한국응용곤충학회지
Korean J. Appl. Entomol. 54(4): 419-423 (2015)
DOI: http://dx.doi.org/10.5656/KSAE.2015.11.0.069

ⓒ The Korean Society of Applied Entomology
pISSN 1225-0171, eISSN 2287-545X

애멸구의 날개형태, 성별, 그리고 발육단계별 Rice stripe virus (RSV) 보독률과 이병률

이휘종 · 강미형[1] · 최만영[2] · 구현나[3] · 김길하[3]*
국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과, [1]국립식량과학원 기초기반과, [2]국립식량과학원 기술지원과, [3]충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Rice Stripe Virus (RSV) Acquisition and Infection Rates According to Wing Form, Sex and Life Stage of Small Brown Planthopper (*Laodelphax striatellus*)

Hwi-Jong Yi, Mi-Hyeong Kang[1], Man-Young Choi[2], Hyun-Na Koo[3] and Gil-Hah Kim[3]*
Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Republic of Korea
[1]Crop Foundation Division , NICS, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea
[2]Technology Transfer Division , NICS, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea
[3]Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea

ABSTRACT: Small brown planthopper (SBPH), *Laodelphax striatellus*, gives a lot of damage to the rice by insect vector of rice stripe virus (RSV). This study compared the RSV acquisition and infection rates according to wing form, sex, and life stage of SBPH. The RSV acquisition rate in macropterous and brachypterous was 60.7% and 63.1%, respectively. The RSV acquisition rate by sex was 61.9% in female and 52.2% in male. However, there was no difference in significance. The RSV acquisition rate of nymphs and adults was 51.2% and 58.7%, respectively. The RSV infection rate by wing form was 53.3.% in macropterous and 48.2% in brachypterous. According to life stage, nymphs was 38.2% and adults was 42.6%. There was no difference in significance. On the other hand, female and male of RSV infection rate was 50.5% and 22.3%, respectively. There was a significant difference. Additionally, developmental periods of SBPH by RSV infection, the longest when inoculated with RSV-infected SBPH in healthy rice, while the shortest when inoculated healthy SBPH in healthy rice.

Key words: *Laodelphax striatellus*, Acquisition rate, Infection rate, Rice stripe virus

초 록: 애멸구(*Laodelphax striatellus*)는 rice stripe virus (RSV)의 매개충으로 벼에 큰 피해를 주는 해충이다. 본 연구에서는 애멸구의 장·단시형, 암·수, 약·성충에 대한 RSV 보독률과 이병률을 비교하였다. 애멸구의 장·단시형의 RSV 보독률은 각각 60.7%, 63.1%로 크게 차이는 없었다. 암·수에 대한 RSV 보독률은 각각 61.9%, 52.2%로 암컷의 보독률이 더 높았으나 유의성은 없었다. 약·성충의 보독률을 비교한 결과 각각 51.2%, 58.7%로 역시 크게 차이가 나지는 않았다. RSV에 감염된 애멸구에 노출된 건전한 벼의 이병률은 장시형은 53.3%, 단시형은 48.2%를 보였으며, 약·성충의 이병률은 각각 38.2%, 42.6%를 보여 유의성은 없었다. 반면 암컷은 50.5%의 이병률을 보이고 수컷은 22.3%의 이병률을 보여 암컷이 수컷에 비해 22.3% 이병률이 높아 유의성이 있었다. 또한 벼와 애멸구의 RSV 감염여부에 의한 애멸구의 발육기간은 건전한 벼에 RSV 감염 애멸구를 접종 했을 때 가장 긴 것으로 나타났으며, 건전한 벼에 건전한 애멸구를 접종 했을 때 발육기간이 가장 짧은 것으로 나타났다.

검색어: 애멸구, 보독률, 감염률, 벼줄무늬잎마름병 바이러스

애멸구(*Laodelphax striatellus*)는 멸구과(Delphacidae)에 속하는 해충으로 우리나라, 일본, 중국, 대만, 시베리아, 북유럽 등지에 널리 분포하고 있다. 주요 기주는 벼, 보리, 조, 옥수수 등 화본과 작물이며 흡즙에 의한 직접적인 피해보다는 바이러스를 매개함으로써 작물에 더 큰 피해를 준다(Bae et al., 1995). 또한 벼멸구, 흰등멸구와는 달리 국내에서 월동하는 것으로 알려져 있었으나 2007 ~ 2010년 중국에서 대량으로 비래한 사실

***Corresponding author:** khkim@chungbuk.ac.kr
Received October 27 2015; **Revised** November 4 2015
Accepted November 5 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이 확인되기도 하였다(Jung et al., 2012). 국내에서는 1930년대부터 낙동강 주변의 영남지방에 발생하여 큰 피해를 일으켜 왔으며, 2000년대 이후 전국적으로 발생면적이 증가하여 큰 문제가 되고 있는 해충이기도 하다(Park et al., 2011a). 애멸구가 매개하는 바이러스에는 rice stripe tenuivirus (RSV), rice black-streaked dwarf virus (RBSDV), rice dwarf virus (RDV)가 있으며, 벼에 가장 큰 피해를 주는 RSV는 Tenuivirus에 속하는 사상형 바이러스로 애멸구에 영속적으로 전염된다(Kang et al., 2010). RSV는 식물병원성 바이러스로 새로운 기주식물로 전파하기 위해서는 반드시 매개충인 애멸구를 이용해야 한다.

식물바이러스는 하나의 기주에서 다른 기주로 이동하기 위해서 전략적으로 진화했으며(Véronique et al., 2010), 비영속 바이러스의 경우 수 시간 안에 전염력을 상실하기 때문에 바이러스에 감염된 식물에 머무는 시간이 짧을수록 유리하다(Fereres and Moreno, 2009). 반면 영속적인 바이러스는 매개충이 바이러스를 획득하기까지 충분한 양을 흡즙해야 하고 바이러스 보독 후에도 전염력을 가지기 위해서는 매개충 내부에서 충분한 증식이 필요하다. 또한 식물 병원성 바이러스는 매개충을 감염시킴으로써 영향을 주는데, 감염으로 인한 직접적인 영향을 주거나 바이러스에 감염된 기주식물을 매개충이 섭식함으로써 간접적으로 매개충에 영향을 주기도 한다(Belliure et al., 2005). 이러한 상호 연관성을 고려해 볼 때 바이러스는 영속성을 유지하기 위해서 기주식물과 매개충이 긴밀한 관계를 가질 수 밖에 없다. 바이러스의 기주식물과 400종의 매개충이 매개하는 바이러스와의 관계를 비교한 연구에서는 바이러스가 기주식물보다는 매개충과 더 긴밀한 관계가 있다는 것을 보여준다(Power and Flecker, 2003). 일부 바이러스는 같은 과(family) 안에서 하나 이상의 매개충에 의해 다른 기주식물로 이동할 수 있지만, 어떠한 바이러스는 종(species) 이상의 매개충에 의해서는 이동할 수 없다(Power, 2000). 이것은 바이러스가 특정 매개충과 상호연관이 있다는 것을 보여 주며, 기주식물과도 상호작용을 한다는 것을 말해 준다. 식물 병원성 바이러스가 매개충을 감염시킴으로써 미치는 영향을 주로 긍정적인 측면에서 많은 연구(Fereres et al., 1989; Inoue and Sakurai, 2006)가 이루어져 있는 반면 감염된 기주식물을 섭식하는 매개충의 간접적인 영향은 긍정적인 측면과 부정적인 측면(Khan and Saxena, 1985; DeAngelis et al., 1993) 모두 연구가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 바이러스와 매개충간의 상호관계를 이해하고자 애멸구의 날개형태, 성별 그리고 발육단계에 따른 RSV 보독률과 이병률을 조사하였다.

재료 및 방법

시험 곤충

RSV 보독 애멸구 확보를 위해 RSV의 병징이 확인된 벼를 온실에서 재배하면서 애멸구를 접종하여 바이러스를 보독시켰다. 보독충 확보에 사용된 기주식물은 RSV 감수성인 동진1호로 48시간 동안 침종한 뒤 24시간 동안 30℃ 항온기에서 발아시킨 후 파종하여 한 주씩 사각포트(35 × 25 × 25 cm)에 재식거리 10 × 10 cm로 이앙하였다. 보독충 유지를 위하여 온실 내에 기주식물을 재배하면서 인위적으로 RSV를 충매전염 시켜 발병을 유도하여 이병주를 확보한 후 곤충사육실(25℃, 60% RH, L:D = 16:8h)

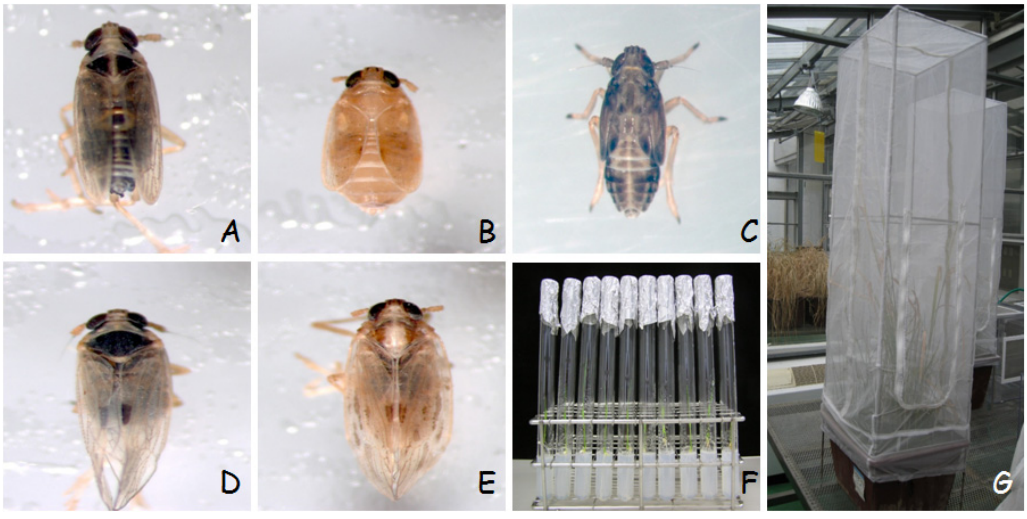

Fig. 1. Morphological feature of various forms in the *Laodelphax striatellus* and inoculation method. A, brachypterous male; B, brachypterous female; C, 4th instar nymph; D, macropterous male; E, macropterous female; F, inoculation on rice seedling and G, rearing cage for viruliferaous insects.

에서 증식된 건전한 애멸구를 온실 내에 방사하여 보독 애멸구를 확보하였다. 실험에 사용된 애멸구와 시험관은 Fig. 1과 같다.

애멸구의 RSV 보독능력 조사

애멸구 RSV 보독능력 조사는 50개의 소형 시험관(ø2.5 × 19.5 cm)에 각각 한천을 7 cm 채운 다음, RSV에 감염된 동진 1호를 1본(2엽기)씩 재식한 후 RSV 비보독 애멸구를 1마리씩 접종하였으며, 4회 반복해서 실험하였다. 접종 5일 후 50개의 시험관에서 각각 애멸구를 수거하여 RT-PCR 검정을 실시하고 애멸구의 장 · 단시형, 암 · 수, 약(3-4령) · 성충(우화 후 10일 이내)에 따른 바이러스 검출 비율을 비교하였다.

애멸구의 RSV 기주 이병능력 조사

애멸구 RSV 감염능력 조사는 50개의 소형 시험관(ø2.5 × 19.5 cm)에 각각 한천을 7 cm 채운 다음, RSV에 감염되지 않은 동진 1호를 1본(2엽기)씩 재식하여 RSV 보독 애멸구를 1마리씩 접종하였으며, 4회 반복해서 실험하였다. 접종5일 후50개의 시험관에서 각각 식물체를 수거하여 RT-PCR 검정을 실시하고 애멸구의 장 · 단시형, 암 · 수, 약 · 성충에 따른 바이러스 검출 비율을 비교하였다.

RSV가 애멸구의 발육기간에 미치는 영향

RSV가 애멸구의 발육기간에 미치는 영향에 대한 조사는 소형 시험관(ø2.5 × 19.5 cm)에 한천을 7 cm 채운 다음, 1) RSV에 감염되지 않은 동진 1호를 1본(2엽기)씩 재식하여 RSV 보독 애멸구를 접종한 것과 2) 건전 애멸구를 접종한 것, 3) RSV에 감염된 동진 1호를 1본씩 재식하여 RSV 보독 애멸구를 접종한 것과 4) 건전 애멸구를 접종한 것 4가지 그룹에서 약충에서 성충이 되기까지의 기간을 매일 조사하였다.

RT-PCR을 이용한 검정 방법

식물체는 유발과 유봉을 이용하여 신속히 마쇄, 분말이나 즙액을 만든 후 1.5 ml tube에 담은 후에 1 ml trizol solution을 첨가하고, 애멸구는 600 µl trizol solution에 Pestle을 이용하여 마쇄한 뒤, vortex 15초 한 후 5분 이상 실온에서 정치하였다. 5분이 지나면 200 µl chloroform을 tube에 첨가하고 20초 동안 vortex 한 다음, 13,000 rpm, 4℃에서 15분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 상층액을 500 µl를 깨끗한 tube에 옮기고, 500 µl isopropanol을 첨가하여 섞어준 뒤 얼음 위에서 15 분간 정치한 뒤 13,000 rpm, 4℃에서 10 분간 원심 분리하였다. 750 µl 70% ethanol을 첨가해서 원심분리 한 다음 상층액은 버리고 air-dry 후 멸균된 증류수를 첨가하여 RNA현탁액을 준비하였다. 추출한 RNA는 벼줄무늬잎마름병 진단을 위해 개발된 Duplex PCR kit (TNT research Co., Ltd. Korea)를 이용하여 분석하였다. 키트에 사용된 Duplex 프라이머는 RSV 산물이 549 bp에서 나타나고, PCR 분석의 효율성을 확인하기 위한 애멸구 internal control 프라이머는 201 bp 크기에서 밴드를 나타내어 시료의 false-positive를 가려낼 수 있게 제작되었다. 추출한 RNA (30 ng)와 D.W를 첨가한 PCR 반응은 42℃에서 30 min(분)간 reverse transcription 반응시킨 다음, 95℃ 30 sec, 57℃ 30 sec, 72℃ 1 min으로 35 cycles 반응하였다. PCR 반응 후 1.0% agarose gel을 이용하여 전기영동으로 증폭결과를 확인하였다.

통계분석

실험결과의 분석은 Tukey's Studentized Range Test (SAS Software 9.2; SAS Instiute 2008) 방법을 이용하였다.

결과 및 고찰

애멸구의 날개형태, 암 · 수, 약 · 성충에 대한 RSV 보독률의 비교

애멸구의 날개형태, 암 · 수, 약 · 성충 간 RSV 보독률에 대한 비교는 Fig. 2와 같다. 먼저 날개 형태에 따른 보독률을 비교해 보면 장시형이 60.7%, 단시형이 63.1%의 보독률을 보여 단시형의 보독률이 2.4% 더 높았지만 유의성 차이는 없었다. 성별에 따른 보독률은 암컷이 61.9%, 수컷이 52.2%의 보독률을 보여 암컷의 보독률이 9.7% 더 높았다. 충태에 따른 보독률은 약충의 보독률이 51.2%, 성충은 58.7%로 조금 더 높았지만 유의성은 없었다. 기존 연구(Park, 2011b)에서는 4-5령의 약충이 성충보다 RSV 보독률이 높았다고 한 반면, 본 실험에서는 성충의 보독률이 약충보다 조금 더 높게 나와 상반된 결과를 보였지만 유의성은 없었다. *Peregrinus maidis* (Hemiptera, Delphacidae)의 Maize mosaic virus (MMV) 보독률을 비교한 Higashi and Bressan (2013)의 연구에서도 장 · 단시형과 암 · 수 간 바이러스 보독률의 차이는 없었다. 다만 본 실험에서 유의하지는 않았지만 애멸구 암 · 수간의 RSV 보독률 차이가 날개형태나 충태간의 차이보다 비교적 크게 나타나 실험군을 확대할 경우 유의성이 나타날 가능성을 고려해 볼만 하다.

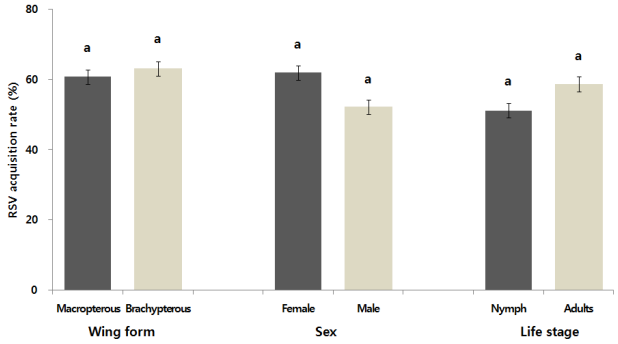

Fig. 2. RSV acquisition rates according to wing form, sex, and life stage of SBPH.

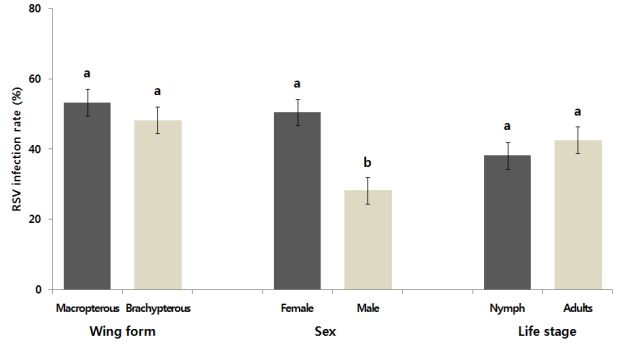

Fig. 3. RSV infection rates according to wing form, sex, and life stage of SBPH.

애멸구의 날개형태, 암 · 수, 약 · 성충에 대한 RSV 이병률의 비교

RSV에 감염된 애멸구에 노출된 건전한 벼의 이병률을 애멸구의 날개형태, 암 · 수, 약 · 성충으로 나누어 비교 하였다(Fig. 3). 우선 날개 형태에 따른 이병률 조사결과, 장시형에서는 53.3%, 단시형에서는 48.2%의 이병률을 보였다. 성별(암수)에 따른 이병률에서는 암컷이 50.5%, 수컷은 28.2%의 이병률을 보여 유의성이 있는 것으로 나타났다. 약 · 성충에 따른 이병률은 약충의 이병률이 38.2%, 성충이 42.6%로 유의차가 없었다. 이러한 결과는 산란능력이 있는 암컷이 수컷과 비교해 섭식량에 차이가 있거나 탐침횟수, 흡즙 위치로 체관에 얼마나 머무는지 등 섭식양상의 차이가 영향을 미칠 수 있다. Kwon (2009)은 EPG (Electrical penetration graph) 파형과 감로의 분비를 분석해 애멸구의 섭식행동을 연구하였는데 이를 참고하여 애멸구 암 · 수 간에 RSV 이병률의 차이가 섭식양상에 따른 차이에서 기인한 것인지 추가 실험이 필요한 실정이다.

RSV가 애멸구의 발육기간에 미치는 영향

애멸구와 기주사이에서 RSV가 애멸구의 발육기간에 영향을 미치는지 조사하였다(Table 1). 먼저 한 그룹은 RSV에 감염된 벼에 건전한 애멸구와 RSV를 보독하고 있는 애멸구를 접종하고, 다른 그룹은 건전한 벼에 건전한 애멸구와 RSV를 보독하고 있는 애멸구를 접종하여 영기별 발육기간을 조사하였다. RSV 감염된 벼에 RSV 보독 애멸구를 접종했을 때 약충에서 성충이 되기까지 15.57 ± 1.77일 걸렸으며 건전한 애멸구를 접종했을 때는 성충이 되기까지 15.79 ± 2.05일 걸렸다. 건전한 벼에 RSV 보독 애멸구를 접종했을 때는 약충에서 성충이 되기까지 15.85 ± 2.12일이 소요되었으며, 건전한 애멸구를 접종하였을 때는 성충이 되기까지 15.35 ± 1.85일이 소요되었다. 건전한 벼에 RSV 보독 애멸구를 접종하였을 때 애멸구가 성충이 되기까지 가장 긴 시간이 걸렸으며 건전한 벼에 건전한 애멸구를 접종하였을 때 가장 짧은 시간이 소요되었으나 처리 간 유의차는 없었다. 일부 연구에서는 바이러스에 감염된 식물에 매개충을 접종했을 때 매개충의 발육기간이 길어진다고 하였다. 이러한 결과는 바이러스에 의한 기주식물의 유리아미노산이나 면역반응 물질의 증가가 매개충에 좋지 않은 영향을 미치기 때문으로 보고되었다(Fereres et al., 1989; Abe et al., 2012). 본 연구에서는 건전한 벼에 RSV 감염된 애멸구를 접종하였을 때 15.85일이 걸려 약충에서 성충이 되기까지 가장 오랜 시간을 경과했으며 건전한 벼에 건전한 애멸구를 접종하였을 때 15.35일이 걸려 성충이 되기까지 가장 짧은 시간을 경과해 RSV가 애멸구의 발육기간을 늦추는 경향을 보였다. 하지만 RSV가 직접적으로 애멸구에 영향을 미치는지 아니면 애멸구의 RSV가 기주식물로 이동하면서 일어나는 기주식물의 면역반응 물질이 간접적으로 영향을 미치는지는 알 수 없다. Higashi and Bressan (2013)의 연구에서는 바이러스에 감염된 기주식물의 잎에 건전한 매개충을 접종하였을 때 바이러스에 노출은 되었지만 보독을 하지 않은 매개충의 발육기간이 건전한 기주식물에 건전한 매개충을 접종하였을 때 보다 길었다. 이는 바이러스에 저항하면서 매개충이 에너지를 소비하기 때문에 발육기간이 길어진 것으로 추측했다. 즉 건전한 매개충 체내로 침투한 바이러스가 직접적으로 매개충의 발육기간을 늦춘 것으로 볼 수 있다. 본 연구에서도 유의성은 없었지만 건전한 애멸구를 바이러스에 감염된 벼와 건전한 벼에 접종했을 때, 바이러스에 감염된 벼에 접종한 애멸구의 발육이 더 느렸다. 또한 건전한 벼에 바이러스를 보독하고 있는 애멸구와 건전한 애멸구를 접종 했을 때, 바이러스를 보독한 애멸구의 발육이 더 느린 경향을 확인할 수 있었다. 이를 종합해 볼 때 RSV가 애멸구의 발육기간에

Table 1. Developmental period of viruliferous or non-viruliferous SBPH from RSV-infected or RSV-uninfected rice

Nymph stage	RSV-infected rice				RSV-uninfected rice			
	n	Viruliferous SBPH (Mean ± SD)	n	Non-Viruliferous SBPH (Mean ± SD)	n	Viruliferous SBPH (Mean ± SD)	n	Non-Viruliferous SBPH (Mean ± SD)
First	16	3.00 ± 0.89 a[1]	15	3.17 ± 0.36 a	19	3.29 ± 0.65 a	19	3.03 ± 0.68 a
Second	16	2.56 ± 0.44 a	15	2.13 ± 0.35 a	19	2.47 ± 0.66 a	17	2.47 ± 0.45 a
Third	16	2.94 ± 0.89 a	15	2.87 ± 0.99 a	19	2.39 ± 0.32 a	17	2.56 ± 0.35 a
Fourth	16	3.44 ± 1.36 a	15	3.77 ± 1.18 a	19	3.76 ± 0.79 a	17	3.79 ± 1.12 a
Fifth	14	3.54 ± 1.54 a	12	3.79 ± 2.05 a	17	4.00 ± 1.81 a	13	3.69 ± 1.71 a
Total	14	15.57 ± 1.77 a	12	15.79 ± 2.05 a	17	15.85 ± 2.12 a	13	15.35 ± 1.85 a

[1]Means followed by same letter in a column are not significantly different at $P < 0.05$ by Tukey's studentized range test.

어느 정도 영향을 미치는 것으로 예상되며 그 영향이 직접적인 영향인지 간접적인 영향인지는 추가적인 연구가 필요하다.

사 사

본 논문의 연구결과는 농촌진흥청 시험연구과제(과제번호: PJ008692)로 수행하였습니다.

Literature Cited

Abe, H., Tomitaka, Y., Shimoda, T., Seo, S., Sakurai, T., Kugimiya, S., Tsuda, S., Kobayashi, M., 2012. Antahonistic plant degense system regulated by phytohormones assists interactions among vector insect, thrips and a tospovirus. plant Cell Physiol. 53, 204-212.

Bae, S.D., Song, Y.H., Park, K.B., 1995. Study on the bionomics of overwintering small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallen, in Milyang. Korean J. Appl. Entomol. 34, 321-327.

Belliure, B., Janssen, A., Maris, P.C., Peters, D., Sabelis, M.W., 2005. Herbivore arthropods benefit from vectoring plant viruses. Ecol. lett. 8, 70-79.

DeAngelis, J.D., Sether, D.M., Rossignol, P.A., 1993. Survival, development, and reproduction in western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) exposed to *Impatiens necrotic spot virus*. Environ. Entomol. 22, 1308-1312.

Fereres, A., Lister, R.M., Araya, J.E., Foster, J.E., 1989. Development and reproduction of the English grain aphid (Homoptera: Aphididae) on wheat cultivars infected with Barley yellow dwarf virus. Environ. Entomol. 18, 388-393.

Fereres, A., Moreno, A., 2009. Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. Virus Research. 141, 158-168.

Higashi. C.H.V., Bressan, A., 2013. Influence of a propagative plant virus on the fitness and wing dimorphism of infected and exposed insect vectors. Plant Animal Interactions. 172, 847-856.

Inoue, T., Sakurai, T., 2006. Infection of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) shortens the life span of thelytokous *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol Zool. 41, 239-246.

Jung, T.W., Kim, B.R., Han, G.S., Kang, D.W., Jeong, I.Y., Lim, H.S., Kim, J.S., 2012. Evaluation of pesticide treatment for Control of *rice stripe virus* after mass migration of small brown planthoppers. Korean J. Res. Plant Dis. 18, 245-249.

Kang, H.J., Ahn, K.S., Han, C.U., Jeong, K.H., Park, S.J., Ji, J.J., Kim, J.S., 2010. Analysis of the factors involved in the occurrence of *Rice stripe virus* in Chungcheongbukdo in 2008 and 2009. Korean J. Res. Plant Dis. 16, 109-114.

Khan, Z.R., Saxena, R.C., 1985. Behavior and biology of *Nephotettix virescens* (Homoptera: Cicadellidae) on tungro virus-infected rice plants: epidemiology implications. Environ. Entomol. 14, 297-304.

Kwon, Y.H., 2009. Feeding Behavior of Small Brown Planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallen, Using EPG(Electrical Penetration Graph). Masters dissertation. Chunbuk National University, Korea.

Park, C.G., Park, H.H., Kim, G.H., 2011a. Temperature-dependent development mondel and forecasting of adult emergence of overwintered small brown planthopper, *Laodelpahax striaellus* Fallen, population. Korean J. Appl. Entomol. 50, 343-352.

Park, J.W., Lee, M.H., Lee, K.W., 2011b. Studies on the some aspect of small brown planthopper transmission of *Rice stripe tenuvirus*. Korean J. Pesticide Science. 15, 490-494.

Power, A.G., 2000. Insect transmission of plant viruses: a constraint on virus variability. Curr Opin Plant Biol. 3, 336-340.

Power, A.G., Flecker, A.S., 2003. Virus specificity in disease systems: are species redundant?, in: Kareiva, P., Levis, S.A. (Eds), The importance of species: perspectives on expendability and triage. Princeton University Press, Princeton, pp. 330-346.

SAS Institute. 2008. SAS/STAT user's guide: statistics, version 9.2 Institute, Cary, N.C., U.S.A.

Véronique, B., Maryline, U., Baptiste, M., Emmanuel, J., Stéphane, B., 2010. Aphids as transport devices for plant viruses. Comptes Rendus Biologies. 333, 524-538.