

충남지역의 벼 줄무늬잎마름병 발생감소 요인 분석

김병련^{1*} · 정태우² · 한광섭¹ · 함수상¹ · 김영진³ · 남윤규¹ · 최홍수⁴ · 김정수⁵ · 유승헌⁶

¹충청남도농업기술원, ²태안군농업기술센터, ³서천군농업기술센터, ⁴국립농업과학원, ⁵안동대학교 식물의학전공, ⁶충남대학교 응용생물학과

Analysis of the Factors for Decrease of Rice Stripe Disease in Chungnam Province

Byung-Ryun Kim^{1*}, Tae-Woo Jeong², Kwang-Seop Han¹, Soo-Sang Hahm¹, Young-Jin Kim³,
Yun-Gyu Nam¹, Hong-Soo Choi⁴, Jeong-Soo Kim⁵ and Seung-Hun Yu⁶

¹Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan 340-861, Korea

²Chungnam Tean Agriculture Technology & Extension, Taean 357-903, Korea

³Chungnam Seocheon Agriculture Technology & Extension, Seocheon 325-811, Korea

⁴Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

⁵Major in Plant Medicine, Andong National University, Andong 760-749, Korea

⁶Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received on February 25, 2013; Revised on May 23, 2013; Accepted on June 9, 2013)

The incidence factors of *Rice stripe virus* (RSV) were analyzed by studying the population density and the viruliferous insect rate (VIR) of small brown planthopper (SBPH), the incidence of stripe disease, alternate host, and susceptible cultivar in Chungnam Province. The population of overwintering SBPH had been decreasing, but the VIR of overwintering SBPH had not been differing for three years, 2008 to 2010. No RSV was detected in the natural host plants, such as short awn, annual bluegrass, and barley. In 2009, relatively large population of SBPH with the VIR of 5.4% migrated from China. However, there was no evidence relating of migration large amount of SBPH from China in 2008 and 2010. Also the infection rate of RSV in rice was less than 1% in these periods. The cultivation area of the susceptible varieties had steadily decreased from 41% to 19% from 2007 to 2009. Therefore, the reduction factors of rice stripe disease in Chungnam Province with higher influx of inoculum could be with an appropriate forecasting and chemical control, cultivation of resistant varieties, changes in the cropping system, and the low winter-spring temperature.

Keywords : Rice, *Rice stripe virus*, Small brown planthopper, Viruliferous ratio

서 론

벼 줄무늬잎마름병(*Rice stripe virus*; RSV)은 1935년 최초 진주, 밀양, 구례지역에서 30-70% 발생되었고(Chung, 1974), 이후 1964년과 1965년에 전국 발병주율이 26-38%이었으며(Park 등, 2009), 1972년과 1973년에 추풍령 이남지역에서 못자리 피해율이 2-10%를 보였다(Kim 등, 2011). 이후 비교적 안정적인 병 발생 양상을 보이다가 2001년 서해안 지역인 경기의 김포, 강화, 평택과 충남의

서산, 당진 그리고 전북의 부안, 군산 고창 에서 5,100 ha가 발생하였고, 특히 경기도 조사 필지의 47.1%에서 줄무늬잎마름병이 발생하였다(Kim, 2002). 특히 2007년도에는 전라북도 부안지역에서 2,016 ha, 충청남도 서천에서 2,441 ha가 발생하여 큰 피해를 주었다(Kim 등, 2008). 2008년에는 전라남도 진도와 해남을 중심으로 869.5 ha가 발생하였고(Kim 등, 2009b) 2009년에는 우리나라 서해안 지역 전체에 발생하였다(Choi 등, 2010).

RSV는 애멸구(*Laodelphax striatellus*)가 매개하는데, 경관전염의 방법으로 90% 정도의 후대가 40세대 이상 영속적으로 전염 가능하고(Wang 등, 2008), 기주식물과 매개충의 체내에서 복제된다(Yang 등, 1996). RSV의 진단

*Corresponding author

Phone) +82-41-635-6113, Fax) +82-41-635-7923

Email) brkim@korea.kr

법은 유묘 검정법, 적혈구 응집반응법, 효소결합항체법 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA), 유전자 진단법(reverse transcription PCR, RT-PCR), 벼 바이러스 3종 동시 유전자 진단법(Triplex RT-PCR), 면역탐침 진단법(Immuno-captures/RT-PCR), 간편 유전자 진단법(Virion-captured/RT-PCR) 등이 개발되어 이용되고 있다(Kim 등, 2009a). 전 세계적으로 벼 바이러스 중 RSV의 중간기주는 화분과 작물 및 잡초류 21종이 국내에서 보고되어 있으나(Chung, 1974), 가장 중요한 기주로 알려진 보리의 경우 자연 감염 및 감염 정도에 대하여 국내뿐만 아니라 일본에서도 연구되어 있지 않다. 이처럼 월동 애벌구의 밀도 및 보독충률, 감염 기주식물, 중간기주식물 등의 복잡한 요인이 벼 줄무늬잎마름병의 발생에 영향을 주고 있다. 따라서 벼 바이러스병의 대 발생을 막기 위하여 벼 바이러스병 발생과 보독충, 중간기주, 벼 바이러스 감염 시기별 피해정도에 대한 해석 및 바이러스를 억제할 수 있는 관리 대책 연구 등 벼 바이러스병 다발생 원인 분석 및 종합관리 대책 구명이 요구되고 있다. 본 연구에서는 충남 주요 재배지역을 중심으로 벼 줄무늬잎마름바이러스의 보독충 서식처, 중간기주, 보독충률 변이 추적 등을 분석하여 실제적인 벼 줄무늬잎마름병의 발생감소 원인을 해석하였다.

재료 및 방법

애벌구 밀도 및 RSV 보독충률. 월동 애벌구의 채집은 2월 말부터 4월 초까지 충청남도 논산, 서천, 보령의 3개 지역의 동일 포장에서 2008년부터 2010년 까지 3년간 동력흡충기를 이용하여 0.25 m²(0.5 × 0.5 m) 격자내의 애벌구를 채집하여 조사하였다. 5월 말부터 6월 상순까지 서해안 인접지역의 공중포충망에 채집된 애벌구는 비래된 개체로 판단, 공중포충망에 채집된 밀도, 비래시기의 분담에서 벼 20주당 애벌구 밀도, 그리고 비래 애벌구의 보독충률을 조사하였다. 채집된 애벌구 시료는 1.5 ml 튜브에 1마리씩 담아 -70°C에 보관하였다. 시료로부터

전체 RNA는 QIAGEN사의 RNeasy Plant Mini Kit을 이용하여 분리하였고, RT-PCR은 국립농업과학원에서 개발한 RSV 특이 프라이머 RSR4-C10(5'-AGTTGATAATAA GAATAGGAAATC-3')과 RSR4-N30(5'-CATCACAGTGTCTACTGGTCTTCAT-3')을 이용하였다(Lee 등, 2008). PCR 증폭은 역전사반응을 42°C에서 30분, 역전사효소 불활성화 94°C 10분 수행한 뒤 95°C 30초(denaturation), 50°C 1분(annealing), 72°C 1분 30초(extension) 반응을 40회, final extension을 72°C 5분 실시하였다. 이후 RT-PCR 반응액 8 μl를 1.2% agarose gel에 전기영동하여 571 bp의 특이 생성물로 보독 여부를 확인하였다.

중간기주의 RSV 감염 조사. 월동 애벌구를 채집한 보령, 논산, 서천 지역의 채집지 주변에 분포하는 보리 및 뚝새풀(*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*), 새포아풀(*Poa annua*)을 채집하여 RSV 감염 여부를 조사하였다. 보리는 지점 당 0.25 m²(0.5 × 0.5 m) 면적의 모든 개체에서 1엽씩 채집하였고, 뚝새풀과 새포아풀은 0.01 m²(0.1 × 0.1 m) 면적의 내의 모든 식물체를 채집하였다. 채집된 중간기주는 -70°C에서 보관하면서 애벌구 보독충률 검정과 동일한 방법으로 RT-PCR을 수행하였다.

줄무늬잎마름병 발생 조사. 충청남도의 주요 벼 재배지인 보령, 논산, 서천의 지역당 3지점에서 2008년에는 64필지를, 2009년에는 동일한 지점의 221필지를 6월 하순부터 8월 하순까지 2주 간격으로 벼 줄무늬잎마름병 발생을 육안 조사하였다. 육안조사에서 RSV 감염이 의심되는 시료에 대하여는 RT-PCR을 이용하여 바이러스 감염을 확인하였다.

결과 및 고찰

월동 애벌구 밀도. 충남지역의 월동 애벌구 밀도는 2008년부터 지속적으로 감소하였다(Table 1). 2008년에는 m²당 평균 16.9마리였고, 2009년에는 8.7마리, 2010년에는 1.8마리였다. 이처럼 월동 애벌구의 밀도 감소는 Fig. 1에서처럼 11월에서 2월 사이 월동기 온도 저하에 의해

Table 1. Populations of overwintering small brown planthopper (SBPH) in 2008–2010

Area collected	No. of SBPH/m ² in						
	2008		2009		2010		
	March	March	April	Average	March	April	Average
Boryeong	14.0	0.4	10.4	5.4	0.1	0.1	0.1
Nonsan	15.6	1.5	1.0	1.3	0.2	0.1	0.2
Seocheon	21.2	32.7	6.0	19.4	7.9	2.2	5.1
Average	16.9	11.5	5.8	8.7	2.7	0.8	1.8

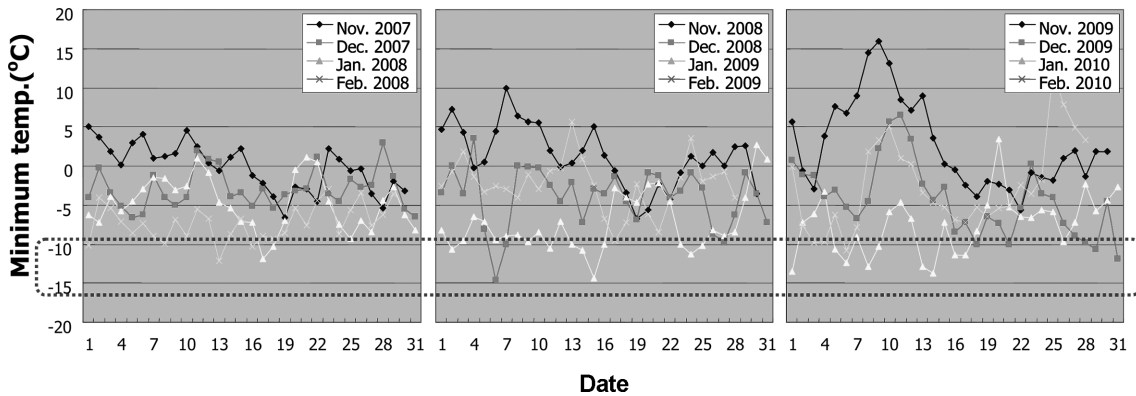


Fig. 1. Date and minimum temperature during the overwintering seasons for SBPH in 2007–2010. Temperature data were collected from annual weather information of Korea Meteorological Administration.

애멸구의 월동률 및 세대번식이 낮아졌기 때문으로 생각된다. 2010년 충남지역 월동기의 평균기온은 3.8°C로 2009년 5.3°C 보다 1.5°C 낮고, 평년 4.1°C보다 0.3°C 낮게 경과되었다. 또한 월동기 최저온도 및 최저온도의 지속일수가 증가하여 월동 애멸구의 밀도가 감소된 것으로 추정된다.

월동 애멸구 RSV 보독충률. 월동 애멸구의 RSV 보독충률은 2008년부터 2010년 까지 큰 변화없이 비교적 안정적이었다. Table 2에서와 같이 2008년도에는 RSV 보독충률이 2.9%였는데, 2007년 줄무늬잎마름병이 대발생 하였던 서천지역의 보독충률은 3.2%로 보령의 3.3%, 논산의 2.3%와 큰 차이는 없었다. 2009년에 줄무늬잎마름병의 발생이 거의 없었던 논산지역은 1% 미만의 보독충률을 보였다. 월동 애멸구의 밀도가 감소한 보령지역의 보독충률은 6.7%로 전년에 비하여 크게 증가하였고, 월동 애멸구의 밀도가 증가한 서천의 보독충률은 3.0%로 전년과 유사하였다. 2010년에 논산지역에서는 RSV 보독충은 채집되지 않았고, 보령과 서천은 각각 4.1%, 1.8%의 보독충률 보였다. 3년간 조사된 월동 애멸구 밀도와 보독충률은 비례하지 않았다. Ko 등(2011)은 월동 애멸구의 보독충률이 당해년의 병발생 원인이 아니라 전년도 병발생 정도의 결과라고 설명하였다. 충남지역에서도 애멸구의 비래와 줄무늬잎마름병의 발병이 계속되었던 보

령과 서천지역에서는 보독충률이 유지되고 있는 반면, 비래 애멸구로부터의 영향이 매우 적었던 논산지역에서는 보독충률이 지속적으로 감소하였다.

비래애멸구 밀도 및 RSV 보독충률. 2009년 6월 초 공중포충망에 채집된 애멸구는 성충태로서, 국내 월동 개체군이 아직 약충 단계인 것으로 미루어 국내 월동집단은 아닌 것으로 판단할 수 있었다. Kim 등(2011)은 우리나라에서 RSV가 연속적으로 대발생한 원인은 월동한 매개충에 의하여 발생한 것이 아니라 5월말에서 6월초 사이에 중국에서 다량의 애멸구 성충이 비래하여 이앙 초기인 6월 초에 바이러스를 전염시킨 것이라 보고하였다. 2009년 6월 4일부터 18일까지 공중포충망에 채집된 애멸구는 채집지역간 큰 차이가 있었으며, 보독충률 또한 3.2%에서 9.5%의 넓은 범위로 분포하였다. 특히 보령과 홍성지역의 보독충률은 각각 9.5%와 7.9%로 높았다(Table 3). 이러한 결과는 충북지역에서도 동일하게 나타나 6월 이후 채집된 애멸구는 모두 성충태였으며, 우리나라의 월동 애멸구는 6월 상순에 성충으로 발달하기 이전의 시기이므로, 이 시기의 애멸구 밀도와 보독충률 증가는 중국으로 비래한 애멸구의 영향으로 해석하였다(Kang 등, 2010). 5월 말부터 6월 초 중국으로부터 서해안 일대로의 기류 영향이 없었던 2008년과 2010년에는 공중포충망에 채집

Table 2. Rice stripe virus viruliferous insect rate of overwintering small brown plant hopper (SBPH) collected from Chungnam province in 2008–2010

Area collected	% viruliferous SBPH in								
	2008			2009			2010		
	March	April	Average	March	April	Average	March	April	Average
Boryeong	3.2	3.3	3.3	8.1	5.3	6.7	8.1	0	4.1
Nonsan	4.5	0	2.3	0.9	0.9	0.9	0	0	0
Seocheon	1.0	5.3	3.2	3.0	3.0	3.0	3.5	0	1.8
Average	2.9	2.9	2.9	4.0	3.1	3.6	3.9	0	2.0

Table 3. Migrated small brown planthopper (SBPH) and their *Rice stripe virus* viruliferous insect rate (VIR) in 2009

Area collected	No. of SBPH ^a		VIR (%)
	Insect net (Head/net)	Paddy fields (Head/20 plants)	
Boryeong	32	30.0	9.5
Dangjin	0	4.3	3.2
Gongju	0	1.0	6.4
Hongseong	98	31.0	7.9
Seocheon	1,001	350.0	4.2
Seosan	330	13.2	— ^b
Taeon	1,262	250.0	5.6

^aSurveyed for 4th–18th June, 2009.

^bNot tested.

Table 4. Infection rate of *Rice stripe virus* on natural hosts collected from paddy fields in 2008–2009

Area collected	Infection of RSV on natural hosts (%)		
	Weeds		Barley
	Short awn	Annual bluegrass	
Boryeong	0	0	0
Nonsan	0	0	0
Seocheon	0	0	0

된 애멸구는 거의 없었으며, 포장에서의 발병도 매우 적었다(자료 미제시).

중간기주의 RSV 감염. 2008년과 2009년 월동 애멸구 채집지점 부근에서 채집한 보리 550엽, 뚝새풀 225점, 새포아풀 90점의 RSV 감염 여부를 조사한 결과 RSV는 검출되지 않았다(Table 4). 2002년 보고된 자료에 의하면 줄무늬잎마름병의 발생이 늘어난 원인을 애멸구의 월동장소로서의 보리 재배면적 증가로(Kim 등, 2002) 보고 있지만 충남지역에서는 RSV 발생에 보리의 중간기주 역할은 미약할 것으로 생각된다. Ko 등(2011)에 의하면 전남 지역의 RSV 중간기주 조사를 위하여 보리, 밀, 뚝새풀 등 8종의 식물 246점을 개체별로 조사하였을 경우에는 RSV가 검출되지 않았고, 격자형으로 대량 채집한 3종의 식물체 334점 중에 뚝새풀 198점에서 3점만이 RSV가 검출되어 보리와 밀의 중간기주 역할은 크지 않은 것으로 해석하였다. 또한 Kim 등(2011)도 2008년과 2009년 1,016 개체의 보리 중에서 2개의 개체에서만 RSV가 감염된 것을 확인하여 보리의 벼 바이러스 기주식물로서의 중요성은 거의 없는 것으로 보고하였다. 하지만 최근 벼 줄무늬잎마름병의 중간기주로 들묵새가 보고되었고, 충남 서천에서 채집한 들묵새의 RSV 감염을 확인하였다(Yoon 등,

2009). 들묵새는 녹비작물 및 피복작물로 그 이용이 늘고 있어 충남지역의 RSV 중간기주로서 그 역할에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

줄무늬잎마름병 발생. 충남지역의 벼 줄무늬잎마름병은 조생종 품종인 운광벼, 중만생종 품종인 동진1호와 추청벼 등 조기 이앙된 감수성 품종을 중심으로 심하게 발생하였는데, 2007년의 대 발생 이후 감수성 품종의 재배면적이 감소하였고, 농가에서의 체계적인 방제로 인하여 본답에서의 발병은 심하지 않았다. 이앙시기가 빠른 1모작 시대나 줄무늬잎마름병의 상습 발생지에서는 저항성 품종을 재배하여야 하며, 발병률이 높은 상습 발생지나 감수성 품종 재배지역은 줄무늬잎마름병의 감염 시기를 회피하여 6월 15일 이후에 이앙하는 것이 병 발생을 줄이는 방법으로 보고된 바 있다(Cha 등, 2010). 이러한 이유로 Table 5에서와 같이 충남지역의 감수성 품종 재배면적은 2007년 41%에서 2008년 29%, 2009년 19%로 급격히 감소하였고, 감수성 품종을 재배하는 지역에서도 이앙시기를 최대한 늦추는 등 줄무늬잎마름병의 발생을 줄이려는 노력이 있었다. 특히 2009년 애멸구 대발생 지역에서는 감수성 품종의 재배면적이 급격히 줄어 서천지역은 6.8%, 홍성은 2.3%, 서산은 9.8% 수준이었다.

충남지역의 2008년과 2009년 벼 줄무늬잎마름병 발생조사 결과 Table 3에서와 같이 애멸구 비래가 일어나지 않았던 2008년은 발병 포장의 수 및 병든포기율 모두 매우 낮은 수준이었다. 중국으로부터 애멸구가 대량 비래되었던 2009년에는 줄무늬잎마름병이 발생한 포장은 많았지만, 병든포기율은 1% 미만이었다. 2009년의 애멸구의 대량 비래가 확인된 이후 각 시군의 예찰답에서는 애멸구의 비래상황을 모니터링하기 위한 공중포충망을 설치하여 줄무늬잎마름병의 조기방제에 이용하고 있다(Jeong 등, 2012). 또한 애멸구가 비래되었을 경우를 대비하여 방제체계를 확립하고 농가지도가 이루어져 애멸구 월동기부터 집중적인 방제가 실시되었다. 애멸구가 비래하지 않았을 경우 이앙 전 상자처리와 더불어 6월 말과 7월 말 2회 애멸구 방제가 이루어지며, 애멸구가 비래되었을 경

Table 5. The cultivated area of susceptible rice varieties in Chungnam Province

Year	Cultivated area (ha)	
	Total paddy fields	Susceptible varieties ^a
2007	160,235	65,520 (41%)
2008	162,244	46,708 (29%)
2009	160,952	30,770 (19%)

^aSusceptible varieties are ‘Dongjin 1-ho’, ‘Unkwangbyeo’, ‘Ilpumbyeo’, ‘Chucheongbyeo’ and ‘Saechucheongbyeo’.

Table 6. Incidence of rice stripe disease on rice paddy fields in 2008–2009

Area	2008			2009		
	No. of fields		Diseased plants (%)	No. of fields		Diseased plants (%)
	Surveyed	Occurred		Surveyed	Occurred	
Boryeong	23	2	0.5	73	18	1.0
Nonsan	22	1	0.1	62	6	0.1
Seocheon	19	3	0.3	86	8	0.5

우 비래직후, 비래 후 15일, 그리고 최고분얼기에 애멸구 방제를 실시하도록 하여, 본답에서의 피해를 최소화 하였다. 특히 애멸구 대량 비래 후 5-7일 사이에 살충제를 처리하였을 경우 RSV에 의한 피해를 87.6% 줄일 수 있다고 보고된 바 있다(Jeong 등, 2012). 2001년 줄무늬잎마름병이 대발생되었던 경기지역의 경우, 20년만의 대발생으로 RSV에 대한 인식이 제고되었으며, 월동 애멸구의 보독충률 검정을 통한 병 발생 우려 지역의 적극적인 애멸구 방제 정책으로, 2002년 못자리 방제율은 전년 0%에서 95% 이상, 이앙 및 본답 초기 방제율은 60%에서 90% 이상 증가하여 병발생 감소가 가능하였다(Park 등, 2009). 2010년에는 애멸구의 비래가 되지 않았고, 2011년에는 애멸구의 비래량이 2009년과 비슷하였지만 공중포충망채집에 의한 애멸구의 예찰과 철저한 조기방제로 대 발생 피해가 일어나지 않았다(Lee 등, 2012). 애멸구는 냉동된 RSV 감염 식물체를 흡즙하여도 일반적인 경우와 비슷한 비율로 보독하고 전염된다는 사실이 보고되었다(Zhang 등, 2007). 이것은 줄무늬잎마름병이 발병되었던 포장은 수확 후 동절기에도 그루터기 흡즙을 통하여 충분히 보독할 수 있다는 것을 나타낸다. 월동기 및 벼 생육기중 집중적인 애멸구 방제가 이루어져 줄무늬잎마름병의 확산이 차단되고, 줄무늬잎마름병 발생 상습지역 중심으로 적극적인 방제전략을 수립, 농가지도에 활용함으로써 충청남지역의 줄무늬잎마름병 발생은 Table 6에서와 같이 감수성 품종 재배지역에서도 매우 낮은 발병수준을 유지할 수 있었던 것으로 판단된다.

요 약

충남지역의 벼 줄무늬잎마름병 발생변화 원인을 구명하기 위해 월동 애멸구 밀도와 보독충률, 줄무늬잎마름병 발생정도, 중간기주, 감수성 품종 등을 조사하였다. 충남지역의 월동 애멸구 밀도는 2008년부터 2010년까지 해마다 감소하였으며 월동 애멸구의 RSV 보독충률은 3년간 각각 2.9, 4.0, 그리고 3.9%로 큰 변화는 없었다. 애멸구의 중간기주로 알려진 보리와 독새풀, 새포아풀에서 RSV

의 감염은 확인되지 않았다. 2009년 중국으로부터 애멸구가 대량 비래하였고, 이들의 보독률은 5.4%이었으나 2008년과 2010년에는 비래가 확인되지 않았다. 본답에서의 줄무늬잎마름병 발생은 2008년과 2009년에 1.0% 이하로 유지되었고, 2007년부터 2009년까지 감수성품종의 재배면적 또한 41%에서 19%로 크게 감소하였다. 전염원의 대량유입으로 인한 충남지역 벼 줄무늬잎마름병의 감소 요인은 적절한 예찰과 화학적 방제, 저항성 품종의 재배, 재배방법의 변화, 그리고 겨울-봄의 낮은 온도에 의한 것으로 해석되었다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of Cooperative Research program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ006733) Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Cha, K. H., Oh, H. J., Park, H. G. and Jung, W. J. 2010. Comparison of rice stripe disease occurrence and yield under different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Korean J. Org. Agric.* 18: 75–82. (In Korean)
- Choi, H. S., Lee, S. H., Kim, M. K., Kwak, H. R., Kim, J. S., Cho, J. D. and Choi, G. S. 2010. Occurrence of virus diseases on major crops in 2009. *Res. Plant Dis.* 16: 1–9. (In Korean)
- Chung, B. J. 1974. Studies on the occurrence, host range, transmission, and control of rice stripe disease in Korea. *Korean J. Plant Prot.* 13: 181–204. (In Korean)
- Jeong, T. W., Kim, B. R., Han, G. S., Kang, D. W., Jeong, I. Y., Lim, H. S. and Kim, J. S. 2012. Evaluation of pesticide treatment for control of *Rice stripe virus* after mass migration of small brown planthoppers. *Res. Plant Dis.* 18: 245–249. (In Korean)
- Kang, H. J., Ahn, K., Han, C. U., Jeong, K. H., Park, S. J., Ji, J. J. and Kim, J. S. 2010. Analysis of the factors involved in the occurrence of *Rice stripe virus* in Chungcheongbukdo in 2008 and 2009. *Res. Plant Dis.* 16: 109–114. (In Korean)

- Kim, C. H. 2002. Review of disease incidence of major crops in 2001. *Res. Plant Dis.* 8: 1–10. (In Korean)
- Kim, J. S., Lee, G. S., Kim, C. S., Choi, H. S., Lee, S. H., Kim, M. K., Kwag, H. R., Nam, M., Kim, J. S., Noh, T. H., Kang, M. H., Cho, J. D., Kim, J. Y., Kang, H. J., Han, J. W., Kim, B. R., Jeong, S. S., Kim, J. H., Kuo, S. J., Lee, J. H. and Kim, T. S. 2011. Severe outbreak of *Rice stripe virus* and its occurring factors. *Korean J. Pest. Sci.* 15: 545–572. (In Korean)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Cho, J. D., Noh, T. H. and Kim, J. Y. 2009a. Convenient genetic diagnosis of virion capture (VC)/RT-PCR for rice viruses (RSV, RBSDV) and small brown planthopper. *Res. Plant Dis.* 15: 57–62. (In Korean)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Kim, M. K., Kwak, H. R., Cho, J. D., Choi, G. S. and Kim, J. Y. 2009b. Occurrence of virus diseases on major crops in 2008. *Res. Plant Dis.* 15: 1–7. (In Korean)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Choi, G. S., Cho, J. D. and Chung, B. N. 2008. Survey of viral diseases occurrence on major crops in 2007. *Res. Plant Dis.* 14: 1–9. (In Korean)
- Ko, S. J., Kang, B. R., Kim, D. I., Choi, D. S., Kim, S. G., Lee, G. S., Kim, C. S., Choi, H. S., Kim, H. J. and Kim, J. S. 2011. Analysis of the occurrence of *Rice stripe virus* in Jeonnam Province. *Res. Plant Dis.* 17: 351–357. (In Korean)
- Lee, B. C., Cho, S. Y., Yoon, Y. N., Kang, I. J., Lee, J. H., Kwak, D. Y., Shin, D. B. and Kang, H. W. 2012. Change in occurrence of *Rice stripe virus* disease. *Res. Plant Dis.* 18: 402–405. (In Korean)
- Lee, S. H., Choi, H. S., Park, J. W. and Moon, J. S. 2008. Primer for detecting *Rice black-streaked dwarf virus*, *Rice dwarf virus* and *Rice stripe virus* and method for detecting simultaneously said viruses using the same. Korea Patent 10-0801558.
- Park, J. W., Jin, T. S., Choi, H. S., Lee, S. H., Shin, D. B., Oh, I. S., Lee, S. G., Lee, M. H., Choi, B. R., Bae, S. D., Kim, J. Y., Han, K. S., Noh, T. H., Ko, S. J., Park, J. D., Lee, B. C., Kim, T. S., Chung, B. K., Hong, S. J., Kim, C. H., Park, H. M. and Lee, K. W. 2009. Incidence of *Rice stripe virus* during 2002 to 2004 in Korea and chemical control of small brown planthopper. *The Korean J. Pest. Sci.* 13: 309–314. (In Korean)
- Wang, H.-D., Chen, J.-P., Zhang, H.-M., Sun, X.-L., Zhu, J.-L., Wang, A.-G., Sheng, W.-X. and Adams, M. J. 2008. Recent *Rice stripe virus* epidemics in Zhejiang province, China, and experiments on sowing date, disease-yield loss relationships, and seedling susceptibility. *Plant Dis.* 92: 1190–1196.
- Yang, W., Wang, X., Wang, S., Yie, Y. and Tien, P. 1996. Infection and replication of a planthopper transmitted virus-*Rice stripe virus* in rice protoplasts. *J. Virol. Methods* 59: 57–60.
- Yoon, Y. N., Lee, B. C., Jung, J. H., Kim, J. I., Hwang, J. B., Kim, C. S., Hong, S. J., Kang, H. W., Song, S. B., Hong, Y. G., Park, S. T. and Lee, K. W. 2009. New alternate host of *Rice stripe virus* - 'Deulmuksae'. *Res. Plant Dis.* 15: 63–67. (In Korean)
- Zhang, S., Li, L., Wang, X. and Zhou, G. 2007. Transmission of *Rice stripe virus* acquired from frozen infected leaves by the small brown planthopper (*Laodelphax striatellus* Fallen). *J. Virol. Methods* 146: 359–362.