반 살충제에 비해서 50~100배 정도 강하고 약효지속기간이 길다(Heinrichs 1984, Shibuya 1984, Asai 1983, 1985). 특히 그의 약효지속효과의 대상 연령인 갓부화 1령 유충에 대한 약효지속기간이 현저하게 길어(배 등 1992) buprofezin의 벼멸구 밀도억제효과는 약처리당시의 연령구성과 밀접한 관계가 있음을 시사하고 있다.

따라서 본 연구에서는 벼멸구 비래일을 기점으로 buprofezin 처리시기를 달리 하였을 때의 개체군 밀도억제효과를 약처리당시 연령구성과 관련하여 검토하여 buprofezin 적정 처리시기를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

벼멸구는 서울대학교 농생물학과 곤충사육실 ($25 \pm 4^\circ\text{C}$)에서 감수성품종인 추청벼를 먹이로 누대사육중인 것을 이용하였으며, 풋트실험에서 접종충이나 그로부터 증식한 개체군의 탈출 또는 거미에 의한 포식을 방지하기 위하여 철사로 만든 높이 1 m, 지름 30 cm의 지지대를 이용하여 백색망사를 풋트(높이 21 cm, 직경 22 cm)에 씌워 놓았다.

공시묘를 풋트에 이양할 때, 풋트당 3본1주로 하였고 buprofezin 25% WP 처리는 공시농

도용액 140 ℓ /10a를, 포장에서 기계이양시 재식주수인 28,800주로 나누어 4.86 $\text{m}\ell$ /주/풋트로 하였으며, 환산된 약량을 hand gun sprayer로 엽면살포하였다.

처리시기와 개체군밀도억제효과

Buprofezin의 개체군밀도에 미치는 전반적 효과를 알아볼 목적으로 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 의 온실에서 풋트에 추정벼 30일묘를 이양하여 60일이 경과했을 때, 우화후 24시간 이내의 단시형 성충을 풋트당 3쌍씩 접종하였다.

예비실험 결과 buprofezin(25% WP) 35.0 g a.i./10a와 17.5 g a.i./10a의 처리약량에서는 처리후 약 30일간은 거의 100%의 살충률을 유지하였으므로 본 실험에서는 7.0 g a.i./10 a 약량을 처리하였다.

약처리시기는 접종전 2일, 접종후 3, 8, 13, 18, 23, 28, 33일이었으며 조사는 7~8일 간격으로 1~2령, 3~5령, 성충을 구분하여 육안으로 조사하였고 반복수는 5였다.

처리시기가 성충에 미치는 생물학적 영향

우화후 24시간 이내의 단시형 성충을 길이 19 cm, 직경 3 cm의 시험관에 넣고 벼멸구 서식부위인 근부위로부터 10 cm 정도 높이로 분얼경을 잘라 먹이로 사용하면서 실험하였으며 접종시기와 사육조건은 위의 실험과 같이 하였다. 약처리는 위실험에서의 약처리시와 동시에 시험관 입구에 hand gun sprayer를 대고 1회 분사시켰으며 이때 먹이로 사용할 공시묘에도 약처리를 하였다. 따라서 약처리후의 성충은 buprofezin이 처리된 분얼경을 먹이로 공급받았다. 그리고 기주식물의 건조를 방지하기 위하여 시험관 내부에 약 2 ml의 물을 공급하였으며 입구를 망사로 막아 공시충의 탈출을 방지하였다. 처리약량은 7.0 g a.i./10 a였다.

분얼경에 산란된 난의 수를 접종후 3일간격으로 해부현미경하에서 조사하였다. 생존개체에 대해서는 산란수 조사시 그 개체에 대한 약처리시기에 해당하는 기주식물의 분얼경으로

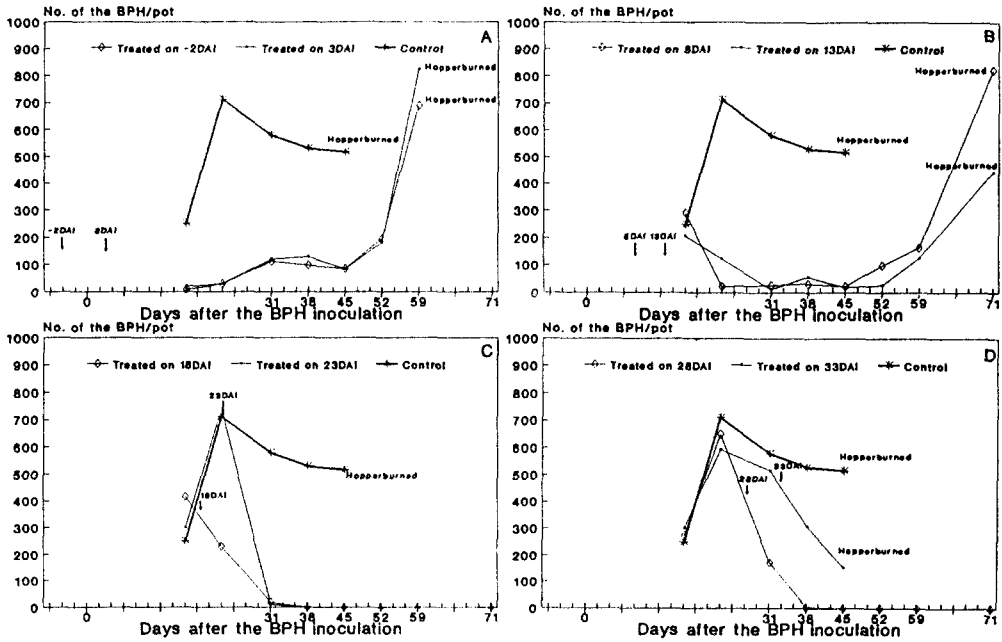


Fig. 1. Changes in the total densities of *Nilaparvata lugens* when buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a.) was treated on different days after the BPH inoculation (DAI)

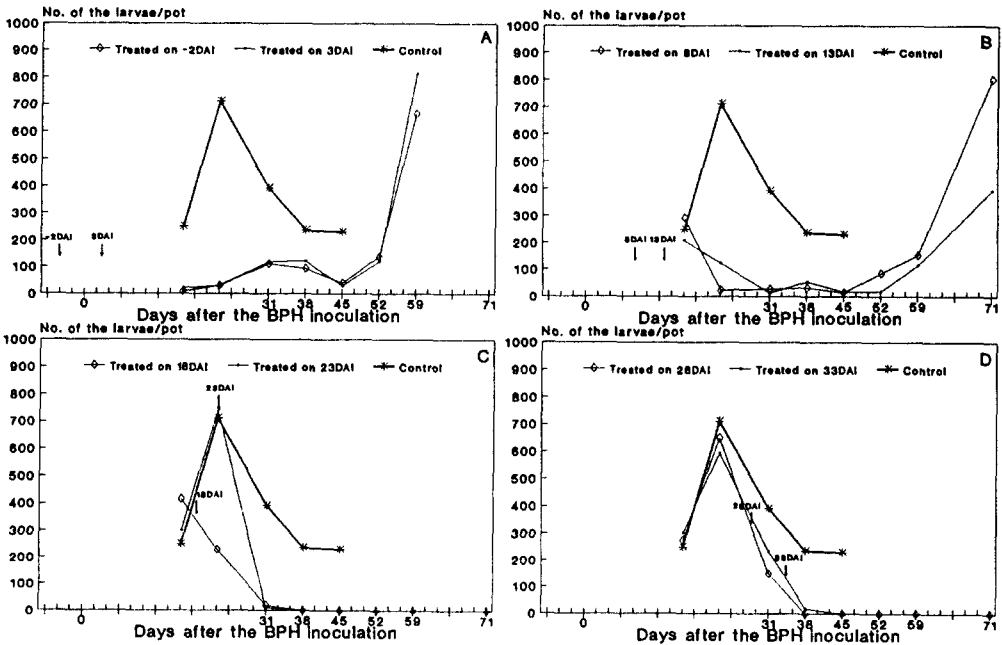


Fig. 2. Changes in the larval densities of *Nilaparvata lugens* when buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a.) was treated on different days after the BPH inoculation (DAI)

먹이를 교체해 주었다. 반복수는 20이었다.

검정은 Tukey의 다중검정법을 이용하였다.

평균수명, 평균산란수의 각 처리시기별 차이

결과 및 고찰

처리시기와 개체군밀도억제효과

그림 1, 2, 3은 풋트에서 벼멸구 성충을 접종하고 접종 2일전부터 5일 간격으로 접종 33일후까지 시기를 달리하여 buprofezin (7.0 g a. i./10 a)을 처리하였을 때 벼멸구개체군의 전체 밀도, 유충밀도, 성충밀도 변동상황이다.

조사전 buprofezin이 처리된 구(접종 2일전, 3일후 처리)를 제외한 모든 시험구에서 제1차 조사때의 유충밀도는 200~300마리/풋트(접종 18일후 처리 제외)로 접종은 비교적 성공적이었다(그림 2).

그림 1에서 보는 바와 같이 접종후 약제처리 시기에 따라 그 이후의 벼멸구밀도에는 큰 차이가 있었다. 접종후 18일, 23일 그리고 28일에 약제를 처리한 구에서는 밀도가 처리후 급격히 감소하여 거의 전멸상태가 되었으며 그러한 상태가 그 후에도 지속되었다. 그러나 접종후 13일 이전 처리구에서는 약제처리후 개체군밀도가 크게 감소하였으나 처리시기에 따라 60~70일후에는 고사현상이 일어났고 접종 33일후 처리구에서도 밀도는 감소하였으나 접종 45일후에 고사현상이 일어났다. 무처리구에서는 접종후 23일에서 최대밀도가 되었는데 이것은 그림 2에서 보는 바와 같이 대부분이 유충밀도이고 이후에도 모든 약제처리구보다 현저하게 높은 밀도를 유지하여 접종 45일후에 고사되었다.

고사현상이 일어났던 조기 4 처리중 처리시기가 늦은 접종후 13일처리에서는 그 이전의 세 처리시기보다 후기의 밀도증가율이 상대적으로 낮았는데 이것은 약효지속기간과 연관이 있었던 것으로 생각된다. 접종 33일후의 처리에서는 처리당시의 밀도가 주당 500마리 이상으로 이미 벼가 벼멸구에 의해 피해를 입은 상태였으며 1세대성충이 출현하여 상당수에 이르고 있을 때로 무처리와 같은 시기에 고사현상이 일어났다(그림 1과 2). 그리고 접종 28일후

처리에서는 고사되지는 않았으나 피해는 심하였다.

접종 2일전과 접종 3일후에 처리한 구에서는 제 1차조사 때의 유충밀도가 무처리구에 비하여 대단히 낮은 반면 기타 처리구에서는 200~300마리/풋트로 높았으나 처리후 밀도가 급속히 감소되었다(그림 2). 이와 같은 처리구간 차이는 조기 처리구에서는 약제에 접한 성충의 치사와 산란수 그리고 유령유충의 치사가 총체적으로 반영된 것으로 생각된다. 그리고 그림 2A와 2B에서와 같은 후기의 급격한 밀도 증가는 buprofezin의 약효지속효과 저하와 관계가 있었던 것으로 생각된다.

표 1은 buprofezin 처리당시의 연령구성을 접종충과 그로부터 산란된 난태를 제외하고 나타낸 것이다. 접종 3일후, 8일후 처리 당시에는 접종후 생존성충과 그로부터 산란된 미부화난이 주류를 이루고 있었을 때이며, 접종 13일후, 18일후, 23일후, 28일후 처리 당시에는 미부화난과 유충태가 주류를 이루었고 후기에 처리한 것일수록 미부화난 비율이 작았을 것으로 생각된다. 접종 33일후 처리 당시에는 유충비율 23.6%, 성충비율 76.4%로 1세대 성충이 다수를 점하고 있는 상태이다.

밀도억제효과가 큰 처리구에서의 약제처리 당시 개체군은 대부분이 유충태였으며 접종 18~28일후 처리구에서의 밀도억제효과가 특히 컸던 것은 성충이 산란을 거의 끝낸 시기였기 때문에 buprofezin의 약효지속기간내에 대부분의 유충이 출현하였던 것과 관계가 있는 것으로 생각된다. 반면 접종후 13일 및 그 이전에 처리된 시험구에서는 약제에 강한 성충이 후기에 산란한 난으로부터 부화한 유충이 약효지속기간후에 출현하여 개체군밀도 형성원이 되었던 것으로 생각된다.

처리시기가 성충에 미치는 생물학적 영향

그림 4는 buprofezin 처리시기에 따른 단시형 암컷성충의 생존곡선인데, 접종 2일전 처리를 제외한 나머지 처리는 처리후 생존곡선양상

Table 1. Age structure of the BPH population^a at the time of buprofezin treatment

Date of buprofezin treatment	Proportion(%) of developmental stage (Mean±S.E.)	
	Larvae	Adult
-2DAI ^b	*	*
3DAI	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c
8DAI	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c
13DAI	100.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c
18DAI	100.0±0.0	0.0±0.0
23DAI	100.0±0.0	0.0±0.0
28DAI	98.5±0.4	1.5±0.4
33DAI	23.6±2.6	76.4±2.6

^a Inoculated adults and their eggs deposited in the rice stem were not included.

^b DAI means days after the BPH inoculation.

^c Eggs were not yet hatched.

*The BPH was not yet inoculated.

이 무처리와 큰 차이가 없어 성충의 수명에 미치는 영향은 우화직후에는 상당하였으나 우화 후 몇 일이 지나면 뚜렷하지 않았다.

그림 5는 접종후 3일 간격으로 산란수를 조사하여 buprofezin 처리시기에 따른 산란소장을 나타낸 것이다. 전체적으로 접종 6~12일 사이에 최고산란력을 보였으며 산란소장양상에 있어서는 모든 구에서 큰 차이가 없었다.

산란소장의 차이는 주로 산란전반기에 보였고 후반기에는 차이가 없었으며 그 차이는 접종후 초기 처리에서 보다 명백하였다.

표 2는 buprofezin 처리시기에 따른 벼멸구 암컷과 수컷의 수명 및 개체당 평균산란수이다. 접종 2일전 처리를 제외한 처리들에서는 무처리와 큰 차이가 없었던 것으로 보인다.

Table 2. Effect of buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a) on the longevity and fecundity of the BPH adult with different application dates after the BPH inoculation on the rice

Date of buprofezin treatment	n	Longevity of female(days)		Longevity of female(days)		Fecundity (No. of eggs per a female)	
		$\bar{x} \pm S.E.$	C.V.(%)	$\bar{x} \pm S.E.$	C.V.(%)	$\bar{x} \pm S.E.$	C.V.(%)
-2DAI ^b	20	19.3±2.02b	46.8	23.2±2.60a	50.1	256.8±43.5a	75.8
3DAI	20	24.2±1.58ab	29.2	27.6±1.55a	25.2	422.7±43.38bc	45.9
8DAI	20	30.1±1.73a	25.6	26.5±2.56a	43.2	557.4±34.26ab	27.5
13DAI	20	26.2±1.95ab	33.2	26.7±2.44a	40.9	490.6±38.11ab	34.7
18DAI	20	28.8±2.60a	40.3	24.1±2.21a	41.1	475.3±51.40ab	48.4
23DAI	20	30.4±2.62a	38.5	26.2±1.63a	27.8	507.2±42.50ab	37.6
28DAI	20	31.2±1.76a	25.3	24.6±1.81a	33.0	582.4±33.09ab	25.4
33DAI	20	28.7±2.28ab	35.5	27.1±1.66a	27.5	494.9±36.18ab	32.7
Control	20	31.0±1.84a	26.5	29.8±1.62a	24.3	606.0±27.23a	20.1

^a DAI means days after the BPH inoculation.

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

암컷의 수명은 접종 2일전 처리에서 19.3일로 타처리들보다 명백히 짧았고 변이계수는 46.8%로 타처리들보다 컸다. 수컷의 경우 접종 2일전 처리의 평균 수명이 23.2일로 타처리들과 명백한 차이는 없었으나 변이계수에 있어서는 50.1%로 다른 처리들보다 상당히 높았다.

개체당 평균산란수는 접종 2일전 처리에서 256.8개로 현저히 적었으며 변이계수도 75.8%로 현저하게 컸다. 접종 3일후 처리에서도 422.7개로 무처리 606.0개와 유의한 차이가 있

었다.

이상에서 buprofezin은 우화직후 성충의 수명이나 산란수 등에는 영향을 미치나 우화후 시간이 오래 경과한 성충에 대해서는 그의 처리효과가 없음을 알 수 있다.

Buprofezin은 살란효과 및 성충에 대한 직접 살충효과가 낮고, 우화후 경과일수가 오래된 성충에 처리할 때는 성충의 수명 및 산란수 감소나 그로부터 산란된 난의 부화율 감소효과가 낮아지기 때문에 (Asai 등 1983, Heinrichs 등

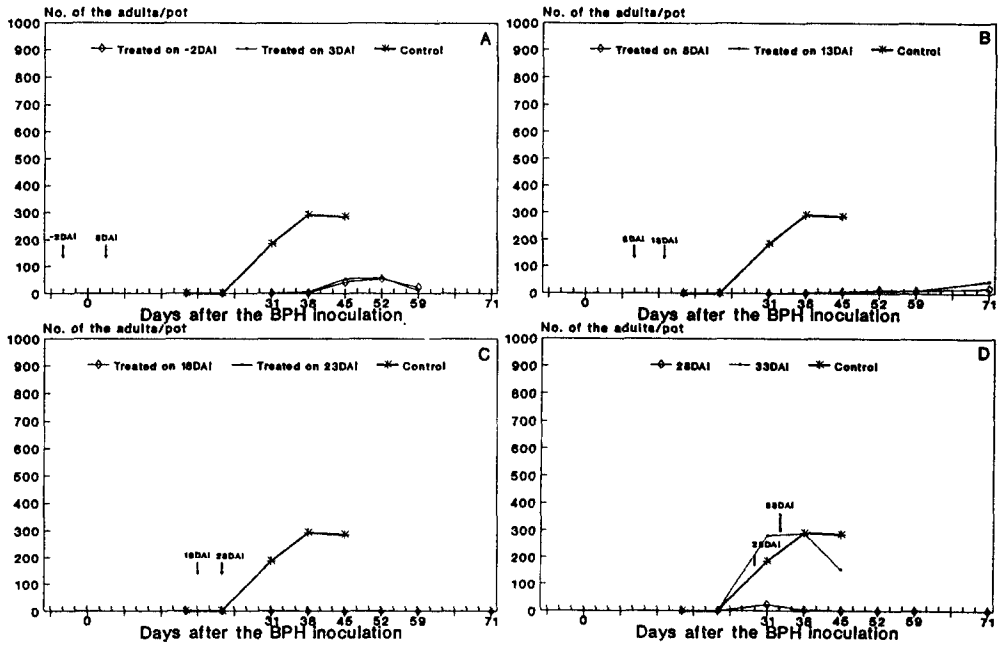


Fig. 3. Changes in the adult densities of *Nilaparvata lugens* when buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a) was treated on different days after the BPH inoculation (DAI).

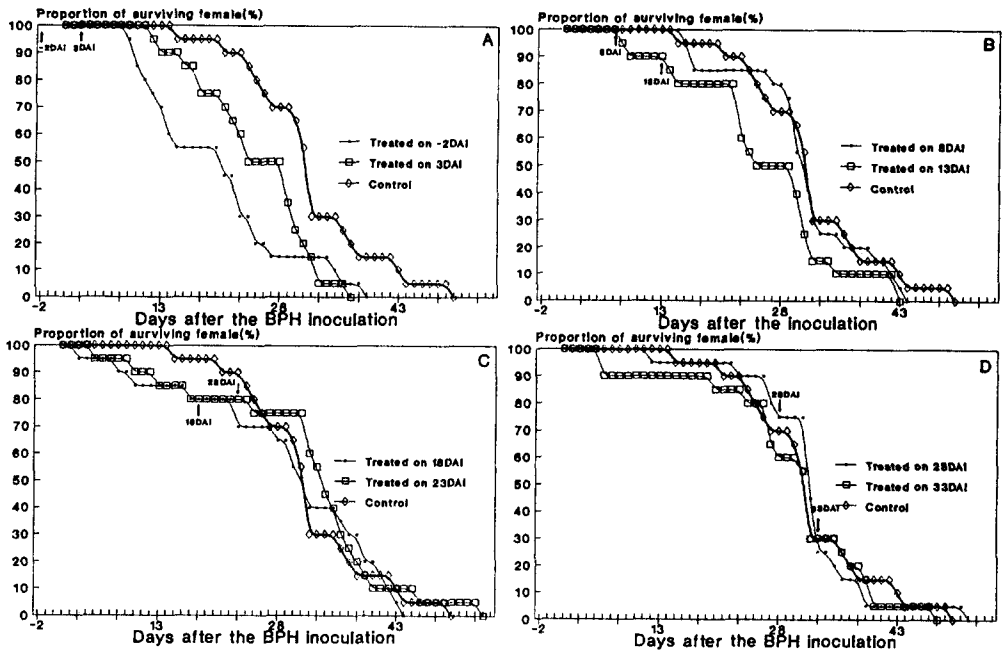


Fig. 4. Survivorship curves of the females of *Nilaparvata lugens* when buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a) was treated on different days after the BPH inoculation (DAI).

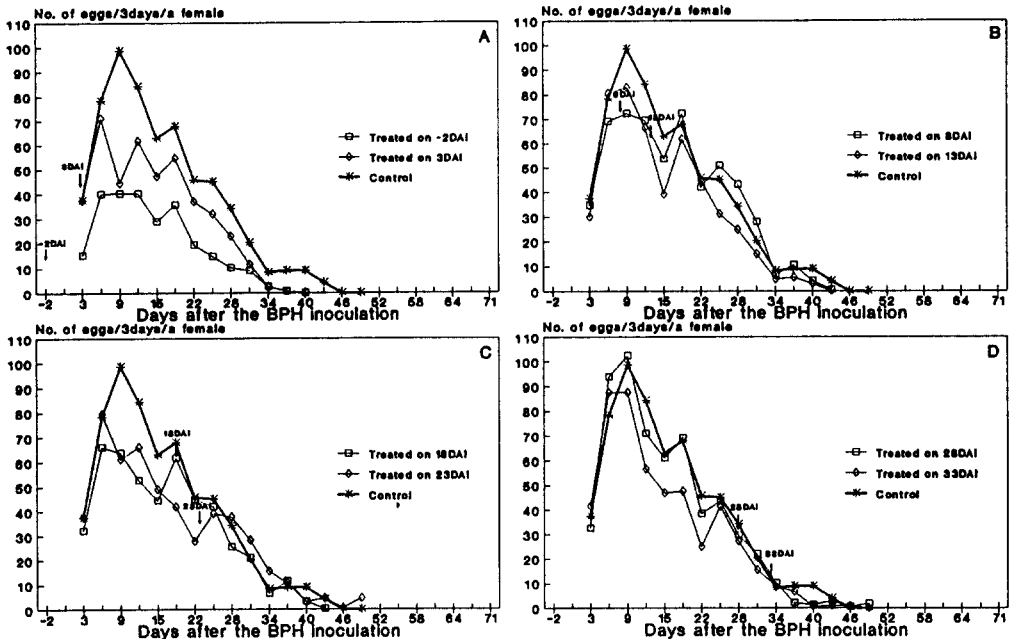


Fig. 5. Changes in number of eggs produced by a female of *Nilaparvata lugens* for 3days when buprofezin 25% WP (7.0 g a.i./10 a) was treated on different days after the BPH inoculation (DAI).

1984) buprofezin 처리당시의 벼멸구개체군 연령구성은 밀도억제효과 발현에 중요한 요인으로 작용할 것으로 생각된다.

그림 4와 5에서 보는 바와 같이 buprofezin (25% WP; 7.0 g a.i./10 a)은 성충우화 초기처리에서는 성충의 수명이나 산란수 감소효과가 있으나 우화후 시일이 경과된 성충에 처리했을 경우에는 영향이 거의 없다.

Asai 등(1985)은 우화후 24시간 이내의 암컷에 buprofezin을 250 ppm의 농도로 처리했을 때 수명, 산란수 및 그로부터 산란된 난의 부화율이 현저하게 떨어졌으며 우화후 24~48시간 사이의 성충에 처리했을 때에는 수명과 부화율, 우화후 48~192시간 사이에 처리시에는 부화율이 감소하여 결과적으로 우화후 192시간 이내의 성충에 대해서는 그의 연령과 무관하게 차세대 개체군의 밀도증식을 억제할 수 있다고 하였다. 그러나 본 실험의 결과가 Asai 등의 결과와 달랐던 것은 공시된 buprofezin 처리농도가 50 ppm으로 250 ppm보다 현저하게 낮아 우화후 시간이 경과함에 따라 성적 성

숙이 완성되어 가는 성충에 대해서 영향을 미치지 못했기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 성충에 대한 산란수 감소효과는 처리당시 성충연령뿐만 아니라 buprofezin 처리농도도 관여함을 알 수 있다.

한편, 벼멸구 암컷은 우화직후에 난자형성발육이 이루어지나 수컷의 경우에는 유충기에 정자형성발육이 이루어져 5령기에는 이미 정자가 testicular tubule의 기부에 존재하여 암컷보다 빠르게 성적 성숙이 이루어진다(Mochida와 Okada 1979). 따라서 우화후 초기 처리에서도 암컷과는 달리 수컷 수명은 크게 영향을 받지 않았던 것으로 보아 buprofezin의 성충에 대한 성적 성숙억제작용(Asai 등 1985)이 수컷에 대해서는 크게 미치지 않는 것으로 생각된다.

Buprofezin은 벼멸구 성충보다는 유충에 대해서 훨씬 큰 선택성을 가지고 있어 buprofezin 처리당시의 벼멸구 유충은 차세대 밀도증식에 기여할 수 없다(배 등 1992). 이러한 선택성은 약처리당시의 유충밀도는 약처리 후 급격하게 감소하는 반면에(그림 2C, D) 성

충밀도감소는 다소 완만하게 이루어진 것(그림 3D)에서도 잘 나타나 있다.

비래초기에 약처리를 할 경우 약처리당시 벼멸구개체군의 대다수는 성충과 그로부터 산란된 난으로 구성되어 있는 상태에서 buprofezin 처리는 성충이나 난에 대해서는 살충력을 발휘할 수 없으므로(Asai 1983, Heinrichs 등 1984) buprofezin의 효과는 주로 난으로부터 갓부화되어 나오는 1령 유충에 대해서만 작용하게 된다. 그러나 약처리당시의 성충은 buprofezin 처리후에도 그의 산란활동은 계속될 것이므로 약처리후에 산란된 난에서 부화하는 유충은 buprofezin의 약효가 감소함에 따라 생존하는 비율도 높아질 것이다. 이것은 buprofezin 7.0 g a.i./10 a 처리의 1령 유충에 대한 약효지속효과가 약처리 17일후까지 100%의 살충률을 유지하다가 이후 감소되는데(배 등 1992), 우화초기처리시 17일경 이전까지는 밀도증식이 억제되나 그 이후부터 유충밀도가 증가하는 것에서도 알 수 있다.

반면 접종후기처리(접종후 제1세대성충 출현 이후 처리는 제외)에서 밀도억제효과가 높았던 것은 buprofezin 처리당시 개체군 연령구성이 유충과 부화할 성숙난이 많아 buprofezin의 약효지속기간내에 노출되는 유충의 비율이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 판단된다.

이상에서 buprofezin의 벼멸구개체군 밀도억제효과는 처리당시 유충비율이 높을수록 유리함을 알 수 있다. 따라서 단일 비래충을 대상으로 하였을 때 buprofezin 처리적기는 비래후 제1세대 성충이 출현하기 전의 일정 기간내이며 처리약량이 높을수록 약효지속기간이 길어(배 등 1992) 처리적기의 폭이 넓으며, 풋트 실험조건에서 buprofezin 7.0 g a.i./10 a 약량처리의 경우 약 10일 정도(성충 접종후 18~28일 사이)로 추산되나(그림 1) 본 실험이 온실에서 망사를 둘러싸온 풋트실험임을 감안할 때 실제 포장에서의 약효지속기간은 광분해에 의한 영향으로 풋트에서보다 짧아질 가능성이 많아 이에 대한 검토가 요망된다.

그러나 포장에서 벼멸구 암컷 비래충의 수명은 5일 미만으로(Kisimoto 1977) 풋트조건보다 현저하게 짧아 비래후 제1세대 개체군의 충태간 증복정도가 풋트에서보다 심하지 않을 것이고, 특히 제1세대 성충 출현 이전에 유충군 밀도의 우점기간이 길어져, 같은 약효지속기간을 가정한다면 buprofezin의 처리적기 폭은 더 넓어질 것으로 생각된다. 그리고 개체군 관리라는 측면에서, buprofezin의 처리적기가 비래후 제1세대 유충기임을 감안할 때 buprofezin은 벼멸구 방제의 관건인 비래 정착후 초기세대의 증식력 억제를 의한 효과적인 방제수단이 될 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* 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.
- 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. 1992. 벼멸구 유충에 대한 buprofezin의 약효지속효과 및 몇가지 생물학적 영향. 한국응용곤충학회지 31(4): 543~550
- 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.
- Kisimoto, R. 1977. Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. In the rice brown planthopper. FFTC (ASPAC). Taipei, Taiwan. pp. 27~41.
- 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).

- 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) : 49~55.
- Lee, J.O. & J.S. Park. 1977. Biology and control of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* S.) in Korea. In the rice brown planthopper. FFTC (ASPAC) Taipei, Taiwan. pp. 199~213.
- Mochida, O. & T. Okada. 1979. Taxonomy and biology of *Nilaparvata lugens* (Hom., Delphacidae). pp. 21~43. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI. Los Banos, Laguna, Philippines.
- Shibuya, M. 1984. Applaud, a new selective insecticide. Japan Plant Prot. 44 : 17~21.
- 엄기백, 박중수, 이영인, 최귀문, 이문홍, 이정운. 1988. 벼멸구의 비래와 기상과의 관계. 한국응용곤충학회지 27 : 200~210.
- 엄기백. 1991. 흰등멸구와 벼멸구의 발생생태 특성과 피해에 관한 연구. 81pp. 서울대학교 농생물학과 박사학위 논문.

(1992년 9월 28일 접수)