

벼 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis*)의 경제적 피해수준이건휘* · 백채훈¹ · 최만영¹ · 서홍렬¹ · 배순도 · 최용수²작물과학원 영남농업연구소, ¹작물과학원 호남농업연구소, ²전남 곡성군 옥과면 옥과리 285Economic Injury Levels for the Rice Leafroller *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in the Rice Paddy FieldGeon-Hwi Lee*, Chae-Hoon Paik¹, Man-Young Choi¹, Hong-Yul Seo¹, Soon-Do Bae and Yong-Soo Choi²

Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-130

¹Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080²San 285, Okgaw Ri, Okgaw Myeon, GokSeong Gun, Jonnam 516-911

ABSTRACT : This study was carried out to determine the economic injury level of the rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* G.. The damage aspects of rice plant (at tillage stage) by leaf folders at different larval density per plant were studied in pot experiment (24 cm in diameter, 18 cm in height). One leaf folder consumed 6-7 leaves during larval stage. The damage by leaf folders was simulated by cutting off 0, 10, 30, 50, 70, and 90% of leaves before and after heading stage July 15th (at panicle initiation stage) and August 15th (at milk stage), respectively. When leaves were cut before the heading of rice, the linear relationships between the leaf cutting rate (X) and each factors of yield (Y) were as following; for grain maturity it was $Y = -9.379X + 83.630$ ($R^2 = 0.493$), $Y = 0.139X + 0.490$ ($R^2 = 0.925$) for yield, and $Y = -4.880X + 81.116$ ($R^2 = 0.665$) for head rice. When leaves were cut after the heading of rice, it was $Y = -23.014X + 83.589$ ($R^2 = 0.915$) for grain maturity, $Y = 0.141X + 3.466$ ($R^2 = 0.842$) for yield, and $Y = -13.795X + 81.964$ ($R^2 = 0.898$) for head rice. We found that when leaf cutting after the heading stage caused more damage than before the heading in terms of yield and yield components. Based on theses results the economic threshold level was estimated to be 30% and 7% leaf loss before and after heading stage.

KEY WORDS : Rice, *Cnaphalocrocis medinalis*, Economic damage level

초 록 : 벼 흑명나방 유충이 벼에 주는 피해를 해석하기 위해 유충 마리당 가해엽수를 조사하고, 생육시기별 절엽 수준(0, 10, 30, 50, 70 및 90%)을 달리하여 수량 및 수량구성 요인을 조사한 결과, 유충 1마리가 유충기간 동안 벼 잎을 6~7개 피해를 줄 수 있는 것으로 조사되었다. 출수전(유수분화기)에는 절엽률과 등숙률과는 $Y = -9.379X + 83.630$ ($R^2 = 0.493$), 절엽률과 수량감소율과는 $Y = 0.139X + 0.490$ ($R^2 = 0.925$), 절엽률과 완전미율과는 $Y = -4.880X + 81.116$ ($R^2 = 0.665$)의 관계가 있었다. 출수 후(유숙기)에는 절엽률과 등숙비율과는 $Y = -23.014X + 83.589$ ($R^2 = 0.915$), 절엽률과 수량 감소율과는 $Y = 0.141X + 3.466$ ($R^2 = 0.842$), 피해율과 완전미율과는 $Y = -13.795X + 81.964$ ($R^2 = 0.898$) 관계가 있었다. 따라서 출수전보다 출수 후가 흑명나방 피해를 받았을 때 수량이나 수량구성요소에 더 큰 영향을 준 것으로

*Corresponding author. E-mail: Leejhwi@rda.go.kr

조사되었다. 벼 흑명나방 피해허용수준은 출수 전(유수분화기)에는 피해엽률 30%, 출수 후(유숙기)에는 피해엽률 7%였다.

검색어 : 벼, 흑명나방, 경제적 피해수준

흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis* G.)은 유럽과 아프리카를 제외한 동반구의 벼를 재배하는 지역에 널리 분포하는 해충(Sakai *et al.*, 1942)으로서 2차대전 이후에는 해에 따라 대발생하는 돌발해충이었으나(Miyahara *et al.*, 1978) 80년대에 들어 벼에 큰 피해를 주는 주요해충으로 등장하였다(Waldbauer & Marciano, 1979). 흑명나방에 대한 온도별 성충수명 및 유충과 번데기 발육기간 등의 많은 생태연구가 이루어졌으며(Sato & Kishino, 1978; Wada, 1979), 우리나라와 일본과 같이 겨울의 온도가 낮은 곳에서는 월동이 불가능한 해충으로 알려져 있다(Choi, 1973; Fuse, 1978; Kisimoto, 1971). 따라서 우리나라에서 흑명나방은 벼멸구, 흰등멸구 등과 함께 6~7월경 중국남단에서 발생하는 저기압을 타고 오는 이동성 해충으로 알려져 있다(Kisimoto, 1978; Miyahara *et al.*, 1978; Sato & Kishino, 1978; Wada *et al.*, 1980). 흑명나방은 우리나라에서는 7월 초부터 비래하여 서남해안으로부터 발생이 관찰되며 세대를 경과하면서 북동진 하는데, 일반적으로 2~3세대를 경과한다(Choi, 1973). 남부지방에서 1화기 성충 발생최성기는 7월 하순~8월 상순, 2화기는 9월 상순~9월 중순으로 나타났으며(Kim and Choi, 1984), 2003년에는 전국적으로 다발생하여 큰 피해를 주었다(Anonymous, 2003). 최근 FTA협상 확대로 외국산 농산물의 수입이 증가할 것으로 예상됨으로 우리농산물의 국제경쟁력 제고를 위해서는 고품질 안전농산물 생산을 위한 친환경적 해충 종합관리기술(IPM) 개발이 요구된다. 어떤 작물에 발생하는 병해충에 대하여 IPM을 실행하기 위하여 가장 기초적으로 수행되어야 할 사항으로 경제적 피해수준(Economic injury level)과 경제적 방제수준(Economic threshold) 설정이다. Stern *et al.* (1959)이 오늘날 널리 사용되는 경제적 피해수준 및 경제적 방제수준의 개념을 개발하였는데 이 개념의 배경은 과도하고 부절적인 농약 사용에 대한 우려가 증가함에 따라 보다 합리적인 방법으로 살충제를 사용하도록 유도하기 위해서였다. 경제적 피해수준을 설정하는 방법 중 해충의

가해를 시뮬레이션 하는 방법이 사용되는데 시뮬레이션에 자주 이용되는 대상은 엽을 섭식하는 해충들이며 주로 기주식물의 엽을 제거하거나 구멍을 뚫는 방법이 사용되는데, 벼 엽을 가해하는 해충들의 피해해석을 하기위해서 시뮬레이션 방법을 이용하였다(Bowling, 1978; Rice *et al.*, 1982). 따라서 본 연구에서는 벼 흑명나방 피해해석을 하기위해서 벼 주당 흑명나방 밀도를 달리하여 접종한 후 피해엽률 변화를 관찰하였으며, 생육시기별 벼 엽을 인위적으로 절엽하고, 절엽 시기와 절엽 수준에 따른 수량 및 수량구성요소 등을 조사하여 벼 생육시기별 흑명나방에 대한 경제적 피해허용수준을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

유충 접종수준별 피해엽수

흑명나방 접종밀도별 피해엽수 변화를 조사하기위해 자연광이 충분한 온실(24~30°C)에서 포트(직경 24 cm, 높이 18 cm)에 동안벼 3~4본을 이앙 한 후 45일(분얼기)에 흑명나방 1령 유충을 주당 1, 2, 3, 4, 5마리씩 10반복 접종한 후 피해엽수를 조사하였다. 이때 사용된 층은 2004년 익산시 호남농업연구소 시험포장에서 채집한 성충에서 채란하여 얻어진 유충을 이용하였다.

절엽 시기 및 수준과 수량과의 관계

2004년 호남농업연구소의 식물환경과 포장에서 동안벼를 5월 25일에 기계이앙 후 벼 절엽시기 및 수준에 따른 벼의 수량과 수량구성요소 등에 미치는 영향을 조사하였다. 절엽시기는 우리나라에서 흑명나방이 벼에 피해를 주는 시기 즉, 흑명나방 1화기 성충 발생 최성기(7월 하순~8월 상순)와 2화기 성충(9월 상순~9월 중순)발생 최성기를 고려하여 유충발생 최성기를 출수전(7월 15일,

유수분화기)과 출수후(8월 25일, 유숙기)로 추정하고, 두 시기에 각각 가위를 이용하여 전체의 잎을 0, 10, 30, 50, 70 및 90%로 절엽하였다. 이때 1구당 면적은 20 m²였으며, 구당 50주를 대상으로 수량과의 관계를 조사하였다.

자료분석

유충 마리당 가해엽수 및 생육시기별 절엽 수준에 따른 수량 및 수량구성 요인을 분산분석(ANOVA)하고 Duncan의 다중검정으로 평균간 유의차를 비교하였다(SAS Institute, 1996). 출수 전과 후 절엽률과 등숙률, 절엽률과 수량 감소율 및 절엽률과 완전미율과의 관계는 Excel 프로그램에서 회귀분석법을 이용해 분석하였다.

결과 및 고찰

유충 집중수준별 피해엽수

흑명나방 유충밀도에 따른 벼 피해엽수 조사한 결과 (Table 1), 유충 1마리 및 5마리를 접종한 후 3일차 와 20일차 피해엽수는 각각 1.3, 6.7 및 5.0, 32.0개였으며, 접종밀도가 높을수록 피해엽수가 증가하였다. 이때 유충 1마리가 유충기간 동안 벼 잎을 6~7개 피해를 줄 수 있는 것으로 나타났다.

절엽 시기 및 수준과 수량과의 관계

벼 절엽 시기 및 절엽 수준 별 수량과 수량구성요소를 조사한 결과(Table 2), 절엽시기별 절엽 비율이 높아짐에

Table 1. Leaf damaged by the density of *Cnaphalocrocis medinalis* larva (po test, 24~30°C, 16L:8D)

Infestation density (no./hill)	Damaged leaves (no./hill) ^a					
	3DAT ^b	5DAT	7DAT	10DAT	15DAT	20DAT
1	1.3±0.3a	2.0±0.4a	3.7±1.3a	6.0±1.5a	6.3±1.8a	6.7±2.0a
2	2.3±0.8a	3.0±0.8a	5.3±1.8a	9.0±2.4a	9.3±2.6a	10.0±3.1a
3	3.3±1.1ab	6.7±1.9b	12.0±3.2b	15.7±5.1b	18.0±6.0b	18.0±5.8b
4	4.0±1.3b	7.0±2.0b	12.0±3.1b	25.3±7.5c	27.7±8.2c	29.7±9.0c
5	5.0±1.6b	7.7±2.2b	15.3±4.0b	24.3±6.8c	28.7±8.6c	32.0±11.2c

^a Within a column, means followed by the same letters are not significantly different (*P* = 0.05; DMRT)

^b DAT : days after treatment

Table 2. Effect of leaf defoliation levels on the yield components of rice

Time of defoliation	Level of defoliation (%/hill)	Stem height (cm)	Panicle length (cm)	No. of Panicles /hill	No. of Grains/ panicle	Rrice ripening (%)	Weight of 1,000 grains (g)	Rate of head rice (%)	Yield (kg/10a)	Yield index
Before heading (Jul. 15)	0	83.9a	18.8a	16.3a	80.7a	83.0a	23.2a	81.7a	502.4a	100.0
	10	78.4a	17.8a	16.2a	79.2a	82.0a	22.7a	80.2a	500.0a	100.0
	30	77.8a	17.6a	15.0a	78.9a	81.0a	22.5a	79.4a	472.6a	94.0
	50	77.1a	17.8a	15.3a	78.0a	79.0a	21.2a	78.6a	455.9ab	91.0
	70	75.5a	17.8a	15.2a	77.1a	76.0a	20.7a	77.7ab	450.1ab	90.0
	90	74.0a	17.1a	15.7a	76.2a	76.0a	20.3a	76.9ab	448.5ab	89.0
After heading (Aug. 25)	10	-	-	-	-	80.0a	23.8a	80.1a	466.2a	98.0
	30	-	-	-	-	77.0a	23.7a	77.2ab	457.6ab	92.0
	50	-	-	-	-	73.0a	22.9a	75.3ab	443.2ab	88.0
	70	-	-	-	-	68.0ab	21.6a	72.8b	435.2ab	87.0
	90	-	-	-	-	62.0b	20.5a	69.3c	428.7b	85.0

^a Within a column, means followed by the same letters are not significantly different (*P* = 0.05; DMRT)

따라 등숙률과 완전미 비율 및 수량은 낮아졌지만 천립중은 큰 차이가 없었다. 절엽률에 따른 출수 전과 출수 후의 수량감소 및 수량구성요소들 사이의 관계를 회귀분석한 결과, 절엽률과 수량감소율의 관계식은 출수 전 및 후 각각 $Y = 0.139X + 0.490$ ($R^2 = 0.925$) 및 $Y = 0.141X + 3.466$ ($R^2 = 0.842$) 이었고(Fig. 1), 절엽률과 등숙률과의 관계식은 출수 전 및 후 각각 $Y = -9.379X + 83.630$ ($R^2 = 0.493$) 및 $Y = -23.014X + 83.589$ ($R^2 = 0.915$) 이었고(Fig. 2), 절엽률과 완전미율과의 관계식은 출수 전 및 후 각각 $Y = -4.880X + 81.116$ ($R^2 = 0.665$) 및 $Y = -13.795X + 81.964$ ($R^2 = 0.898$) 이었다(Fig. 3). 또한 절엽률과 등숙률 및 완전미 비율 사이의 관계(Fig. 2, 3)는 출수전과 출수후의 경우 모두 절엽률이 높을수록 등숙률과 완전미 비율이 떨어지는 부의 상관관계를 나타냈고, 출수전 보다는 출수후의 경우 절엽률이 높을수록 그 비율이 많이 떨어지는 경향을 나타내었다. Kim and Choi (1984)는 흑명나방의 벼 피해율에 따른 수량감소는 벼 생육시기에 따라 차이가 있으며, 출수 전보다는 출수 후인 유수형성기부터 등숙기 전까지가 수량감소율이 가장 크고, 피해엽률과 등숙률과는 부의 상관관계가 인정된다고 보고하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과를 얻었다. 또한, Bowling (1978)은 벼 유묘기 및 분얼기에 각각 25와 50%를 절엽하였을 때 수량감소는 각각 3과 8% 및 5와 12%로 동일수준으로 절엽하였을 때 유묘기보다는 분얼기 때 수량감소가 큰 것으로 보고하였다. Rice *et al.* (1982)은 미국 캘리포니아 지역에서 재배되고 있는 몇 가지 벼 품종에 대하여 출수 1개월 전에 100 및 50%

절엽하여 수량감소를 조사한 결과 각각 70 및 40%인 반면 25%를 절엽하였을 때는 거의 수량감소가 없는 것으로 보고하였다. 그러나 같은 연구에서 실제적으로 벼 잎을 가해하는 해충인 *Pseudaletia unipuncta*가 포장조건에서 25~30% 가해한 경우 수량감소는 품종에 따라 3~50%로 크게 차이가 있었는데 그 원인은 품종 간 등숙률에는 차이가 없었지만 식물체당립수 감소가 수량에 크게 영향을 미친 것으로 보고 하였다. 해충 방제 여부는 생산물의

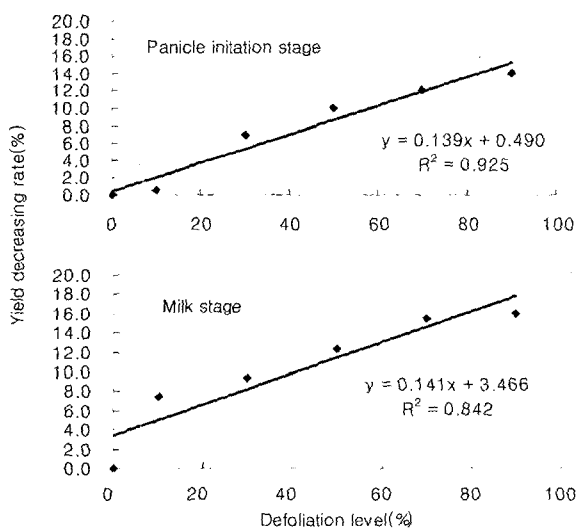


Fig. 1. Regression of yield decreasing rate and leaf defoliation levels.

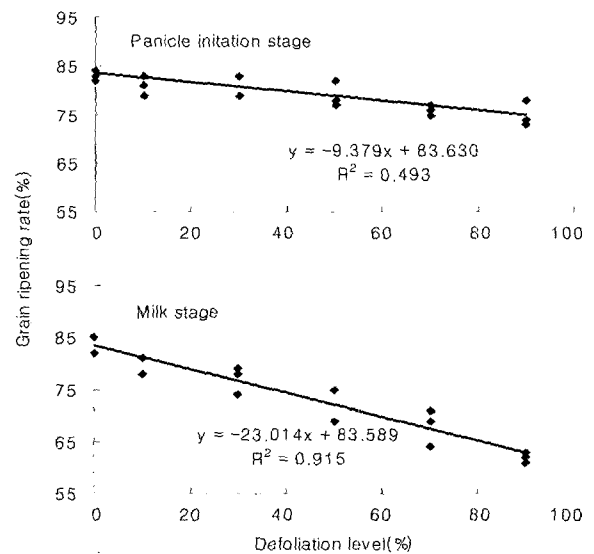


Fig. 2. Regression of grain ripening rate and leaf defoliation levels.

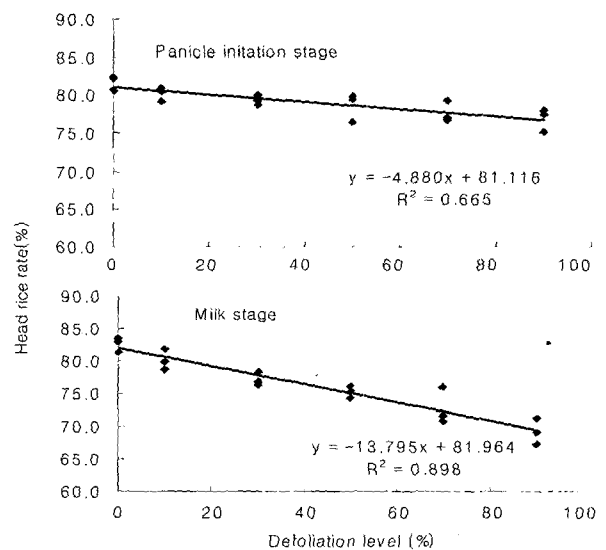


Fig. 3. Regression of head rice rate and leaf defoliation levels.

시장가격과 방제비용을 고려한 경제성이 판단의 기준이 되는데 경제성을 결정하는데 GT (Grain Threshold, 면적당 방제비용과 같은 수량)가 매우 중요한 기준이 된다. 따라서 GT값에 따라 경제적 피해수준은 크게 달라지게 되는데 외국의 일부 사례를 보면 일반작물의 경우 GT값이 수량대비 1.0~3.7%로 전체 수량에서 차지하는 비율이 매우 낮게 나타난다(Maltais et al., 1982; Stone and Pedigo, 1972). 그러나 이러한 낮은 비율은 동일 처리 포장 간에도 수량 변이가 3~5%까지 발생할 수 있다는 점을 고려하여 일본의 경우도 요방제수준 설정시 실용적인 면에서 GT를 전체수량의 3.5~5%범위에서 설정한 예가 많이 보고되어 있다(Kiritani, 1980). 따라서 본 실험자도 절엽률과 수량감소율의 관계식(Fig. 1)에 근거하여 GT값이 전체수량의 5%되는 피해엽률을 추정해보았을 때 벼 흑명나방 피해허용수준은 출수전(유수분화기) 피해엽율은 30%, 출수후(유숙기) 피해엽율은 7%였다. 이상과 같이 흑명나방이 출수 전보다 출수 후에 가해하였을 때 수량 및 수량구성요소에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보이나, 출수 전보다는 출수 후의 흑명나방 발생에 대한 보다 더 정밀한 예찰 및 방제 대책이 요구된다.

Literature Cited

- Anonymous. 2003. Extension report for forecasting and control of diseases and insect pests. pp. 367-384. In 2003 Annual report for rural extension project edited by Kim, J. K., 718pp. RDA (in Korean).
- Bowling, C.C. 1978. Simulated insect damage to rice: Effect of leaf removal. J. Econ. Entomol. 71: 377-383.
- Choi, K.M. 1973. *Cnaphalocrocis medinalis* G. rice leaf folder. Literature review of Korea rice pests, Ins. Agr. Sci. O.R.D. 17-18.
- Fuse, H. 1978. *Susumia exigua* Butler and *Cnaphalocrocis medinalis* G. in shonai district Tamagata prefectural. Agr. Exp. Sta. Kenkyushiry 52(2): 1-22.
- Kim, K.C. and C.S. Choi. 1984. Studies on the bionomics and analysis of damage of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* G. in South region of Korea. Rural Development Review. 19: 25-32.
- Kiritani, K. 1980. Integrated insect pest management for rice in Japan. In Proc international symposium on problems of insect pest management in developing countries. Tropical Agriculture Research Center, Kyoto, Japan. pp. 13-22.
- Kisimoto, R. 1971. Long distance migration of planthoppers. *Sogatalla furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Trop. Agr. Res. Ser. 5: 201-206.
- Kisimoto, R. 1978. Surveys of transoceanic migrating insects on the east China Sea in 1977, Abstract of papers presented to 22nd Annual Meeting of Jap. Soc. Appl. Ent. Zool. 62.
- Maltais, P.M., Nuckle, J.R. and P.V. Leblanc. 1998. Economic threshold for three lepidopterous larval pests of fresh-market cabbage in southeastern New Brunswick. J. Econ. Entomol. 91: 699-707.
- Miyahara, Y., J. Wada and M. Kobayashi. 1978. Appearance of *Cnaphalocrocis medinalis* G. in early planted rice fields in Chicago. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 25: 26-32.
- Rice, S.E., A.A. Grigoric and M.O. Way. 1982. Effect of leaf and panicle Feeding by armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on rice grain yield. Ibid. 75: 593-595.
- Sakai, K., Y. Ikeda and J. Sumeshima. 1942. Study on bionomics and control measures of *Cnaphalocrocis medinalis* G. Appl. Ent. 4: 1-49.
- Sato, T. and K. Kishino 1978. Ecological studies on the occurrence of the paddy leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* G. Bull. Tohoku Nat'l. Agric. Exp. Stan. 58: 47-80.
- Stone and Pedigo. 1972. Development and economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. J. Econ. Entomol. 65: 197-201.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch and K. S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardian 29: 81-102.
- Wada, T., M. Kobayashi and M. Shimazu. 1980. Seasonal changes of the proportion of mated female in the field population of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* G. Appl. Ent. Zool. 15: 81-89.
- Waldbauer, G.P. and A.P. Marciano. 1979. Rice leaf folder: mass rearing and a proposal for screening for varietal resistance in the greenhouse. IRPS. 27(3): 1-17.

(Received for publication 20 October 2006;
accepted 19 December 2006)