

Note | Open Access

애멸구 대량 비래후 살충제 처리와 벼줄무늬잎마름바이러스 (*Rice stripe virus*) 발생 관계 조사

정태우 · 김병련¹ · 한광섭¹ · 강동우² · 정임영 · 임현섭^{2*} · 김정수^{3**}

충남 태안군농업기술센터, ¹충남농업기술원 농업환경연구과, ²충남대학교 응용생물학과,

³국립농업과학원 작물보호과

Evaluation of Pesticide Treatment for Control of *Rice stripe virus* after Mass Migration of Small Brown Planthoppers

Tae Woo Jeong, Byung Ryun Kim¹, Gwang Seop Han¹, Dong-Woo Kang², Iim Young Jeong, Hyoun-Sub Lim^{2*} and Jeong Soo Kim^{3**}

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

¹Agricultural Environment Division, Chungcheong nam-do Agricultural Research & Extension Services, Yeosan 340-961, Korea

²Chungnam National University, College of Life Sciences and Agriculture, Department of Applied Biology, Daejeon 305-764, Korea

³Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Service, Suwon 441-707, Korea

(Received on July 21, 2012; Revised on August 17, 2012; Accepted on August 22, 2012)

The small brown planthopper (*Laodelphax striatellus*) is one of the most important rice pests in Republic of Korea because it damages rice plants not only by sap-sucking but also by transmitting *Rice stripe virus* (RSV). Outbreaks of RSV are closely related to outbreaks of the small brown planthopper (SBPH). Therefore, it is very important to control SBPH for the management of RSV. Mass-migrating SBPH collected by aerial net traps in June 2011 at Taeanup, Geunheungmyon and Gonammyon in Taean-gun were examined for virus carrier status and effects of the pesticide, 'Myungtaja', on the control of RSV. Among 1,217 SBPH trapped, about 7.7% were detected as RSV positive and 4.4% were positive for *Rice black streak dwarf virus* (RBSDV) by RT-PCR. After the mass migration, pesticide 'Myungtaja' was sprayed once or twice on rice fields and compared to untreated fields. The incidence of RSV was not affected by the frequency of spraying 'Myungtaja' but was influenced by the time of pesticide treatment. Myungtaja' treatment within 5-7 days after mass migration resulted in the most efficient RSV control, resulting in RSV incidence decreased by 87.6% compared to the control. Therefore, we conclude that pesticide spraying for RSV control was most effective when it was done within 5-7 days after mass migration.

Keywords : Mass migration, Myungtaja, *Rice stripe virus*, Small brown planthopper

국내 벼에 발생하는 바이러스는 벼줄무늬잎마름바이러스(*Rice stripe virus*, RSV), 벼검은줄오갈바이러스(*Rice*

black streaked-dwarf virus, RBSDV)와 벼오갈바이러스(*Rice dwarf virus*, RDV) 3종이 보고되고 있다(Kim 등, 2008). RSV는 Tenuivirus에 속하는 사상형 바이러스이고, RBSDV와 RDV는 Reoviridae에 속하는 구형 바이러스이다(Toriyama, 2000). RSV와 RBSDV는 애멸구(Small Brown Planthopper, SBPH)에 의하여 영속 전염하는 바이러스이다. RSV에 감염된 벼는 유포에서 감염 후, 일주일 또는 이주일정도 지나면 잎에 모자이크 증상이 나타나고 줄기

*Corresponding author

Phone) +82-42-821-5766, Fax) +82-42-823-8679

Email) hyounlim@cnu.ac.kr

**Corresponding author

Phone) +82-31-290-0430, Fax) +82-31-290-0406

Email) kimjsoo@korea.ac.kr

가 이상 성장하여 황사 고사한다. 생육 중기에 감염되면 잎은 고사되지 않고 황화 모자이크 증상이 나타나는데, 때로는 고사하기도 한다. 못자리 시기 및 본답 이앙후 생육 초기에 감염되면 이와 같은 병징이 발생하여 벼 재배에 피해를 일으킨다.

RSV는 우리나라에서 1935년 진주, 밀양, 구례지역에서 최초로 발생하였으며, 1964년과 1965년 경북과 전북 남부지방에서 발생하여 수확량의 약 40% 가량 피해를 가져오기도 하였다(Chung 등, 1971). 1972년과 1973년에는 추풍령이남 지역으로 확산하였으며, 이후 2000년까지는 다수계 품종의 재배면적 확대로 RSV의 발생은 거의 없었다(Kim, 2002).

하지만 2000년 말부터 지구 온난화에 따른 비래 곤충의 국내 유입으로 서해안일 때에 RSV 피해가 증가하였다. 특히 충남 서천과 전북 부안지역을 중심으로 서해안 지역에 4,500 ha에 RSV가 발생하여 경제적 손실이 컸고(Kim 등, 2008a), 2008년에는 전남 서남해안 진도, 해남

등 869 ha, 2009년에는 서해안 전 지역 2,1541 ha 발생하였으며, 50% 가량 부분 고사를 보이는 RSV의 피해를 보였다(Choi 등, 2010). 2007년부터 3년간 매년 서해안 지역을 중심으로 RSV가 대 발생한 원인중 가장 중요한 것은 바이러스를 보독하고 있는 매개충인 애멸구가 중국에서 대량으로 비래 발생한 것으로 보고되었다(Kim 등, 2009).

RSV는 애멸구가 옮기는 영속전염 바이러스로서 RSV 보독충 방제는 RSV 전염을 예방하기 위해 매우 중요하다. 하지만 서해안 지역에 중국으로부터 애멸구의 대량 비래 후 RSV의 의한 피해를 줄이기 위해 애멸구 방제효과를 위한 살포시기, 살충제 종류에 따른 방제효과 조사가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 긴급 방제의 효율적 수행에 과학적 근거를 제시하기 위해 2011년에 충남 태안 지역을 중심으로 애멸구의 대량 비래를 근거로 하여 노지 포장에서 수행한 최적 방제시기, 방제 약제 효과를 산출하였으며 매개충 방제에 따른 RSV 발생률을 조사하였다.

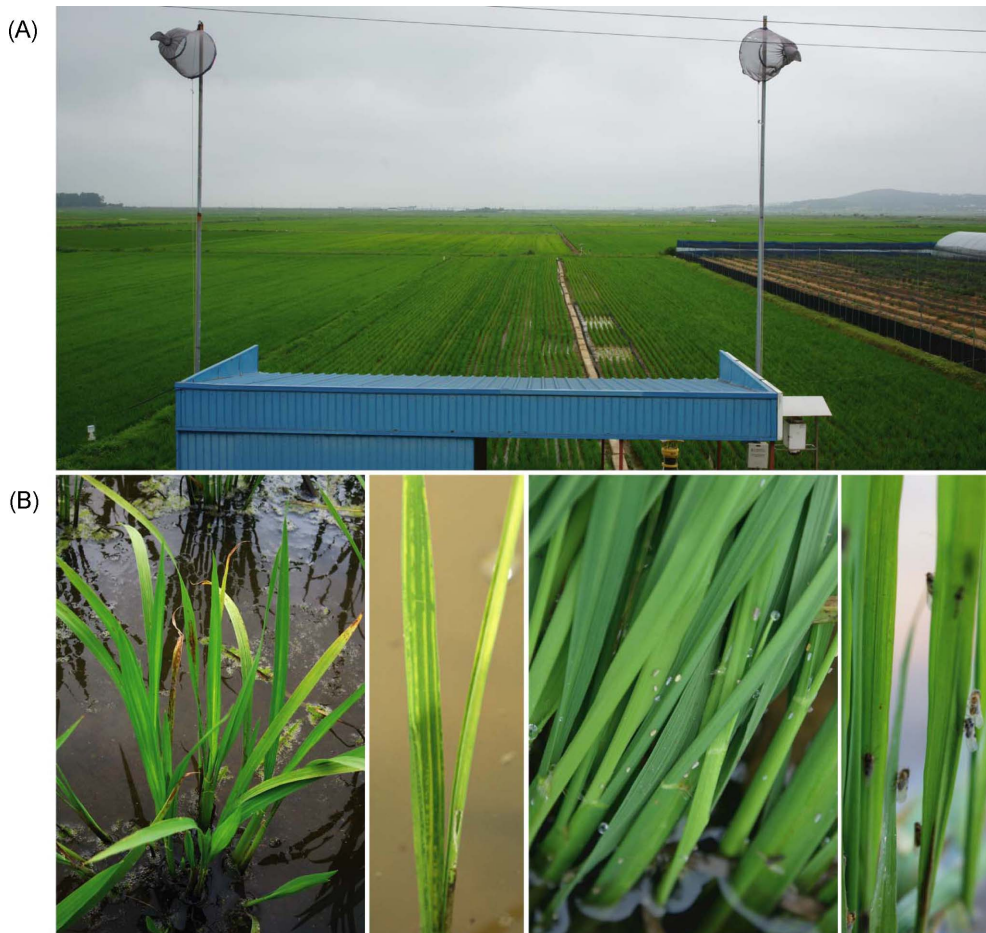


Fig. 1. Sky trap installed at Taeonup to collect small brown planthoppers (A) and Symptoms of Rice stripe virus detected at Taeonup after mass migration (B).

Table 1. Number of adult small brown planthoppers (SBPH) trapped by sky net trap in 2011

Date trapped	No. of adult SBPH at			Total
	Taeaneup Inpyungri	Geunheungmyun Duyari	Gonammyun Gonamri	
June 1	482	195	540	1,217
June 2	99	191	195	485
June 3	450	193	102	745
June 5	85	83	27	195
June 9	4	34	20	58
June 10	0	0	0	0

애멸구 비래 상황조사. 2011년 애멸구 비래 상황을 조사하기 위해 태안군 태안읍 인평리에 병해충 예찰담과 고남면 고남리 농가포장, 근흥면 두야리 농가포장 3곳에 공중포충망을 10 m 높이로 설치하였다(Fig. 1A). 공중포충망 조사는 2011년 5월 22일부터 실시하였으며 6월 1일 대량 비래를 확인한 후에 오전 9시부터 하루 3차례 조사하였다. 공중 포충망에 포획된 애멸구는 현미경 검경을 통해서 개체수를 확인하였다. 충남 태안군에 설치한 공중 포충망에 채집된 애멸구 성충의 비래 밀도는 태안읍 인평리 482마리, 근흥면 두야리 195마리, 고남면 고남리 540마리 이었으며, 총 비래 애멸구 수는 1,217마리이었다(Table 1). 5월 22일부터 조사를 시작하였고, 5월 22일부터 5월 31일까지 애멸구는 포획되지 않았으나 6월 1일부터 애멸구의 밀도가 급격히 증가하여 대량 비래가 5월 31일 이후 발생한 것으로 볼 수 있었다. 채집 일별 총 애멸구의 개체수는 대량비래 후 2일째 485마리로 급격히 감소하였으며, 5일째, 9일째는 195마리, 58마리로 각각 감소하였고 10일째는 공중포충망에 애멸구가 채집되지 않았다. 애멸구의 대량 비래후 5일경까지는 지역 내 집단 이동하는 것으로 예측되며 이후 기주 식물에 정착하는 단계로 전환된 것으로 추측된다. 2011년 태안 지역의 공중 포충망 조사 3지역의 총 포획 마리 수는 2009년 6월 3일 비래 애멸구 성충 밀도 963마리보다 높았다. 2011년 6월 1일 급격히 늘어난 애멸구 밀도는 오전 9시에 공중 포충망에 채집되어 야간에 중국으로부터 비래된 것으로 보이며, 6월 2일 이후 채집된 애멸구는 대량 비래된 애멸구가 지역 내 이동이 일어난 것으로 볼 수 있다. RSV 감염조사는 대량비래 후 30일째부터 10일 간격으로 3차례 실시하였다. 처리 시험구별 RSV의 전형적인 병징인 모자이크 황화, 고사 증상을 육안으로 조사한 후(Fig. 1B), RT-PCR를 이용하여 RSV와 RBSDV의 감염을 확인하였다. 사용된 프라이머는 RSV-F 5'-AGTTGATAATAAGAATAGGAAATC-3' RSV-R

Table 2. The rate of viruliferous insects among mass migrated small brown planthoppers (SBPH) in 2011

Virus	No. of SBPH		Rate (%)
	Investigated	Infected ^a	
RSV	90	7	7.8
RBSDV	90	4	4.4
RSV + RBSDV	90	0	0.0

^aPositive results obtained from RT-PCR using *Rice stripe virus* and *Rice black streaked-dwarf virus* specific primers

5'-CATCACAGTGTCACTGGTCTTCAT-3' 그리고 RBSDV-F 5'-AATCAAAACAAGGTACAGCCAAAGA-3' RBSDV-R 5'-TGATCCCGATGAATACGAATTGACC-3'를 이용하였다. 공중포충망에 채집된 대량 비래한 애멸구의 벼 바이러스 보독충률을 조사한 결과 RSV 보독충률은 7.7%, RBSDV는 4.4%이었으며 두 바이러스의 복합감염 보독충률은 0.0%였다(Table 2). 2009년에 대량 비래한 애멸구의 RSV 보독충률 6.4%, RBSDV 보독충률 1.8%(Kim 등, 2011)와 비교하면 2011년 비래 애멸구의 RSV 보독충률이 증가하였다.

살충제 처리 횟수와 시기에 대한 RSV 방제 효과. 실험포장은 태안군 농업기술센터 병해충 예찰 포장에 설치하였으며, RSV에 감수성 품종으로 알려진 동진1호를 시험 품종으로 이용하였다. 처리 별 시험 포장은 40 m²로 하였으며, 재배관리는 벼 표준 재배법에 준하였다. 약제 처리는 이앙 전 처리 살균,살충제인 동방아그로 tiadinil-benfuracarb(입제)를 상자당 50 g씩 살포한 후 5월 25일에 본답에 이앙하였다. 본 실험에 이용된 살충제는 가장 널리 사용되고 있는 ‘동부한농 etofenprox(10%)’를 사용하였다. 처리 횟수에 대한 RSV 방제효과는 애멸구 비래후 3일째 1회 처리 실험구와, 1회 처리후 애멸구 부화 초기인 15일째 2회 처리한 실험구를 비교하여 산출하였다. 부화시기는 유효 적산 온도(Park 등, 2011)를 산정하여 예측하였다. 따라서 RSV 발생과 살충제 처리 효과를 알아보기 위해 애멸구가 대량 비래한 후 3일째 1회 살포한 경우와 애멸구 산란후 알의 부화시기인 대량 비래후 15일째에 추가로 살충제를 처리하였다. 또한 살충제 처리 시기에 대한 RSV 방제 효과에 대해서는 애멸구 대량 비래 후 3일, 5일, 7일, 10일 간격으로 각각 처리하였으며 SAS Enterprise Guide(Ver. 4.3, SAS Institute, Inc., 2006, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였고, 처리 평균간 비교를 위하여 Duncan's multiple range test($P=0.05$)를 실시하였다. RSV 평균 발병 줄기율과 포기율은 실험 면적(Fig. 1)내 인접 실험구와 경계되는 부분을 제외한

33 m² 중심으로 구획당 450–500주, 전수 조사하였다. 1회 살충제 처리 후 30일, 40일, 50일째에 0.04%, 0.54%, 0.06%로 증가하였고 발병 포기율은 0.20%, 1.41%, 4.73%이고(Table 3) 2회 처리시 발병줄기율은 0.02%, 0.56%, 0.47%이고 발병포기율은 0.12%, 2.74%, 3.36%이었다. 반

면 무처리구는 발병줄기율 0.45%, 1.07%, 1.37%이고 발병포기율은 0.41%, 5.79%, 8.76%로 살충제처리구에 비하여 2–3배 가량의 RSV 발병율이 증가하였다. 하지만 살충제 1회, 2회 처리에 대한 발병률에 차이는 찾을 수 없었다(Table 3). 따라서 1회 약제 처리만으로도 RSV 감소

Table 3. Occurrence of RSV infected individual plants and *Rice stripe virus* (RSV) infected hills of rice plants by the earlier spraying of pesticide after mass migration of small brown planthoppers

Date of pesticide treatment	Replication	1 = % RSV infected plant 2 = % RSV infected hills							
		June 30		July 10		July 20		Average	
		1	2	1	2	1	2	1	2
June 4 ^a	1st	0.06	0.20	0.77	1.04	0.84	5.91		
	2nd	0.02	0.20	0.30	1.78	0.49	3.56		
	Average	0.04a ^c	0.20a ^c	0.54a	1.41b	0.66b	4.73ab	0.41a	2.10a
June 4 + June 16 ^b	1st	0.04	0.24	0.56	2.62	0.44	3.06		
	2nd	0.00	0.00	0.55	2.86	0.50	3.62		
	Average	0.02a	0.12a	0.56a	2.74b	0.47b	3.36a	0.35a	2.07a
Untreated	1st	0.26	0.62	1.06	5.18	1.31	7.45		
	2nd	0.65	0.20	1.07	6.41	1.42	10.07		
	Average	0.45a	0.41a	1.07a	5.79a	1.37a	8.76b	0.96a	4.98a

^aPesticide ‘Myuntaja’ was sprayed at 3 days after mass migration of small brown planthoppers on June 1.

^b2nd treatment on June 16 was at the time hatching of eggs from migrating SBPH.

^cValues indicated by the same letter were not significantly different in Duncan’s multiple range test ($P = 0.05$).

Table 4. Frequency of occurrence of individual rice plants infected with *Rice stripe virus* (RSV) as influenced by timing of pesticide spraying after mass migration of small brown planthoppers

Application	Replication	% RSV infected plant on			
		30 DAS ^b	40 DAS	50 DAS	50 DAS
Day 3 ^a	1st	0.24	0.53	0.43	
	2nd	0.25	0.64	0.59	
	Average	0.25ab ^c	0.58b	0.51bc	37.2 ^d
Day 5	1st	0.09	0.18	0.12	
	2nd	0.13	0.26	0.22	
	Average	0.11ab	0.22c	0.17d	12.4
Day 7	1st	0.17	0.36	0.33	
	2nd	0.26	0.27	0.24	
	Average	0.22b	0.32c	0.28cd	20.4
Day 10	1st	0.11	0.58	0.58	
	2nd	0.11	0.56	0.78	
	Average	0.11b	0.57b	0.68b	49.6
Untreated	1st	0.26	1.08	1.31	
	2nd	0.65	1.07	1.42	
	Average	0.45a	1.07a	1.37a	100

^aMyungtaja was sprayed after mass migration. On day 3, 5, 7, and 10 day after migration respectively.

^bDay after spray.

^cValues indicated by the same letter were not significantly different in Duncan’s multiple range test ($P = 0.05$).

^d(50 DAS % RSV infected plants on / % RSV infected untreated plants) × 100.

효과를 얻을 수 있다. 애멸구 비래 후 가능하면 즉시 살충제를 살포하여 RSV의 감염을 억제하는 것이 가장 중요한 방제 대책이라 할 수 있지만 비래 후 살충제 살포 시기가 농가의 여건, 기상 조건 등으로 늦어질 가능성이 있기 때문에 효과적인 약제처리 시기를 정하기 위하여 대량 비래 후 방제 시기에 대한 RSV의 발생 억제 효과를 조사하였다. 약제 처리시기는 대량 비래후 3일, 5일, 7일, 10일에 각각 살충제를 처리하였으며 RSV의 발병률(%)을 30일(6월 30일), 40일(7월 10일), 50일째(7월 20일) 조사하였다. 6월 30일의 첫 번째 조사에서는 RSV 발병률의 차이가 나타나지 않았으나, 7월 20일의 마지막 조사에서는 살충제 처리시기에 따른 RSV 발병률의 차이를 볼 수 있었다(Table 4). 본 연구결과로 볼 때 대량 비래후 5-7일내에 한 번의 살충제 처리가 RSV의 전염을 예방 할 수 있다. 5-7일 이내에 살충제 처리효과는 RSV 감염률을 무처리 대비하여 20.4%, 12.4%로 낮출 수 있어 피해 감소 효과를 볼 수 있으나 5일 이전이나 7일 이후의 살충제 처리는 무처리 대비 37.5%, 49.6%의 감소효과를 얻을 수 있으나 5-7일내에 처리한 방제효과에 비하여 2배 이상 RSV의 발생을 보였으므로 살충제 처리 효과는 대량 비래 후 5-7일 사이에 반드시 이루어져야 하며 애멸구 밀도 변화에 대한 꾸준한 모니터링이 매우 중요하다고 하겠다.

요 약

애멸구는 벼 생산에 있어서 흡즙에 의한 피해를 일으킬 뿐만 아니라 벼줄무늬잎마름바이러스를 매개하는 매우 중요한 해충이다. 벼줄무늬잎마름병의 발생은 애멸구 발생과 매우 일치하므로 벼 농사에 벼줄무늬잎마름병 예방에 애멸구 관리가 매우 중요하다. 본 연구는 2011년 6월 충남 태안읍 근흥면 고남면 일대에 설치된 공중포충만을 이용하여 애멸구의 이동 및 바이러스 보독률을 조사하였으며, 애멸구 대량비래 후, 살충제(동부한농 etofenprox(10%))의 처리 횟수, 처리 시기에 따른 벼줄무늬잎마름병의 보독률을 조사하였다. 태안군 일대에서 애멸구 대량 비래후 약 1,217마리가 포획되었으며 이중 7.7%는 벼줄무늬잎마름바이러스, 4.4%는 벼검은줄오갈바이러스의 보독률을 보였다. 대량비래 후 2차례 살충제 처리는 벼줄무늬잎마름병 보독률의 변화가 1차례 처리와 차이는 없었으나 처리 시기를 대량 비래후 5-7일 사이에 처리하였을 경우 RSV

의 피해감소 효과를 무처리 대비 87.6%까지 감소시킬 수 있었다. 따라서 본 연구 결과는 애멸구 대량 비래후 5-7일 사이에 한 번의 살충제 처리가 가장 효과적인 벼줄무늬잎마름바이러스 방제라 하겠다.

Acknowledgement

This study was financially supported by research fund of Chungnam National University in 2010.

References

- 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. and Lee, S. H. 1971. Studies on the damage of *Rice stripe virus* disease. *Res. Rept. RDA* 14: 91-98. (In Korean)
- Kim, C. S. 2009. Virus-insect-plant interactions at RSV outbreak regions in Korea. APEC workshop on the epidemics of migratory insect pests and associated virus disease in rice and their impact on food security in APEC member economies. pp. 59-74.
- Kim, J. S., Choi, H. S., Lee, S. H., Lee, G. S., Kim, C. S., 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* disease and its occurring factors. *Korean J. Pestic. Sci.* 15: 545-572. (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, 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)
- Kim, J. S., Lee, S. H., Choi, H. S., Choi, G. S., Cho, J. D., Noh, T. H. and Kim, J. Y. 2009. Convenient genetic diagnosis of virion captured (VC)/RT-PCR for rice viruses (RSV, RBSDV) and small brown plant hopper. *Res. Plant Dis.* 15: 57-62. (In Korean)
- Kim, K. H., Park, H. M., Lee, S. G., Park, H. H., Park, C. K. and Eum, K. B. 2008. Occurrence forecasting of overwintered small brown plant hopper using effective accumulated temperature. *Korean J. Appl. Entomol.* (Autumn abstract p. 135).
- Toriyama, S. 2000. *Rice stripe virus*. CMI/AAB Description of plant viruses. No.375.