

지역 및 품종에 따른 벼 이삭누룩병 발생과 약제방제 효과

심홍식* · 류재당 · 한성숙

농업과학기술원 작물보호부 식물병리과

Incidence of Rice False Smut Caused by *Ustilagoidea virens* in Different Geographic Regions and Cultivars, and Its Chemical Control

Hong-Sik Shim*, Jae-Dang Ryu and Seong-Sook Han

Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, Korea

(Received on February 27, 2001)

Currently the rice false smut caused by *Ustilagoidea virens* (Cooke) Takah. has occurred widely in Korea. A survey on the disease incidence at rice fields in 8 inland provinces was carried out in 2000, showing that the disease occurred at 104 (7.5%) out of 1,152 rice fields examined, ranging from 1.5% to 13.7% in provincial average. It was found that the disease incidence was greatly affected by local weather conditions and rice cultivars. In case of the most susceptible cultivar Namchunbyeo, the disease incidence was only about 1.3% in Icheon, while it was over 20% in Namwon which had weather conditions of the shorter sunshine period (about 64%) and the higher amount of precipitation (about 130%) during the rice cultivation than Icheon. In Icheon, artificial inoculation of the pathogen failed to induce the disease, probably because of the weather conditions unfavorable to the disease development, which also suggests that its incidence may be dependent on the weather conditions. Susceptibility of rice cultivars to the disease varied greatly; eight resistant cultivars including Heukjinjubyeo were not damaged by the disease, but 2 cultivars including Geumnambyeo and Namchunbyeo were severely damaged, having more than 20% of the disease incidence. Among chemicals tested for the control of the rice false smut, tebuconazole WP showed the highest control efficacy of 83-88% on cvs. Geumnambyeo and Namchunbyeo. Other chemicals such as azoxystrobin WP and ferimzone WP also effectively suppressed the disease development in the field trials.

Keywords : chemical control, false smut, rice, susceptible and resistant cultivars, *Ustilagoidea virens*

벼 이삭누룩병은 1878년 Cooke에 의해 최초로 보고되었으며, 병원균의 완전세대가 알려지면서 *Ustilagoidea virens*(Cooke) Takahasi로 명명되었다. 벼 이삭누룩병은 질소비료 과다 시용에 의해 발생이 조장되는데, 저온다습, 일조부족, 강우일수 등의 환경조건이 병 발생에 절대적인 영향을 미치기 때문에 환경의존형 병해라고도 불리기도 한다(Sonoda 등, 1997; Taira, 1982; Umehara 등, 1981; 池上八郎, 1962). 국내의 벼 이삭누룩병 발생은 1927년에 농촌진흥청의 전신인 권업모범장 휘보에 최초로 기록되어 있으며, 1958년에도 발생이 보고된 바 있는 병해이나(한국식물병리학회, 1998), 벼의 생산에 크게 영향을 미치지 않는 병해로 인식되어 왔다. 하지만, 예년에 비해 벼

출수기에 강우일수가 유난히 많고 일조시간이 매우 적은 1998년 중부지방에서는 포장전체가 검게 보일 정도로 이삭누룩병이 대 발생하여 많은 피해를 입힌 바 있다.

이 연구에서는 벼 이삭누룩병에 대한 발생생태 및 약제 방제체계를 확립코자 1999년과 2000년에 벼 이삭누룩병의 발생상황을 전국적으로 조사하였고, 품종별로 이 병에 대한 저항성 유무를 자연발병 포장에서 조사하였으며, 이 병의 전문방제 약제가 아직 등록되어 있지 않아 방제 약제를 선발코자 이 시험을 수행하였으며 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

전국 이삭누룩병 발생상황 및 품종저항성 조사. 벼 이삭누룩병 발생조사는 출수 후(9월 초) 이삭누룩병의 발생 정도를 전국의 1,152필지에 대하여 발생 필지율로 조사하였다. 벼 품종별 발병정도 조사는 2개의 해당지역 적

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0435, Fax) +82-31-290-0453

E-mail) hsshim@rda.go.kr, shim2385@orgio.net

응 전시포장에서 이천은 안성벼 등 11개 품종, 남원은 흑진주벼 등 29개 품종에 대하여 자연상태에서 이삭누룩병 발생 정도를 1999년과 2000년에 이병수율로 조사하였으며, 2년에 걸쳐 조사한 결과를 토대로 벼 품종별 저항성 정도를 결정하였다.

전염원 농도에 따른 이삭누룩병 발생량 조사. 이천과 남원의 호남농업시험장 운봉 시험지에서 6 m²의 면적에 구당 3반복으로 구획하여 1999년도에 채집한 이삭누룩병 이병종자를 구당 150립, 300립 및 600립을 출수기를 역산하여 출수 1개월 전에 포장의 벼 포기사이에 골고루 뿌려 놓고 자연발병을 유도하여 처리구별로 발병상황을 출수 40일 후에 이병수율로 조사하였다. 시험품종은 1999년 남원의 시험포장에서 이삭누룩병이 가장 심하게 발병되어 감수성 품종으로 판단되는 금남벼와 남천벼를 대상으로 기계이앙 재배하여 시험하였다.

이삭누룩병에 대한 방제약제 선발. 웨림존 성분이 함유된 약제가 이삭누룩병 방제 효과가 있다는 보고(日本植物防疫協會, 1997)에 따라 웨림존 성분이 함유되어 있고 기존 벼 도열병 방제용으로 등록되어 있는 웨림존·라브사이드 수화제와 웨림존·트리졸 수화제 2종을 포함하여 총 4종의 약제를 추천농도인 1,000~2,000배액으로 희석하여 출수 직전부터 7일 간격으로 2회 엽면 살포하였다. 약효는 구당 20주에 대하여 출수 40일 후에 발병 정도를 이병수율로 조사하여 무처리와 대비하여 약효를 판정하였으며, 이천과 남원의 2개 포장에서 금남벼와 남천벼를 대상으로 자연발병 조건하에서 약제 선발시험을 실시하였다.

결과 및 고찰

전국 이삭누룩병 발생상황 및 품종저항성 조사. 벼 이삭누룩병은 일반적으로 기온이 20~25°C로 저온다습하고, 일조시간 부족 및 강우일수가 많은 해에 다 발생하는 것으로 알려져 있으며(Sonoda 등, 1997; Umehara 등, 1981), 출수개화기에 병원균이 화기를 통하여 침입하여 Fig. 1과 같이 벼 알에 누룩을 형성하는데, 심하면 포장 전체가 검게 보이기도 한다. 이삭누룩병에 걸린 벼알의 겹질을 벗겨보면 내부는 흰색이나 검은 농녹색 혹은 검은 색을 나타내는데, 이삭에 누룩을 형성하므로 쉽게 식별된다. 한편, 벼 이삭 중 발병된 벼알이 1~2립인 경우에는 건전 이삭과 비교하여 등숙에 차이가 없으나 수립 이상이 발병한 경우에는 등숙율이 불량하며, 병든 벼알이 1립 증가하면 등숙율이 5% 정도 감소된다. 이병수율이 5%일 경우 수확량은 약 0.5%가 감소되고 발병 이삭을 수확하

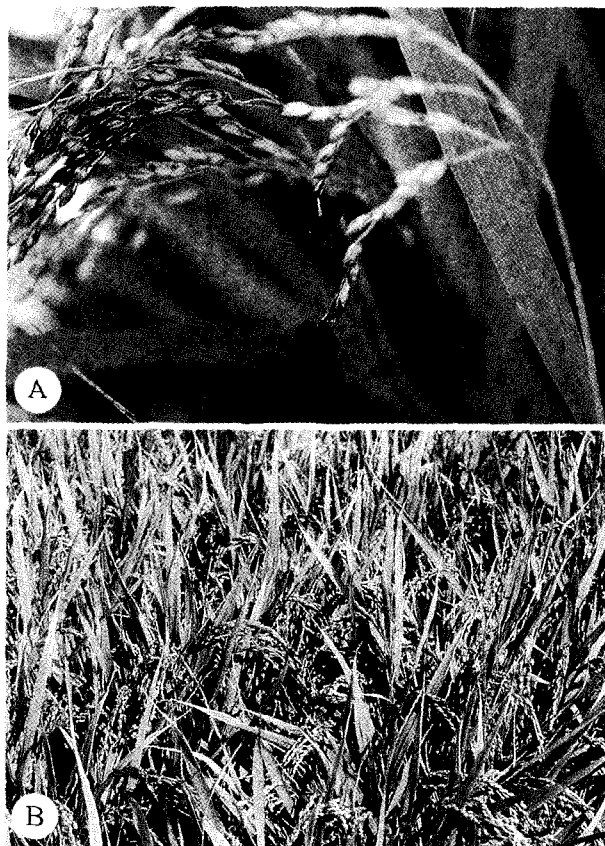


Fig. 1. Symptoms of false smut (A), showing smuts on rice panicles, and an area of the severely damaged rice field (B). Note the brownish or blackish panicles in (B).

여 정미하면 후막포자가 현미 표면에 부착되어 검게 보이므로 품질저하의 원인이 된다(橫須賀知之 등, 1996). 또한 이삭누룩병균은 Ustiloxin을 분비하여 동식물의 세포에 대하여 생물적 활성을 저해하는 것으로도 알려져 있다(Koiso 등, 1992). 1998년 이삭누룩병이 전국적으로 대발생하여 일부 품종에서는 100%의 이병수율로 그 피해가 매우 심각하였으나(탈관조사로 조사수치 없음), 2000년에는 출수기의 기상환경이 1998년보다는 고온이며 다우조건이 없어 그다지 심한 피해를 주지 않았다. 2000년에 전국의 1,152필지를 대상으로 이삭누룩병의 발생상황을 조사한 결과 총 104포장에서 발생하여 발생 필지율은 7.5%였으며, 총복이 13.7%로 가장 높았고, 전남지역은 1.5%로 가장 낮았다(Table 1). 경기와 전북의 평균발병 필지율은 8.5%와 9.5%로 전북에서 발생이 조금 많았으나 이천과 남원의 지역적용 품종 전시포에서의 병발생 상황을 비교하면, Table 2에서 보는 바와 같이 지역적용 추천 품종일지라도 품종에 따라 흑진주벼, 조령벼, 안성벼, 아름벼 등은 전혀 발병이 되지 않았고, 둔내벼, 금오벼, 대

산벼, 진품벼 등은 이병수율 0.5%이하로 발병이 적었으며, 대진벼, 진미벼, 오봉벼, 신동진벼 등은 10~20%의 이병수율을 나타내었다. 반면 남천벼의 경우 남원이 이병수율 27%로 이천의 1.3%보다 월등히 발병이 심한 것으로

Table 1. Survey on the occurrence of rice false smut caused by *Ustilagoideae virens* at rice fields in Korea

Province	Number of fields ^a		% Fields diseased
	Surveyed	Diseased	
Kyunggi	185	22	8.5
Kangwon	116	3	2.6
Chungnam	169	22	8.5
Chungbuk	76	11	13.7
Kyungnam	142	14	8.5
Kyungbuk	118	9	7.2
Jeonnam	176	4	1.5
Jeonbuk	170	19	9.5
Total	1,152	104	7.5

^aOccurrence of rice false smut was examined after heading from through in 2000.

나타났다. 이 결과는 극지적인 기상환경 이라도 발생환경이 적당하면 더 많이 발생한다는 것을 알 수 있었다(Umehara 등, 1997). Soda(1997)는 포장에서 이 병의 발병은 출수 10일전에 감염이 시작되어 출수전 6일경부터 급격하게 증가하며, 일조부족 및 강우량이 많은 기상조건에서는 감염 시기가 빨라진다고 하였다. 동일품종에 대해 발병을 차이를 보인 두 지역의 기상환경을 비교해 보면 병 발생이 많았던 남원의 경우 출수기인 8월 상순을 기준으로 출수전 6~10일전인 7월 하순부터 8월 중순까지 일조시간은 65.6, 58.9, 65.6시간으로 이천의 99.0, 92.7, 93.8시간에 비하여 매우 짧았고, 강우량도 8월 상순과 중순에 남원은 117.0, 93.5 mm로 이천의 82.5, 76.0 mm인 이천보다 많아 남원의 기상환경이 이삭누룩병 발병에 유리했던 것으로 생각된다(Table 3). 또한 벼 품종별 발병정도를 조사한 결과에 따라 저항성 정도를 구분하였는데, 둔내벼, 흑진주벼, 진부벼 등은 전혀 발병이 되지 않아 이삭누룩병에 저항성으로 판정하였고, 금남벼와 남천벼는 발병율이 가장 높아 감수성인 것으로 판정하였다. 그 이외에도, 금오벼, 진미

Table 2. Incidence of the false smut on rice cultivars cultivated at demonstration fields in Namwon and Icheon, Korea

Disease incidence (% diseased panicles ^a)	Regions	
	Namwon	Icheon
None	Heukjinjubyeo, Joryungbyeo, Namwonbyeo, Samcheonbyeo, Sangmibyeyo, Unjangbyeo, Wonhyangbyeo	Ansungbyeo, Areumbyeo, Heuknambyeo, Junganbyeo, Sujinbyeo
0.0~0.5	Dunnaibyeyo, Geumobyeyo, Geurubyeyo, Inwolbyeyo, Jinbubyeyo, Jinbuchalbyeyo, Jinbuolbyeyo, Jungwhabyeyo, Odaibyeyo, Sambaikbyeyo, Sangjubyeyo, Sangjuchalbyeyo, Sangsanbyeyo, Sinunbongbyeyo, Sobyakbyeyo, Unbongbyeyo, Whadongbyeyo,	Daisanbyeyo, Jinpumbyeyo, Saichuchungbyeyo,
0.5~10.0	-	Namcheonbyeyo, Sindongjinbyeyo, Sulhyangchalbyeyo,
10.0~20.0	Daijinbyeyo, Jinmibyeyo, Obongbyeyo	-
>20.0	Geumnabyeyo, Namchunbyeyo	-

^aAverages of disease incidences in 1999 and 2000 at demonstration fields. The plot size of each cultivar is 10 m².

Table 3. Weather conditions during rice-growing season in Namwon and Icheon, Korea, in 2000

Date	Mean Temp. (°C)		Sunshine (h)		Precipitation (mm)	
	Icheon	Namwon	Icheon	Namwon	Icheon	Namwon
Late July	24.7	26.5	99.0	65.6	230.2	95.0
Early August	24.9	25.4	92.7	58.9	82.5	117.0
Mid August	25.4	26.4	93.8	65.6	76.0	93.5

벼, 그루벼, 운장벼, 상주벼 등은 중도 저항성으로, 소백벼, 원향벼, 오봉벼, 조령벼, 상미벼 등은 발병율이 1.1~5.0%로 중도감수성인 것으로 판정하였다(Table 4). 이와같이

Table 4. Incidence of the false smut and susceptibility to the disease various rice cultivars at the fields in Namwon, Korea

Rice cultivars	Disease incidence (% diseased panicles)	Estimated plant reaction ^a
Dunnaibyeo, Heukjinjubyeo, Jinbubyeo, Jinbuchalbyeo, Jinbuolbyeo, Jungwhabyeo, Sambaikbyeo, Undoobyeo,	None	R
Jinmibyeo, Geumobyeo, Geurubyeo, Inwolbyeo, Namwonbyeo, Samcheonbyeo, Sangjubyeo, Sangsanbyeo, Sinunbongbyeo, Unjangbyeo, Whadongbyeo,	0.1~1.0	MR
Daijinbyeo, Hyangmibyeo, Joryungbyeo, Obongbyeo, Odaibyeo, Sangjuchalbyeo, Sangmibyeo, Sobyakbyeo, Unbongbyeo, Wonhyangbyeo,	1.1~5.0	MS
Geumnambyeo, Namchunbyeo	>20	S

^aR: Resistant, MR: Moderately resistant, MS: Moderately susceptible, S: Susceptible.

Table 5. Incidence of panicles infected with the rice false smut pathogen by artificial inoculation at the fields in Icheon, Korea, in 2000

Inoculum ^a (No. diseased seeds/6 m ²)	Disease incidence (% diseased panicles)	
	Geumnambyeo	Namchunbyeo
None(control)	2.0	0.7
150	2.1	0.3
300	3.5	0.2
600	3.5	0.5

^aOne month before heading, the inoculum was applied on the soil surface of rice plants in the field.

벼 품종간 병 발생차이는 다소 인정되었지만, 병 발생환경이 양호할 경우 대부분의 품종은 이삭누룩병이 대 발생할 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

전염원 처리에 의한 이삭누룩병 발생량 조사. 병원균은 균핵 또는 후막포자로 월동하고 이듬해 1차 전염원이 되는데, 이병립에 형성된 균핵은 주로 토양에서 월동하고 다음해 7~8월경 발아하여 자실체를 형성한다. 자실체에서 유출된 자낭포자가 공기중으로 비산하여 수잉기의 열초에 부착되었다가 개화기에 화기를 통하여 벼를 침입하는 것으로 알려져 있다(加藤公光, 1978, 1981; 농촌진흥청, 1997; Fujita 등, 1989; 園田亮一, 1996). 1999년에 발병된 포장에서 채취한 이병종자를 전염원으로 처리한 각각의 접종구와 무접종구에서 금남벼가 남천벼보다 이삭누룩병의 발생량이 다소 높게 나타났다. 남천벼의 경우 무접종구에서 모든 접종구보다 오히려 병 발생량이 높게 났지만, 이병종자 처리량에 따른 발생량 증가경향은 두 품종 모두 통계적인 유의성이 없었다(Table 5). 병든 종자를 전염원으로 접종한 경우에도 두 품종 모두 병 발생량이 적었던 원인은 2000년의 경우 이삭누룩병 발생환경이 부적합하였던 것으로 판단되었다.

이삭누룩병의 약제방제 효과. 이천과 남원에서 약제방제 효과 시험을 실시한 결과, 이천에서의 약제방제 효과 시험은 무처리의 발병율이 0.6~2.0%로 낮아 약제 처리간 효과를 비교하기에 병 발생율이 너무 낮았다. 반면 남원에서는 출수기를 전후하여 일조시간이 부족하고 강우량이 많아(Table 3) 이삭누룩병 발생에 적합한 환경이 조성되어 무처리 발병율이 20% 이상으로 약효를 평가하기에 충분한 발병을 보였다. Table 6에서와 같이 처리한 약제 중 테부코나졸 수화제가 금남벼, 남천벼 2품종에서 모두 80% 이상의 높은 방제가를 나타내었으나, 동 약제를 농가에서 사용하기 위해서는 등록절차가 필요하므로 곧바로 사용할 수는 없다. 반면, 기존보고(日本植物防疫

Table 6. Effect of fungicides on the control of the rice false smut in the fields at Namwon and Icheon, Korea, in 2000

Fungicides tested ^a	Dilution rate	Disease incidence and the control effect ^b			
		Geumnambyeo		Namchunbyeo	
		Namwon	Icheon	Namwon	Icheon
Tebuconazole WP	2,000×	2.5 (87.9)X ^c	0.1 (95.0)X	4.6 (83.0)X	0 (100.0)X
Azoxystrobin WP	1,000×	6.1 (70.5)XY	0.5 (75.0)X	6.6 (75.6)X	0.2 (66.7)X
Ferimzone + tricyclazole WP	1,000×	7.6 (63.3)Y	1.1 (45.0)X	6.5 (75.9)X	0.5 (16.7)X
Ferimzone + fthalide WP	1,000×	8.1 (60.9)Y	1.9 (5.0)X	8.2 (69.6)X	0.2 (66.7)X
Control		20.7Z	2.0X	27.0Y	0.6X

^aFungicides were sprayed two times at Namwon (on Aug. 9 and 17) and at Icheon (on Aug. 7 and 14).

^bDisease incidences were recorded on Oct. 4 (Namwon) and on Sep. 20 (Icheon). Numbers in parentheses are control efficacies of the chemicals.

^cSame letters in the column are not different significantly at 0.05% level by Duncan's multiple range test.

協會, 1997)에 의한 웨림존 성분이 함유된 약제는 60.9~75.9%의 방제 효과를 보여 발병이 우려되는 해에는 이들 약제들을 사용하면 상당한 효과를 기대할 수 있으리라 판단된다(Table 6).

요 약

2000년에 전국적으로 이삭누룩병이 발생한 포장의 비율은 7.5%이었으며, 지역별로는 충북이 13.7%로 가장 높았고 전남이 1.5%로 가장 낮았다. 벼 품종별로는 남천벼가 가장 감수성이었고 흑진주벼는 1999년과 2000년에 전혀 발생이 되지 않아 가장 저항성인 것으로 조사되었다. 이삭누룩병 약제방제 선발 시험결과 터부코나졸 수화제의 방제가는 83.0% 이상으로 가장 우수하였고, 웨림존 성분이 함유된 두 약제도 방제가가 60.9%~75.9%로 나타났다. 남원 지역의 포장에서 이삭누룩병 발생이 높은 원인은 일조부족 및 강우량이 많아 발병이 조장된 것으로 분석되었다.

참고문헌

- Cooke, M. C. 1878. Some extra-European fungi. *Grevillea* 7: 13-15.
- Fujita, Y., Sonoda, R. and Yaegashi, H. 1989. Inoculation with conidiospores of false smut fungus to rice panicles at the booting stage. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 55: 629-634.
- Koiso, Y., Natori, M., Iwasaki, S., Sato, S., Sonoda, R., Fujita, Y., Yaegashi, H. and Sato, Z. 1992. Ustiloxin: A phytotoxin and a mycotoxin from false smut balls on rice panicles. *Tetrahedron Letters* 33: 4157-4160.
- Sonoda, R., Ashizawa, T., Koda, H. and Saito, H. 1997. Estimation of infection period of rice false smut in the field. *Ann. Rep. Plant Prot. North Japan* 48: 39-42.
- Taira, T. 1982. The outbreak of the false smut in Hamatouri District, Fukushima Prefecture in 1980. *Ann. Rep. Plant Prot. North Japan* 33: 41-42.
- Umehara, Y., Teranishi, T. and Yamamoto, K. 1981. Severe occurrence of false smut of rice in Toyama Prefecture in 1980. *Proc. Associat. Plant Prot. Hokuriku* 29: 11-13.
- 加藤公光. 1978. 稻こうじ病. *農藥研究* 23(3): 25-31
- 加藤公光. 1981. 稻こうじ病の發生と對策. *今月の農藥* 25(4): 58-63.
- 농촌진흥청. 1997. 벼 병해충 방제 총람-이삭누룩병. pp. 179-183
- 園田亮一. 1996. 稻こうじ病の發生生態と防除法. *植物防疫* 50(9): 351-354.
- 日本植物防疫協會. 1997. 農藥適用 一覽表. pp. 38-39.
- 池上八郎. 1962. 稻こうじ病に關する研究. *日植病報* 17(1): 16-23.
- 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록 제3판. 월드사이언스. 436 pp.
- 横須賀知之, 辻英明, 天野昭子, 中野理子, 松本幸子. 1996. 稻こうじ病の被害解析と發病に影響する要因. *植物防疫* 50(9): 364-367.