

혹명나방 피해 정도에 따른 벼 수량 및 미질 반응

원종건^{*†} · 안덕종* · 김세종* · 최충돈* · 이상철**

*경상북도농업기술원, **경북대학교 농업생명과학대학 식물생명과학부

Response of Rice Yield and Grain Quality as Affected by Rice Leaf Folder

Jong Gun Won^{*†}, Duok Jong Ahn*, Se Jong Kim*, Chung Don Choi*, and Sang Chul Lee**

*Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Taegu 702-708, Korea

**Division of Plant Bioscience, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

ABSTRACT This study was carried out to determine the response of the rice yield and grain quality by rice leaf folder (RLF, *Cnaphalocrois medinalis* G.) and identify the damages caused by different transplanting dates, nitrogen amounts and chlorophyll amounts (SPAD value) of rice leaf. As the damage degree of RLF was getting severer, the ripened grain rate and 1000-grain weight were decreased and due to the increasing of chalky rice rate the rate of head rice was reduced. Therefore, the yield of head rice was decreased by 36% in heavily damaged rice plant. Among the physicochemical characteristics, protein content of rice grain was increased but amylose content was reduced, consequently, the palatability was deteriorated in heavily damaged rice by RLF. The degree of damage of RLF was getting serious as transplanting date was delayed and as the amount of nitrogen was increased. In the relationship between the SPAD value and the damage degree of RLF, as the SPAD value was increased by nitrogen fertilizing, the damage degree was also increased exponential functionally.

Keywords : rice leaf folder, transplanting date, nitrogen ratio, grain quality

해마다 벼농사에 많은 피해를 주는 해충으로는 벼멸구, 혹명나방, 이화명나방, 벼잎벌레, 노린재류 등이 있는데 이들 해충 가운데 벼멸구와 흰등멸구, 혹명나방, 멸강나방 등은 우리나라에서 월동하지 못하고, 베트남, 태국, 중국 남부지역 등지에서 월동하여 이를 봄 중국의 남부지역에서 증식한 다음 장마전선과 젯트기류를 타고 5월말이나 6월초부터 우리나라에

날아오게 된다(Choi, 1973; Kishimoto, 1978; Miyahara *et al.*, 1978; Sato & Kishino, 1978; Wada *et al.*, 1980) 이들 비래해충들은 우리나라 벼농사에 피해를 주는 비중도 큰 편이어서 벼농사의 모든 병해충 피해 가운데 벼멸구는 연평균 13.4%, 흰등멸구는 28.0%, 혹명나방은 4.2% 정도를 차하고 있다. 2003년도는 사상 유례없이 혹명나방이 많이 발생되어 큰 피해를 입었는데, 우리나라 벼 재배면적의 26.5%인 269,457 ha로 집계되었는데 이러한 발생면적은 2002년도 발생면적인 27,716 ha의 10배정도 더 발생되었고, 평년 100,553 ha의 2.7배에 해당하는 심각한 것이었다(김, 2003). 따라서 본 시험은 이상적으로 많이 발생하여 벼에 심각한 피해를 가져온 혹명나방의 재배방법별, 엽록소 함량별 피해 실태를 조사하여 피해에 따른 수량반응, 미질변화 등을 규명하고자 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

혹명나방 피해 정도에 따른 벼 수량 감소 및 미질의 저하 정도를 조사하기 위해서 벼 성숙기에 동일 품종이 재배되고 있는 필지에서 품종별로 혹명나방의 피해를 소, 중, 대로 구분하여 조사를 실시하였다. 혹명나방의 피해정도 소는 육안으로 혹명나방의 피해 엽 비율이 30% 미만, 중은 혹명나방의 피해엽 비율이 30~60%, 대는 혹명나방 피해엽 비율이 60%이상 되는 지점에서 시료를 채취하였다. 조사품종은 화영벼, 주남벼, 일품벼 세품종을 중심으로 각 피해 정도별 20주씩 3반복 시료를 채취하여 수량 및 수량구성요소와 미질 등을 조사하였고, 혹명나방 피해 정도는 3주씩 3반복으로 전 개체의 지엽을 포함한 상위 3개 엽의 혹명나방 피해정도 별로 분류하여 전체 엽수에 대한 비율을 산출하였다. 미질

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-320-0271
(E-mail) jgwon67@gba.go.kr <Received November 26, 2008>

조사는 경상북도 농업기술원 미질종합분석실에서 실시하였으며, 외관상 쌀 품위조사는 Grain Inspector(Cervitec TM 1625, Foss, Sweden)를 이용하여 완전미, 쇠미, 심복백미, 착색립, 피해립 등으로 구분하였으며, 쌀의 단백질 함량 및 아밀로즈 함량은 Grain Analyzer(1241, Foss, Sweden)를 이용하여 조사하였다. 식미치분석은 쌀 시료 33 g을 10분간 취반한 후 Toyo미도미터(MA90A, Toyo, Japan) 분석기기를 이용하여 분석하였다. 이앙시기에 따른 흑명나방 피해 조사는 상미벼, 화영벼, 주남벼를 5월 20일, 5월 30일, 6월 9일, 6월 19일에 이앙한 포장에서 조사를 실시하였다. 벼 질소시비량에 따른 흑명나방 피해 조사는 상미벼, 화영벼, 주남벼를 5월 30일에 이앙 후 10a 당 0, 5, 7, 9, 11, 14, 17 kg의 질소량을 시비한 포장에서 조사하였다. 엽색도는 엽록 소계(SPAD 502, Minolta, Japan)를 이용하여 출수기에 지엽 아래엽의 엽신 중심부를 측정하였다.

결과 및 고찰

흑명나방 피해 정도에 따른 벼 수량 및 미질 변화

Table 1은 흑명나방 피해 정도에 따른 벼 품종별 수량과 미질 정도를 나타낸 것으로 흑명나방의 피해가 증가할수록 등숙비율은 81%에서 69% 및 42%로 현저히 떨어졌으며 현미천립중도 가벼워졌다. 흑명나방 피해에 따른 백미의 외관상 품위는 세품종 모두 피해가 심해질수록 분상질미의 비율이 현저히 증가하여 피해 소에서는 4.8(화영벼) ~ 13.9%(주남벼) 였으나, 피해 중에서는 9.0(일품벼) ~ 14.4%(주남벼), 피해 대에서는 11.3(일품벼) ~ 22.0%(주남벼)를 차지하였으며, 그와는 반대로 완전미 비율이 피해 소에서는 83.9(주남벼) ~ 93.3%(화영벼), 피해 중에서는 83.2(주남벼) ~ 88.2%(일품벼), 피해 대에서는 74.2(주남벼) ~ 84.2%(일품벼)였

다. 따라서 완전미 수량도 피해 소에서는 494 kg, 중에서 442 kg, 대에서는 318 kg으로 피해 소에 비해 대에서는 약 36% 정도의 수량 감수가 있었다. 이는 Lee *et al.*(2006)의 벼 등숙기 벼멸구 피해에 따른 쌀 수량 및 품질에 대한 보고와 일치하는 것으로 벼멸구 피해가 심할수록 정상립 비율이 낮아지고 미숙립 등의 비율은 높아진다고 하였으며, 흰잎마름병의 피해조사에서도 같은 결과가 보고되고 있어 이 병정도가 심한 벼는 현미의 정상립 비율이 낮고 청미와 사미의 비율이 높다고 하였다(Shin *et al.*, 1992). 이와 같은 결과는 흑명나방에 의해 대부분의 지엽과 상위엽이 피해를 입으므로 인해 동화작용의 불량으로 전분의 축적이 저해됨으로 등숙이 낮아져 미질이 저하되었던 것으로 판단되었다.

쌀의 이화학적 특성 중 단백질의 함량은 흑명나방의 피해가 증가할수록 현저히 증가되었으나 아밀로즈 함량은 오히려 감소되는 경향을 보였다(Table 2). 따라서 단백질의 함량이 증가하였던 피해 중과 대에서 식미치가 떨어져 밥맛에 많은 영향을 끼친 것으로 사료되었다. 벼멸구의 피해에 따른 쌀의 이화학적 특성에서도 무피해구에 비해 피해구에서 단백질 함량이 높아졌다고 보고하였다(Lee *et al.*, 2006). Taira *et al.*(1978)에 의하면 호숙기로부터 성숙기에 걸쳐 건물생산대비 단백질 함량의 저하가 커졌으며, 하위 등급미에 있어서 단백질 함량이 높은 것은 미숙립의 혼입에 따른 것으로 추정되었다고 보고하고 있어 본 시험에서도 흑명나방의 피해를 많이 입을수록 등숙이 저하되어 미숙립이 증가되고 따라서 백미의 분상질미 비율이 높아지면서 단백질 함량이 높아진 것으로 추정되었다.

벼 이앙기에 따른 품종별 흑명나방 피해 정도

벼 이앙기에 따른 품종별 흑명나방 피해 정도는 이앙시기가 자연될수록 흑명나방의 피해 일 비율이 40% 이상 현저

Table 1. Rice yield, yield components and grain quality as affected by different rice leaf folder injury rate.

Variety	Insect injury rate	Ripened grain rate (%)	1000-G weight (g)	Head rice (kg 10a ⁻¹)	Head rice rate (%)	Chalky rice rate (%)
Iilpum	< 30%	84a [†]	21.6a	481a	91.7a	5.5b
	30-60%	65b	21.2ab	434b	88.2b	9.0a
	> 60%	42c	20.9b	330c	84.2c	11.3a
Junam	< 30%	78a	22.9a	527a	83.9a	13.9b
	30-60%	67b	22.0ab	493a	83.2a	14.4b
	> 60%	37c	21.3b	319b	74.2b	22.0a
Whayoung	< 30%	81a	22.0a	475a	93.3a	4.8c
	30-60%	75b	21.1b	398b	84.8b	9.9b
	> 60%	48c	20.4c	306c	79.4c	15.0a

[†]Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 2. Protein, amylose content and palatability of rice as affected by different rice leaf folder injury rate.

Variety	Insect injury rate	Protein content (%)	Amylose content (%)	Palatability (Toyo)
Iilpum	< 30%	7.5c [†]	16.0a	70.7a
	30-60%	8.6b	15.0b	69.8b
	> 60%	9.5a	12.6c	58.0c
Junam	< 30%	8.0b	15.0a	67.4a
	30-60%	8.4ab	14.5a	65.9a
	> 60%	9.2a	12.7b	61.1b
Whayoung	< 30%	8.5c	15.1a	66.0a
	30-60%	8.9b	13.7ab	60.9b
	> 60%	9.1a	12.2b	58.8c

[†]Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 3. SPAD value, rice yield and rice leaf folder injury rate as affected by different transplanting date.

Variety	Transplanting time	SPAD value	Rice yield (kg 10a ⁻¹)	Insect injury rate (%)			
				Not injured	Total	< 30%	30-60%
Sangmi	May 20	38.8a [†]	565a	51a	49	28	10
	May 30	39.1a	497b	24b	76	24	21
	June 9	41.2b	470b	29b	71	19	18
	June 19	41.6b	373c	13c	87	22	24
Whayoung	May 20	38.2a	544a	47a	53	31	16
	May 30	39.6ab	479b	27ab	73	34	25
	June 9	41.2bc	460b	13bc	87	25	32
	June 19	41.7c	401c	4c	96	19	32
Junam	May 20	40.4a	571a	50a	50	35	9
	May 30	40.6a	509b	39b	61	23	23
	June 9	41.3b	487b	41b	59	17	22
	June 19	43.5c	484c	13c	87	18	30

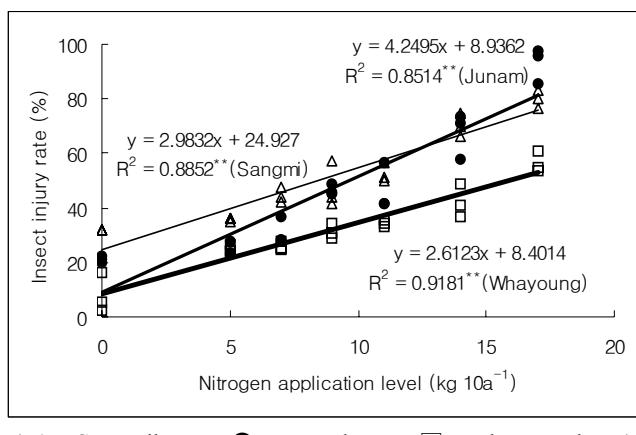
[†]Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

하게 증가하였다(Table 3). 특히 60%이상 피해를 입은 엽의 비율이 이앙시기가 늦어질수록 급증하여 피해의 심각성이 더하였다. 조생종인 상미벼와 중생종인 화영벼의 경우는 5월 20일 이앙에서는 50% 가까운 피해를 입었고 30~60%와 60% 이상의 피해를 입은 엽의 비율이 낮았고, 5월 30일 이후 이앙부터 피해가 급격히 늘어나는 경향을 보였으나, 만생종인 주남벼의 경우는 6월 19일의 만식이앙에서 피해가 급격히 증가하는 경향이었다. 이는 재배양식별 재배시기가 늦어질수록 피해엽율이 현저히 높았다는 보고(Lee & Ma, 1997)와 파키스탄에서의 이앙시기가 늦어질수록 흑명나방의 피해가 0.50%에서 81.67%로 심해졌다는 보고(Khakwani *et al.*, 2006)와 일치하였다. 위와 같은 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같이 이앙기가 늦어질수록 벼 잎의 엽록소 함량(SPAD 값)이 상대적으로 증가한데서 기인되었으며, 이는

이앙기가 늦어질수록 이앙에서 출수까지 벼의 본답 영양생장 기간이 짧아지는데 반해 비료는 같은 량이 시용되었기 때문에 식물체의 비료흡수가 많아 잎의 엽록소 함량이 점차 증가되었기 때문인 것으로 사료된다. 특히 엽록소 함량과 흑명나방과의 관계는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 질소질비료 시비량에 따라 엽록소 함량이 증가하였으며, 그에 따라 흑명나방의 피해도 증가하였다.

질소질 비료 시비량에 따른 품종별 흑명나방 피해 정도

Fig. 1은 질소시비량과 흑명나방 피해와의 관계를 그래프로 나타낸 것으로 질소시비량이 증가할수록 흑명나방 피해는 3품종 모두 직선적으로 증가하였으며, 결정계수는 화영벼에서 0.9181로 가장 커 직선회귀식으로 가장 잘 설명되고 있었으며, 주남벼는 결정계수가 0.8514로 작아 직선회귀식



(-△- Sangmibyeo, -●- Jumanbyeo, -□- Whayoungbyeo)

Fig. 1. Relation between rice leaf folder injury rate and nitrogen application rate.

으로 설명될 수 있는 부분은 85% 정도였다. 시비량에 대한 흑명나방 피해율의 회귀계수는 상미벼 2.9832와 화영벼의 2.6123에 비해 주남벼는 4.2595로 상당한 차이를 보여 주남벼의 경우 시비량이 증가함에 따라 흑명나방의 피해가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 질소질 비료의 시비수준과 흑명나방 발생과는 고도로 유의한 정의 상

관관계($r = 0.7549^{**}$)가 있었고 특히 엽의 질소함량과도 고도로 유의한 정의 상관관계($r = 0.6465^{**}$)가 있었다는 보고 (Chau, 2003; Ma & Lee, 1996)와 일치하는 경향이었다. Chau(2003)에 의하면 질소 시비량에 따른 잎의 질소함량이 증가하면 광합성 작용을 증대시켜 잎의 질소, 인, 칼리 등 더 많은 영양분을 생산하게 되어 유해충들의 먹이가 된다고 하였고, 특히 벼멸구에 있어서도 질소질 비료의 증비로 인한 SPAD값의 증가에 따라 그 피해 정도가 증가하여 질소 시비량과는 상관관계가 $r = 0.63^{**}$, 잎의 질소함량과는 $r = 0.65^{**}$ 의 상관관계가 있었다고 보고하여 본 시험의 잎의 질소함량이 많아질수록 흑명나방에서도 피해가 증가하는 결과와 같은 경향을 보였다.

품종별 시비량에 따른 엽록소 함량과 피해율 그리고 수량의 변화를 Table 4에서 보면, 세 품종 모두 시비량이 증가함에 따라 엽록소 함량이 증가하였으며, 그에 따라 벼 흑명나방 피해는 지수 함수적으로 늘어났다(Fig. 2). 품종별 시비량에 따른 피해정도를 보면 상미벼에서 9~48%, 화영벼는 1~25%, 주남벼는 3~64% 정도의 피해율을 보여 화영벼에서 질소시비량에 따른 피해율 증가가 가장 적었고, 주남벼에서 가장 컸던 것으로 조사되었다. 따라서 주남벼의 경

Table 4. SPAD value, rice yield and rice leaf folder injury rate as affected by different nitrogen application level.

Variety	Nitrogen amount (kg 10a⁻¹)	SPAD value	Rice yield (kg 10a⁻¹)	Insect injury rate (%)			
				Not injured	Total	< 30%	30-60%
Sangmi	0	30.6f [†]	315c	68a	32	11	12
	5	34.3e	386bc	64ab	36	7	17
	7	36.2de	400ab	55bc	45	14	14
	9	37.7cd	412ab	52c	48	13	17
	11	38.6bc	451a	47c	53	6	25
	14	40.6ab	429ab	30d	70	14	21
	17	42.0a	371bc	20d	80	13	19
Whayoung	0	31.4f	342d	92a	8	4	3
	5	34.7e	411c	75ab	25	7	14
	7	35.9d	442b	74b	26	14	7
	9	37.3c	443b	69b	31	15	10
	11	38.6b	463a	66b	34	13	12
	14	39.8a	446b	58bc	42	11	19
	17	40.2a	425bc	44c	56	13	18
Junam	0	32.1f	444f	79a	21	9	9
	5	35.6e	463e	75ab	25	10	10
	7	35.7de	476de	69ab	31	10	11
	9	37.4cd	485cd	53bc	47	12	19
	11	38.0bc	520a	53bc	47	13	19
	14	39.6ab	505ab	33c	67	15	25
	17	40.7a	496bc	7d	93	6	23

[†]Values with the same letter in a column are not significantly different at 5% level by DMRT.

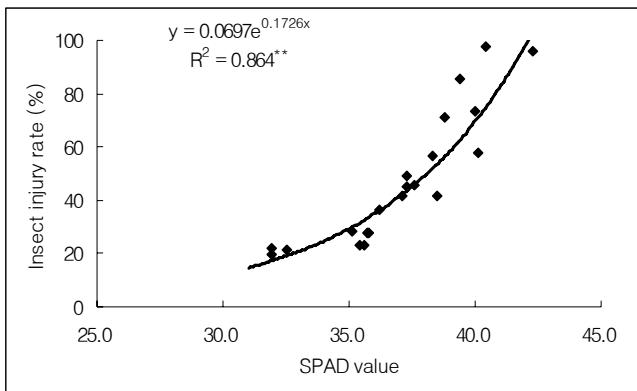


Fig. 2. Relationship between rice leaf folder injury rate and SPAD value.

우 질소량이 증가할수록 피해가 급증하는 경향을 보여 더 세밀한 시비관리가 요구되었다. Table 4에서 보듯이 질소 시비량이 추천 시비량인 11 kg/10a를 초과시 피해율이 60% 이상으로 급증하였고, 60% 이상 피해를 입은 엽의 비율도 25% 이상으로 늘어나 수량 감수 요인으로 작용하였다. 기상이 원활하고 특이한 감수요인이 없을 경우 시비량에 따른 수량반응은 10a 당 질소 17 kg 시용까지는 계속 수량이 증가하였으나, 본 조사에서는 세품종 모두 흑명나방 피해가 급증했던 14 kg 질소시용 이후부터 수량의 감수가 나타나면서 17 kg 질소시용에서는 상당한 수량감수를 볼 수 있었다.

출수기의 지엽 바로 아래엽의 엽록소 함량(SPAD 값)과 흑명나방 피해율과의 관계를 Fig. 2에서 살펴보면 SPAD 값이 증가할수록 흑명나방 피해율은 지수함수적으로 증가하였다. 특히 질소질 비료 사용 유무에 따른 흑명나방 피해율에서는 질소질 비료를 29년간('75~'03)전혀 사용하지 않은 포장에서는 SPAD 값이 25미만으로 흑명나방 피해가 없거나 미미하였으며(data 미제시), 질소질 비료를 사용하여 SPAD 값이 35 이상으로 증가된 포장에서는 피해율이 35% 이상으로 급격히 증가되는 경향을 보였다.

적 요

2003년에 이상적으로 많이 발생하여 벼에 심각한 피해를 가져온 흑명나방의 재배방법별, 엽록소 함량별 피해실태를 조사하여 피해에 따른 수량반응, 미질변화 등을 구명하고자 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 흑명나방의 피해가 심할수록 벼의 등숙비율, 천립중의 감소와 복백립 등 미숙립의 증가에 따른 완전미 비율이 감

소되어 완전미 수량이 피해가 심한 곳에서 36% 감소되었다.

2. 흑명나방의 피해가 심할수록 쌀의 외관상 품위가 떨어질 뿐만 아니라 단백질함량이 높아져 식미치는 감소되어 미질이 급격히 저하되었다.

3. 질소질 비료의 사용량이 증가할수록 흑명나방에 의한 피해는 증가하였으며, 특히 주남벼의 경우 질소량이 증가할수록 피해가 급증하였다.

4. 질소 시비량이 추천 시비량인 11 kg/10a를 초과시 피해율이 60% 이상으로 급증하였고, 60% 이상 피해를 입은 엽의 비율도 25% 이상으로 늘어나 수량 감수 요인으로 작용하였다.

인용문헌

- Chau, L. M., H. D. Cat, P. T. Ben, L. T. Phuong, J. Cheng, and K. L. Heong. 2003. Impacts of nutrition management on insect pests and diseases of rice. Omonrice 11 : 93-102.
- Choi, K. M. 1973. *Cnaphalocrocis medinalis* G. rice leaf folder. Literature review of Korea rice pests, Ins. Agr. Sci. O.R.D. pp. 17-18.
- Khakwani, A. A., M. Zubair, M. Mansoor, K. Naveed, I. H. Shah, A. Wahab, M. Ilyas, and I. Ahmed. 2006. Agronomic and morphological parameters of rice crop as affected by date of transplanting. J. Agronomy 5 : 248-250.
- Kishimoto, 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.
- Lee, J. H., U. S. Yeo, D. Y. Kwak, J. H. Kim, Y. C. Song, C. S. Kim, and M. S. Shin. 2006. Effects of damage by brown planthopper at ripening stage on yield and quality of rice. Korean J. Crop Sci. 51(S) : 73-76
- Lee, S. C. and K. C. Ma. 1997. Occurrence of major insect pests in machine transplanted and direct seeded rice paddy field. Korean J. Appl. Entomol. 36 : 141-144.
- Ma, K. C. and S. C. Lee. 1996. Occurrence of major insect pests at different transplanting times and fertilizer levels in paddy field. Korean J. Appl. Entomol. 35 : 132-136.
- Miyahara, Y., J. Wada, and M. Kobayashi. 1978. Appearance of *Cnaphalocrocis medinalis* G. in early planted rice fields on chicago. Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 25 : 26-32.
- 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.
- Shin, M. S. H. T. Shin, B. T. Jun, and B. S. Choi. 1992. Effects of inoculation of compatible and incompatible bacterial blight races on grain yield and quality of two rice cultivars. Korean J. Breed. 24:264-267.
- Sogawa, K. 1992. Modelling of dry matter drain by the brown planthopper on rice. Kyushu Agri. Res. 54: 104.

- Sogawa, K. 1994. SARP Research proceeding: Analysis of rice plants infected with long-distance migratory rice planthoppers. Japanese J. Appl. Ent. Zool. 38: 275-281.
- Taira, H., H. Taira, and M. Maeshige. 1978. Change in chemical composition of rice kernel from dough ripening to over ripening. Jpn J. Crop Sci. 47(4) : 475-482
- 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.
- 김영수. 2003. 베래해충의 발생동향과 방제기술. 성보화학(겨울호). pp. 3-12.