

벼 등숙기 벼멸구 피해가 수량 및 품질에 미치는 영향

이종희[†] · 여운상 · 광도연 · 김준환 · 송유천 · 김춘송 · 신문식

작물과학원 영남농업연구소 벼생태육종과

Effects of Damage by Brown Planthopper at Ripening Stage on Yield and Quality of Rice

Jong-Hee Lee[†], Un-Sang Yeo, Do-Yeon Kwak, Joon-Hwan Kim, Yu-Cheon Song, Choon-Song Kim, and Moon-Sik Shin
Rice Ecology and Breeding Division, Yeongnam Agricultural Research Institute, NAES, RDA, Milyang 627-803, Korea

ABSTRACT This study was carried out to investigate the change yield and grain quality in rice caused by damages of brown planthopper (Bph) on major agronomic traits at the ripening stage. A major agronomic traits such as culm length, panicle length, number of panicle and number of grain per panicles was no-significant difference compared hopperburn area (HBA) and moderately damaged area (MDA) by brown planthopper with non-damaged area (NDA). but, the ripeing ratio and yield in HBA and MDA was significantly decreased. The perfect rice of brown rice in HBA and MDA was also lowered than the NDA and the immatured grain among imperfect rice in damaged area by BPH was significantly increased than in the NDA. Among the traits related with palatability of cooked rice, the amylose content was not affected by damage of brown planthopper, whereas, the protein content was significantly increased in the HBA and MDA. additionally, Peak viscosity in HBA and MDA is lower than the NDA, and setback was increased. In most cases, there was negative on yield and grain quality by the damage of brown planthopper at the ripening stage. Thus, the rice product harvested in damaged area should be separated with that in non damaged area for grain market quality of milled rice.

Keywords : brown planthopper (Bph), yield, grain quality, rice

벼멸구(Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal.)는 한국, 일본 및 동남아시아 등 여러 나라에서 벼에 막대한 피해를 입히고 있으며, 우리나라에서는 매년 중국 남부지역으

로부터 저기압 통과와 더불어 비래하여 포장에서 3~4세대 를 경과하면서 피해를 일으킨다(Uhm *et al.*, 1988). 지난 30~40년간 벼멸구에 의한 피해 규모는 전체 벼 재배면적 의 3~62%에 해당되는 면적에서 발생하였고, 2005년 벼멸 구 발생면적은 63,593 ha로 전년도 대비 20배 이상 발생되 었다(병해충 종합정보, www2.rda.go.kr/ipsm/).

벼멸구는 벼 줄기 기부의 약 8~10 cm 부근에 서식하면 서 기상여건에 따라 출수기 이후에 급속 대량으로 증식되기 때문에 수화제나 유제를 이용해서 대규모 방제를 하여도 방 제효과가 낮다. 벼멸구 피해증상은 벼의 등숙기인 8월 하순~9월 상순에 나타나며, 이 시기 농약에 의한 방제는 쌀 의 안전성을 위협하는 요인이 되고 있다. 또한 살충제의 남 용은 인간, 동식물 피해 및 환경생태계에 악영향을 미칠 뿐 만 아니라 막대한 경제적 손실을 초래한다. 벼멸구 피해 기 작에 관한 연구는 해충의 이동성 때문에 넓은 포장면적이 요구되어 실외 포장상태의 연구는 다소 어려움이 있다. 벼멸 구 피해에 의해 통일형 품종에서 수량이 감소된다는 연구는 수행되어 있으나(Lee *et al.*, 1983), 자포니카 품종에 대한 피해기작 및 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실 정이다. 따라서 본 연구는 2005년도 벼 등숙기에 벼멸구 피 해를 받은 자포니카 벼 재배 포장에서 피해 정도별 벼 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향을 검토하여 벼 재배 관리 및 피 해기작에 대한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료는 영남농업연구소 벼 재배포장에서 2005년 9월 20일~9월 25일 사이에 벼멸구 피해가 발생한 화영벼와 일

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1156
(E-mail) ccriljh@rda.go.kr

품벼를 대상으로 조사하였다. 벼멸구 피해 정도에 따라 벼 지엽까지 고사하여 hopperburn이 발생한 영역 고사구(Hopperburn area; HBA), hopperburn 주변의 벼 하위엽이 고사한 영역을 중피해구(Moderate Damaged Area; MDA) 및 벼멸구 피해 증상이 없는 영역을 무피해구(Non damaged area)로 구분하여 샘플을 분석하였다. 본 연구에 사용된 재료의 재배방법은 30×15 cm의 재식거리로 주당 3본으로 이앙하고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O = 9.0-4.5-5.7 kg/10a로 영남농업연구소 벼 표준재배법에 준하여 재배되었다.

농업적 특성은 농업과학기술 연구조사 분석기준에 따라 출수기, 간장, 수장, 수수 및 수당립수를 조사하였다. 등숙율은 피해정도별 3주씩 3반복으로 수확한 다음 염수선(비중 1.06)으로 등숙립과 비등숙립을 선별하여 총립수에 대한 등숙립의 비율로 구하였다. 수량은 피해정도별 35주를 수확하여 10a당 수량으로 환산하였다. 정상립, 미숙립, 피해립, 사미 등 현미 외관 품질은 미립판별기 RN-500(Kett Co., Japan)을 이용하여 조사하였다. 아밀로스 함량은 Juliano의 비색검정법(Juliano, 1971)에 따라 분석시료를 전처리 한 후 아밀로스 자동분석기 Auto analyzer3 Model SCIC III (Bran+Luebbe Co.)로 측정하였다. 단백질함량은 자동질소분석기 Kjeltac Analyzer 2300(Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 측정된 총 질소 함량에 보정상수 5.95를 곱하여 구하였다. 식미치는 백미 33.0 g을 정량하여 Toyo meter(Toyo Co, Model MA98B, Japan)을 이용하여 측정하였다. 통계분석은 SAS(Statistical analysis system) 프로그램으로 최소유의차 검정법(Least Significant Difference; LSD)에 의해 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

벼멸구 피해지에서 화영벼와 일품벼의 주요 농업적 특성, 등숙율 및 수량을 조사한 결과는 Table 1과 같았다. 화영벼와 일품벼의 등숙율은 벼멸구 피해가 없었던 무피해구 88.6%와 86.2%에 비해 Hopperburn 발생지 주변의 하위엽이 고사된 영역에서(MDA) 각각 70.7%와 74.0%였고, Hopperburn이 발생하여 피해가 심했던 영역(HBA)에서 각각 57.2%와 70.0%으로 유의하게 낮았다. 또한 벼멸구 피해에 정도에 따른 화영벼와 일품벼의 쌀수량도 등숙율과 유사한 경향으로 무피해구 543 kg/10a 및 537 kg/10a에 비하여 MDA에서 466 kg/10a 및 489 kg/10a였고, HBA에서 341 kg/10a 및 466 kg/10a으로 낮았다. 반면, 출수기, 간장, 수수, 수장 및 수당립수는 벼멸구 피해에 따른 유의한 차이가 없었다.

Uhm *et al.*(1988)은 우리나라의 벼멸구 주요 비래 시기는 7월 중하순이며, 피해 증상은 기상여건에 따라 다소 차이는 있지만 출수기 이후에 급속 대량으로 증식되어 밀도가 증가하면 hopperburn이 발생한다고 하였다. Lee & Hyun(1981)은 벼멸구 1세대 개체군에 의해서는 초장과 경수에는 영향이 없으나, 2세대 및 3세대 개체군에서 천립중 및 등숙율 저하로 수량이 감소된다고 하였다. 본 연구에서도 간장, 수수 및 수당립수에 영향을 미치지 않은 것은 출수기 이전까지의 벼멸구 개체군 밀도가 높지 않았기 때문인 것으로 판단되며, 특히 출수기 이후 벼멸구 흡즙량의 증가에 의해 벼 이삭으로 공급되는 양분의 부족으로 등숙이 저하됨에 따라

Table 1. Agronomic characteristics and yield potential by damage degree of brown planthopper.

Cultivar	Damage ^{a)}	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicle	No. of spikelet per panicle	Ripening ratio (%)	Yield of milled rice (kg/10a)
Hwayeongbyeo	NDA	8.12	85	20	13	92.1	88.6 a	543 a
	MDA	8.11	83	20	13	100.4	70.7 b	466 b
	HBA	8.11	85	20	14	93.6	57.2 c	341 c
	LSD _{0.05}	ns ^{b)}	ns	ns	ns	ns	7.7	30.7
Ilpumbyeo	NDA	8.15	81	20	13	105.5	86.2 a	537 a
	MDA	8.16	80	20	14	106.4	74.0 b	489 b
	HBA	8.16	79	20	14	94.0	70.0 c	351 c
	LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns	ns	5.7	18.7

^{a)}HBA : Hopperburn area, MDA : Moderately damaged area; NDA : Non-damaged area

^{b)}ns : no significant

수량이 감소된 것으로 판단되어진다.

벼멸구 피해에 따른 현미의 외관 품질에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같았다. 벼멸구 피해 정도에 따라 화영벼와 일품벼의 정상립 비율은 80.4%와 73.0%이며, 벼멸구 피해 정도에 따라 MDA는 67.6%와 61.0%이고, HBA는 61.5%와 57.2%로 낮았으며, 미숙립 비율은 무피해구 14.3%와 22.1%에 비해 MDA는 20.1%와 25.9%이고, HBA는 24.7%와 32.7%로 벼멸구 피해정도가 클수록 증가되는 것으로 나타났다. 그리고 피해립과 사미의 비율도 벼멸구 피해지에서는 증가되었다.

질소 시비량이 증가될수록 현미 및 백미의 외관품질이 저하되는 것으로 보고되어 있으며(Won *et al.*, 2005), 병해충의 피해에 의해서도 흰잎마름병의 이병정도가 심한 벼는 현미의 정상립 비율이 낮았고, 청미와 사미의 비율이 높다고 하였다(Shin *et al.*, 1992). 또한 Kim *et al.*(2001)은 먼지용

에 피해에 의해 잎의 변색정도가 심할수록 현미의 정상립 비율이 감소되고 불완전립의 비율이 증가한다고 하였다. 벼멸구 발생지에서도 이들 결과와 유사하게 피해정도가 심할수록 현미의 미숙립 발생 비율이 증가되고 정상립 비율이 감소되는 것으로 나타났다.

벼멸구 피해에 따른 쌀의 이화학적 특성을 조사한 결과는 Table 3과 같았다. 화영벼와 일품벼 모두 아밀로스 함량은 벼멸구 피해 정도에 따른 차이를 나타내지 않았고, 단백질 함량은 무피해구 6.0%와 5.5%에 비해 MDA에서 6.9와 5.8%이고, 피해가 심하였던 HBA에서 6.8%와 6.2%로 높은 경향을 보였다. 벼멸구 피해에 따른 쌀가루의 호화특성을 RVA를 이용하여 분석한 결과 최고점도(peak viscosity) 및 강하점도(break down)는 화영벼와 일품벼 모두 피해를 무피해구보다 낮았고, 취반후 밥의 노화정도를 나타내는 치반점도(setback)는 벼멸구 피해 정도가 심할수록 높은 값을 나

Table 2. Difference of grain appearances of brown rice by damage degree of planthopper.

Cultivar	Damage	Perfect rice (%)	Imperfect rice (%)		
			Immatured	Damaged	Dead
Hwayeongbyeo	NDA	80.4 a	14.3 b	4.8 b	0.1 b
	MDA	67.6 b	20.1 a	9.8 a	2.6 a
	HBA	61.5 b	24.7 a	11.6 a	2.5 a
	LSD _{0.05}	7.0	5.5	4.9	1.1
Ilpumbyeo	NDA	73.0 a	22.1 c	4.8 b	0.1 b
	MDA	61.0 b	25.9 b	10.0 a	3.2 a
	HBA	57.2 c	32.7 a	7.7 b	2.7 a
	LSD _{0.05}	4.4	3.7	2.2	0.7

Table 3. Difference of physico-chemical properties by damage degree of brown planthopper.

Cultivar	Damage	Amylose content (%)	Protein content (%)	Amylogram (RVU ^{a)})				Palatability ^{b)}
				Peak viscosity	Break down	Final viscosity	Setback	
Hwayeongbyeo	NDA	19.1	6.0 b	224 a	98 a	217	-7 b	63
	MDA	19.5	6.9 a	196 b	84 b	205	9 a	60
	HBA	19.9	7.0 a	200 b	80 b	214	15 a	64
	LSD _{0.05}	ns	0.67	21.6	7.3	ns	7.9	ns
Ilpumbyeo	NDA	19.0	5.5 c	214 a	81 a	220	6 b	70 a
	MDA	20.0	6.2 b	185 b	57 b	231	46 a	64 b
	HBA	20.2	6.5 a	183 b	60 b	234	51 a	61 c
	LSD _{0.05}	ns	0.24	9.4	14.3	ns	19.8	2.9

^{a)}RVU : Rapid Visco-analyzer units, ^{b)}Palatability : Toyo meter units

타내었다. 즉 벼멸구 피해가 발생한 쌀에서는 밥의 호화 특성이 불량해지고, 노화가 빨리 진행되는 것으로 판단되어진다. 도요메타는 취반시 보수막의 윤기를 측정하며 식미의 간접적인 지표로 사용되고 있으며(Son *et al.*, 2002), 이 기계로 밥의 식미치를 분석한 결과 무피해구의 일품벼 식미치는 70인데 비해 MDA와 HBA에서 각각 61과 64로 낮았다. 반면, 화영벼는 무피해구와 벼멸구 피해지 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 단백질, 지질 및 세포벽 물질 등은 전분의 팽윤을 억제하여 호화에 영향을 미치고, 단백질 함량이 감소하면 최고점도는 증가하는 것으로 보고되어 있다(Kang *et al.*, 2004). 또한 쌀의 단백질 함량이 높으면 전분 세포막에 단백질 입자가 축적되어 밥맛을 저하시키는 원인이라고 하였다(Won *et al.*, 2005). 현미의 단백질 함량은 성숙이 진전됨에 따라 감소되며(Heu & Park 1973), 쌀의 완전미 비율이 높을수록 단백질 함량은 유의하게 낮은 것으로 보고되어 있다(Chung *et al.*, 2005). 본 연구에서도 벼멸구 피해에 따른 등숙 불량으로 미숙립 비율이 증가하고, 단백질 함량의 증가 등 쌀 구성성분의 변화로 인해 호화특성이 불량하고, 식미치가 낮아지는 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

소비자들의 질적 수준 향상과 더불어 쌀 소비 양상은 고품질과 안전성을 요구하는 추세이다. 따라서 hopperburn이 발생한 영역에서 생산된 쌀은 별도의 수확 관리가 필요한 것으로 사료된다. 벼멸구는 특성상 이동성이 다른 해충에 비해 크지 않기 때문에 hopperburn 주변에서 점차적으로 피해가 확산된다. 즉, 피해가 발생한 논이라도 품질이 저하된 영역과 정상적으로 수확 가능한 영역으로 구분이 가능할 것으로 판단되며, 금후 벼멸구 피해지 수확 후 관리의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

화영벼와 일품벼를 이용하여 벼멸구에 피해에 따른 농업적 특성, 수량 및 품질에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 벼멸구 피해지에서 간장 수장 및 수당립수는 차이가 없었으나, 등숙율 및 쌀수량은 무피해구에 비해 감소되어 출수기 이후의 피해가 큰 것으로 나타났다.

2. 현미의 외관품질 분석 결과 벼멸구 피해지의 정상립 비율은 감소하였고, 미숙립, 피해립 및 사미의 발생은 증가되었다.

3. 벼멸구 피해지의 쌀의 이화학적 특성 분석 결과 아밀

로스 함량은 차이가 없었으나, 단백질 함량은 높았다. 최고 점도는 낮고 치반점도는 높았으며 취반시 호화특성이 불량한 것으로 나타났으며, 식미치는 낮아졌다.

인용문헌

- Choi, H. C., H. C. Hong, and G. H. Nahm. 1997. Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in japonica rice. *Korean J. Breed* 29(1) : 15-27.
- Chung N. J., J. H. Park, K. J. Kim, and J. K. Kim. 2005. Effect of had rice ratio on rice palatability. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 29-32.
- Hue M. H. and S. Z. Park. 1973. Basic studies for the breeding of high protein rice II. Changes of nitrogen content in the leaf, culm and brown rice during ripening period. *Korean J. Crop Sci.* 13 : 69-72.
- Juilino, B. O. 1985. Criteria and tests for quality. In rice chemistry and technology. AACC. pp 443-524.
- Kang, H. J., H. S. Seo, and I. K. Hwang. 2004. Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbye. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 36(6) : 897-884.
- Kim, D. S., M. H. Lee, and D. J. Im. 2001. Effect of dust mite incidence on grain filling and quality in rice. *Korean J. Crop Sci.* 46(3) : 180-183.
- Kim, Y. H., J. O. Lee, H. C. Park, and M. S. Kim. 1985. Plant damages and yields of the different rice cultivars to brown planthopper (*Nilaparvata lugens* S.) in fields *J. Plant Prot.* 24(2) : 79-83.
- Lee, J. H. and J. S. Hyun. 1983. The yield loss due to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal., in relation to the growth stages of the rice. *Korean J. Plant Prot.* 22(4) : 244-250.
- Shin, M. S., H. T. Shin, B. T. Jun, and B. S. Choi. 1992. Effects of inoculation of complitable and incompatible bacterial blight races on grain yield and quality of two rice cultivars. *Korean J. Breed.* 24(3) : 264-267.
- Son, J. R., J. H. Kim, J. I. Lee, Y. H. Youn, J. K. Kim, H. G. Hwang, and H. P. Moon. 2002. Trend and future research of rice quality evaluation. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 33-54.
- Unm, K. B., J. S. Park, Y. I. Lee, K. M. Choi, M. H. Lee, and J. O. Lee. 1988. Relationship between some weather conditions and immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal. *Korean J. Appl. Entomol.* 27(4) : 200-210.
- Won, J. G., S. H. Lee, J. S. Choi, S. G. Park, D. J. Ahn, S. D. Park, and J. K. Sohn. 2005. Yearly variation of rice quality in Gyeongbuk province. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 69-75.