



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩士學位論文

친환경재배 감귤원에서 썩덩나무노린재의
가해습성 및 관리전략

Feeding Habit of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) and
Its Management Strategy in Environmentally-friendly Citrus Orchards

濟州大學校 大學院

農學科

金修彬

2013年 2月

친환경재배 감귤원에서 석덩나무노린재의 가해습성 및 관리전략

指導教授 金 桐 淳

金 修 彬

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2012年 12月

金修彬의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2012年 12月

목 차

| | |
|--|-----|
| List of Tables | iii |
| List of Figures | iv |
| ABSTRACT | 1 |
| I. 서 론 | 3 |
| II. 연 구 사 | 4 |
| III. 재 료 및 방 법 | 7 |
| 1. 썩덩나무노린재 실내개체군 수립 | 7 |
| 1.1. 썩덩나무노린재 실내사육 | 7 |
| 1.2. 실내개체군과 야외개체군의 비교 | 7 |
| 2. 썩덩나무노린재 흡즙시기에 따른 낙과 및 부패 | 9 |
| 2.1. 수확 과실의 흡즙 처리 후 저장 실험 | 9 |
| 2.2. 착색전 및 착색기 흡즙 처리 후 저장 실험 | 9 |
| 3. 만감 하우스에서 썩덩나무노린재의 발생조사 | 10 |
| 3.1. 썩덩나무노린재의 발육태별, 기주식물 부위별 밀도 조사 | 10 |
| 3.2. 갈색날개노린재 집합페로몬을 이용한 피라미드 트랩의 예찰 효과 검정 | 10 |
| 4. 몇 가지 친환경약제의 썩덩나무노린재 방제효과 검정 | 11 |
| 4.1. 기계유 유제 방제효과 검정 | 11 |
| 4.2. 제충국, 테리스 및 님 제제의 방제효과 검정 | 11 |
| 4.3. 제충국 및 테리스의 주사효과 검정 | 12 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| IV. 결 | 과 | 13 |
| 1. | 실내개체균과 야외개체균의 형태 비교 | 13 |
| 2. | 피해과실의 낙과율 및 부패율 | 13 |
| 2.1. | 수확후 흡즙과실의 저장중 부패율 | 13 |
| 2.2. | 착색기 피해과실의 낙과율 | 13 |
| 2.3. | 착색기 피해과실의 저장중 부패율 | 14 |
| 3. | 만감 하우스에서 썩덩나무노린재의 연간 발생생태 및 가해 습성 | 19 |
| 3.1. | 썩덩나무노린재의 발육태별 발생생태 | 19 |
| 3.2. | 썩덩나무노린재의 기주식물 부위별 발생생태 | 19 |
| 3.3. | 갈색날개노린재 집합페로몬을 이용한 썩덩나무노린재 유인 효과 | 22 |
| 4. | 친환경약제 살충효과 검정 | 25 |
| 4.1. | 약충에 대한 기계유 유제의 살충효과 | 25 |
| 4.2. | 제충국, 테리스 및 님 제제의 방제효과 | 25 |
| 4.3. | 제충국 및 테리스 제제의 주사에 의한 약제효과 | 26 |
| V. 고 | 찰 | 32 |
| VI. 적 | 요 | 37 |
| VII. 인 | 용 문 헌 | 39 |

List of Tables

| | |
|---|----|
| Table 1. Comparison (Mean \pm SD) of morphological characters between laboratory-reared and wild population of <i>H. halys</i> adults. | 15 |
| Table 2. Fruit decay rate (% , Mean \pm SD) caused by feeding of <i>H. halys</i> adults in 2010 experiments. | 16 |
| Table 3. Fruit drop and decay rate (% , Mean \pm SD) caused by feeding of <i>H. halys</i> adults in 2011 experiment. | 17 |
| Table 4. Effects of commercial machine oil against <i>H. halys</i> | 27 |
| Table 5. Effects of several plant-originated chemicals against <i>H. halys</i> by spraying method. | 29 |
| Table 6. Effects of two plant-originated chemicals against <i>H. halys</i> by direct injection method. | 31 |

List of Figures

- Fig. 1. Body measurement of *H. halys* females (from A: wild; B: laboratory) and males (from C: wild; D: laboratory); bl: body length, bw: body width and hlth: tibia of hind-leg. 8
- Fig. 2. A pyramid trap baited with *Plautia stali* aggregation pheromone (A) and stink bug caught in the trap (B). 10
- Fig. 3. Changes of fruit decay rate during cold storage at 4°C. The fruits were fed by *H. halys* adults in the field until the harvest on 17 November in 2011: A, B, C and D indicate 1.0, 0.2, 0.1 and 0.0 adults per fruit, respectively. 18
- Fig. 4. Seasonal fluctuation of each developmental stage of *H. halys* in Shiranui orchard in 2012. 20
- Fig. 5. Seasonal distribution of *H. halys* found on different tree habitats in a Shiranui orchard in 2012. 21
- Fig. 6. Seasonal fluctuation of *H. halys* caught in the pyramid trap. 23
- Fig. 7. The number of *H. halys* caught in pyramid trap baited with *P. stali* aggregation pheromone (PsAGP) and seeds of blackbean (chungja3ho). A: PsAGP, B: PsAGP+blackbean, C: control. 24
- Fig. 8. Effects of several plant-originated chemicals against *H. halys* nymphs (A) and adults (B). 28
- Fig. 9. Effects of several plant-originated chemicals against *H. halys* adults by injection method. 30

ABSTRACT

The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) is polyphagous pest insect, originated in East Asia including Korea, China, Japan and Taiwan, injuring leguminous and fruit plants and many ornamental trees. *H. halys* was introduced into the U.S. and the Europe in 1996 and 2006, respectively. In Jeju island, Korea, *H. halys* is considered as the most significant stink bug pest of citrus. *H. halys* sucks up fruits and leaves of citrus, and finally causes severe fruit-fall damage in the growth season. It can controlled by application of practical insecticides such as organo phosphorous, pyrethroids and neo-nicotinoids, but there is lack of environmentally-friendly management strategy.

In this study, 20 of *H. halys* adults were originally collected in 2009, in a citrus orchard in Jeju, and successfully established its laboratory colony by feeding fresh peanut and fleshy potted-plants (*Peperomia* spp.) for water source and oviposition substrate. The laboratory colony was maintained in acrylic cage (110 x 70 x 55cm) with $24 \pm 1^\circ\text{C}$, RH40-70% and 16L:8D. This method seems to need less effort to keep *H. halys* population than previous rearing methods. The body sizes between laboratory and wild colony were not different in male and female adults, while tibia of hind-leg was significantly longer than in laboratory males than that of wild males.

The feeding of *H. halys* was regarded as causing factor of fruit drops and resultant decay of the citrus fruits. So, we examined the feeding effect of *H. halys* on fruit drop before harvest and decay rate during cold storag (4°C) according to different feeding times: pre-coloring, coloring and harvesting season of citrus. In this study, a branch with 9-12 fruits were embraced with a mesh-net bag, then 0 to 1.0 *H. halys* adults per fruit were introduced in. In pre-coloring stage of citrus (16, September), the feeding by 1.0 and 0.2 *H. halys* per fruit induced 70% and 20% fruit drop, respectively, in 2010. In fruit coloring stage (6, October), however, 0.5 *H. halys* adults per fruit caused 8%

fruit drop in 2011. When the fruits that were not dropped by *H. halys* feeding were held in cold storage, the fruits decay rate were 2–10%, and there was no significant different between feeding treatment and non-treated control.

In environmentally-friendly managed Shiranui greenhouse, seasonal fluctuation of each developmental stages of *H. halys* and its preferring host sites were investigated by visual counting method. The adult population peaks (summer generation) occurred in mid-July for 1st generation and late-October for 2nd generation. Most *H. halys* was found on young leaves of shoots before fruit coloring (September) with few-individuals were observed on fruits, while thereafter 4–5th nymphs of *H. halys* moved to citrus fruits for feeding resulting in the fruit drop.

The insecticidal effects of eco-friendly materials such as pyrethrin(extract of *Dalmatian chrysanthemum*) and commercial products of rotenone, azadirachtin and machine oil were evaluated by spray method. Mortality of *H. halys* adults were highest in pyrethrin treatment (50%) and its effectiveness was same as synthetic insecticide, dinotefuran. Nymphs (3–4th instar) were hardly killed by all chemicals tested, and machine oil 100x showed only 20% mortality against 1st nymphs, indicating a control program of *H. halys* with a stage-specific spraying.

The mortality effect of rotenone were much higher in infection treatment than in spray treatment; increasing to a 80%. This result indicates that researches for transporting target chemicals into insect body by increasing penetration ability or through feeding bait is required in the future.

Integrating results obtained in this study, the management strategy of *H. halys* in greenhouse environment can be summarized: timing spray of machine oil against young nymphs in early June and August, and pyrethrin sprays against adult populations during overwintering, 1st and 2nd generation period. In open citrus orchards, however, further studies are required to control immigrating population form outside habitats.

I. 서 론

썩덩나무노린재(*Halyomorpha halys* (Stål))는 노린재목(Hemiptera) 노린재과(Pentatomidae)에 속하는 곤충으로 콩류, 과수류 및 다양한 관상수들을 광범위하게 가해한다. 이들은 아시아 지역에 토종으로 분포하며 국제 무역중 화물을 통해 미국과 유럽 등지로 유입, 정착한 것으로 추정되고 있다(Hoebekje and Carter, 2003; Aldrich *et al.*, 2009). 썩덩나무노린재는 기주범위가 넓고 가해 작물의 상품성을 크게 떨어뜨리는 특성으로 인하여 정착한 지역마다 주요 해충으로 부상하고 있다(Hoebekje and Carter, 2003).

썩덩나무노린재는 구침을 찔러 감귤 표피에 구멍을 내고 흡즙 가해하는 특성이 있어 재배중 과실의 낙과피해가 심하며 이것이 수확후 부패율 상승에도 기여하여 수확직전까지도 방제가 불가피하다는 우려가 있었다. 썩덩나무노린재는 관행 재배 감귤원에서는 기존 화학약제에 대한 높은 감수성으로 인하여(Watanabe *et al.*, 1994a; Nielsen *et al.*, 2008a) 재배중 큰 문제가 되지 않았으나 친환경적 방제수단이 아직 개발되어 있지 않아 제주도내 친환경 감귤재배의 지속성을 위협하고 있는 실정이다. 또한 국내 감귤원에서는 썩덩나무노린재의 발생생태 및 피해에 관한 연구가 아직 수행되지 않았다.

썩덩나무노린재의 사육에 대한 여러 연구가 있었으나(Nielsen *et al.*, 2008b; Kadosawa and Santa, 1981; Funayama, 2006) 보다 관리가 용이하게 개체군을 증식, 유지할 수 있는 사육방법을 고안함으로써 실험실내에서 대량사육체계를 확립하여 향후 각종 실험에서 이용할 수 있는 실내 개체군 수립이 필요하였다. 또한 본 실험에서는 흡즙된 과실의 낙과율 및 구침흔이 부패율에 미치는 영향을 확인함으로써 썩덩나무노린재의 수확기 전후의 방제 필요성을 고찰하고자 하였다. 그리고 친환경 과원 내에서 계절에 따른 썩덩나무노린재 개체군의 발육단계와 기주식물내 분포를 조사함과 동시에 썩덩나무노린재에 대한 각종 친환경약제의 발육단계별 살충효과를 검증하여 이들의 가해습성을 고려한 적기방제 전략 수립에 이용하고자 하였다.

II. 연 구 사

썩덩나무노린재는 한국, 중국, 일본 및 대만 등 동아시아 지역에 토종으로 서식하며 콩류, 과수 등 주요 작물과 각종 관상수를 광범위하게 가해하는 광식성 해충이다(Kobayashi, 1967; Kawada and Kitamura, 1983a; Hoebeke and Carter, 2003; Wermelinger *et al.*, 2008). 일본에서는 사과나무, 일본돌배나무, 복숭아나무, 감나무 등의 과실을 흡즙하며 삼나무, 노송 등 주변 침입수림에도 서식하는 것으로 알려져 있다(Oda *et al.*, 1980; Kawada and Kitamura, 1983a,b). 미국에서는 20세기 후반 동부 연안에서 처음 그 발생이 보고된 이후로 인과류 및 핵과류 과수에서 주로 피해가 관찰되었으며 사과나무와 배, 복숭아에서 특히 피해가 심한 것으로 보고 있다(Hamilton *et al.*, 2008; Nielsen *et al.*, 2008a). 2000년대 후반에는 유럽에서도 썩덩나무노린재의 유입이 확인되었다(Wermelinger *et al.*, 2008).

우리나라에서 썩덩나무노린재는 단감원 우점종 중의 하나이며(Chung *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2009), 콩류(Son *et al.*, 2000; Paik *et al.*, 2007)와 감귤원(Kim *et al.*, 2000), 그리고 유자원(Choi *et al.*, 2000)에서도 발생을 보고하였다. 콩의 경우 썩덩나무노린재는 주로 생육후기에 발생하여 종자의 수액을 흡즙 가해하고 그 피해가 수량감소로 이어진다(Son *et al.*, 2000; Hoebeke and Carter, 2003). 썩덩나무노린재가 가해한 감은 감꼭지가 변색하고 흡즙부위가 스펀지 구조가 되며(Lee *et al.*, 2002; Kang *et al.*, 2003, Hoebeke and Carter, 2003) 사과에서는 흡즙부가 함몰하고 과육이 변색한다(Funayama, 1996). 제주 감귤원에서는 특히 9-10월에 발생이 많고 과실에 피해가 집중되며 감귤원에 발생하는 노린재류 중에서는 가장 심각한 피해를 유발한다고 하였다(Kim *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2003). 그러나 현재 국내 감귤원에서 썩덩나무노린재의 발생생태 및 피해에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 한국을 비롯한 아시아 지역에서는 또한 썩덩나무노린재를 오동나무빗자루병(*paulownia witches'-broom*) 매개곤충으로서 지적하였다(Shiozawa *et al.*, 1979; Zhu *et al.*, 1982; Bak *et al.* 1993; Kang *et al.*, 2003; Hoebeke and Carter, 2003).

썩덩나무노린재는 다른 노린재류와 마찬가지로 집합을 형성하나 작물 생육기 중에는 저밀도의 개체군으로만 활동하며(Kawada and Kitamura, 1983a,b; Toyama *et al.*, 2006; Funayama, 2008), 다른 노린재류와는 달리 잘 비행하지 않고 밑으로 떨어지는 특성이 있어(Bae *et al.*, 2007) 생육기 중에 포획과 관찰이 쉽지 않다. 썩덩나무노린재는 가을철에 큰 무리를 지어 월동을 위해 일반 주택이나 빌딩 벽에 모여들기 때문에 사람들에게 불쾌해충으로도 알려져 있다(Kobayashi and Kimura, 1969; Watanabe *et al.*, 1994a,b; Hoebeke and Carter, 2003). Toyama *et al.*(2006)는 단거리 내에서 썩덩나무노린재의 집합 행동에 안테나가 주요한 역할을 한다는 것을 밝혔으나 그 신호가 접촉에 의한 자극인지 후각적 자극인지는 명확히 하지 못하였다. Bae *et al.*(2007)는 콩 포장에서 썩덩나무노린재의 유효한 조사수단을 검정하여 가장 포획수가 많은 것이 타락법이라고 하였고 다음으로 달관법, 포충망법의 순이었다.

각종 작물을 가해하는 노린재류에 대한 화학적 방제 여부와 시기를 결정하는 모니터링 수단의 하나로 노린재류를 유인하는 여러가지 포획 트랩이 개발되고 있다. 특히 썩덩나무노린재는 기존에 수은등을 이용한 트랩이 예찰에 이용되었으나(Oda *et al.*, 1980; Moriya *et al.*, 1987), 수은등 트랩은 전기의 보급이 어렵고 다른 야행성 곤충들도 포획되는 단점이 있었다(Adachi, 1998; Adachi *et al.*, 2007). 대안으로써 활용할만한 썩덩나무노린재에 대한 유인성 미끼와 수반 트랩, 피라미드 트랩, 통발 트랩과 같이 다양한 트랩 형태가 고안되고 있으나(Adachi *et al.*, 2007; Khrimian *et al.*, 2008) 썩덩나무노린재의 유인물질 및 행동특성에 대한 지식은 부족하여 앞으로도 많은 연구가 필요한 실정이다.

썩덩나무노린재의 집합페로몬은 없는 것으로 알려져 있었으나(Adachi, 1998), Aldrich *et al.*(2009)는 썩덩나무노린재에 페로몬이 존재하지만 생성되는 양이 매우 적어 분리가 어려운 것으로 보고 있다. 이에 썩덩나무노린재가 갈색날개노린재(*Plautia stali* Scott) 의 집합페로몬에 유인되는(Tada *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2002; Khrimian *et al.*, 2008) 것을 이용하여 갈색날개노린재의 페로몬을 썩덩나무노린재의 유인 미끼로써 방제 및 예찰에 활용하고자 하는 시도가 잇따르고 있다(Lee *et al.*, 2002; Adachi *et al.*, 2007; Aldrich *et al.*, 2009). 한편 노린재류가 방출하는 페로몬의 기능에 대해서는 갈색날개노린재의 집합페로몬에 유인된 동

종 개체의 생리상태를 조사하여 이들이 알맞은 먹이를 탐색하는 데에 페로몬을 이용하며(Shiga and Moriya, 1989; Sugie *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2002), 가로줄노린재(*Piezodorus hybneri* (Gmelin))에서는 일령에 따른 페로몬 생산 및 생식 휴면 개체의 조사를 통해 이들 페로몬이 배우행동에 관여하고 있을 것으로 추정된 바 있다(Endo, 2008). Funayama(2008)는 갈색날개노린재의 집합페로몬에 유인된 썩덩나무노린재 개체군의 영양상태를 조사하여 이들이 영양원을 찾는 데에 기주 범위가 유사한 갈색날개노린재가 방출하는 집합페로몬을 이용하고 있을 것으로 추정하였다.

썩덩나무노린재는 기존 유기인계 살충제로 방제되며 피레스로이드계 및 네오니코티노이드계 약제들이 유용한 것으로 알려져 있다(Watanabe *et al.*, 1994a; Nielsen *et al.*, 2008a). Kim *et al.*(1988)은 톱다리개미허리노린재(*Riptortus clavatus* (Thunberg))의 경우 발육단계와 연령에 따라 약제에 대한 감수성이 다르게 나타나 발달이 진행될수록 감수성이 떨어지며, 그 까닭으로 충태의 발달에 따른 체중 증가 및 약제 투과성 저하 그리고 곤충 자체의 생리, 생화학적 변화에 따른 내성 증가를 들었다. 과 Watanabe *et al.*(1994a)와 Nielsen *et al.*(2008a)은 썩덩나무노린재가 특히 cyphenothrin과 bifenthrin과 같은 합성 피레스로이드계 약제에 감수성이며, Nielsen *et al.*(2008a)은 일반적으로 약충이 성충에 비해 약제에 더욱 민감함을 확인하였고, thiomethoxam에서 썩덩나무노린재 성충의 성별에 따라 감수성에 차이가 있음을 보고하였으나 그 원인은 분명하지 않다. Watanabe *et al.*(1993, 1994a)은 한편 피레스로이드계 살충제를 창틀에 처리하여 썩덩나무노린재의 월동 잠입을 차단하는 전략을 고안하고 DEET(didethyltoluamide)에 의한 썩덩나무노린재의 기피효과를 보고하였다.

III. 재료 및 방법

1. 썩덩나무노린재 실내개체군 수립

1.1. 썩덩나무노린재 실내사육

2009년 10월과 11월에 제주도 도련동 유기농 감귤원에서 성충 20마리를 채집하여 실내사육 개체군을 수립하였다. 성충들은 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, RH 40-70% 에서 16L:8D의 광주조건으로 유지되는 사육실에서 아크릴로 만든 사육장 (110 x 70 x 55cm)에 넣어 유지시켰다.

먹이로서 생땅콩과 검은콩을 공급하였고 수분 및 산란장소를 제공하기 위하여 보조먹이로 다육식물인 페페와 칼랑코에 화분을 20-30개 배치하였다. 2010년부터는 생땅콩과 페페만을 사용하였다. 먹이인 땅콩은 2주에 한 번씩 새것으로 교체하고 다육식물에는 2주마다 수분을 공급하였다.

이하 실내실험 및 포장접종 실험에 해당 개체군을 공시하여 사용하였다.

1.2. 실내개체군과 야외개체군의 비교

2012 10월 서귀포시 토평동, 상호동, 신흥리 일대 노지 감귤원에서 썩덩나무노린재 성충 23마리(암컷 12, 수컷 11마리)를 포획하였다. 같은 달에 실내사육 개체군으로부터 성충 26마리(암컷 15, 수컷 11마리)를 포획하였다. 두 성충 개체군은 모두 알코올 용액에 담가 표본을 제작하고 실체현미경(SMZ-1500, Nikon), 디지털 카메라 (Micropublisher 3.3 RTV, Q imaging), 접안 마이크로미터(MBM 12100, Nikon)와 사진 분석 프로그램(ImagePro 5.1, MediaCybernetics)을 이용하여 사진을 촬영하고 체장 체폭 및 뒷다리 경절 길이를 측정하였다.

각 형질은 체장과 체폭은 Lim and Park(2009)의 방법에 따라 체장은 머리의 중엽부터 앞날개 막질부 끝까지, 체폭은 앞가슴 양쪽 배측각 사이의 거리, 그리고 뒷다리 경절 길이는 퇴절과 접합부위 안쪽으로부터 부절 접합부까지 측정하였다(Fig. 1). 검정은 SAS 프로그램을 이용하여(SAS Institute, 1999) t-test로 성별을 나누어 실시하였다.

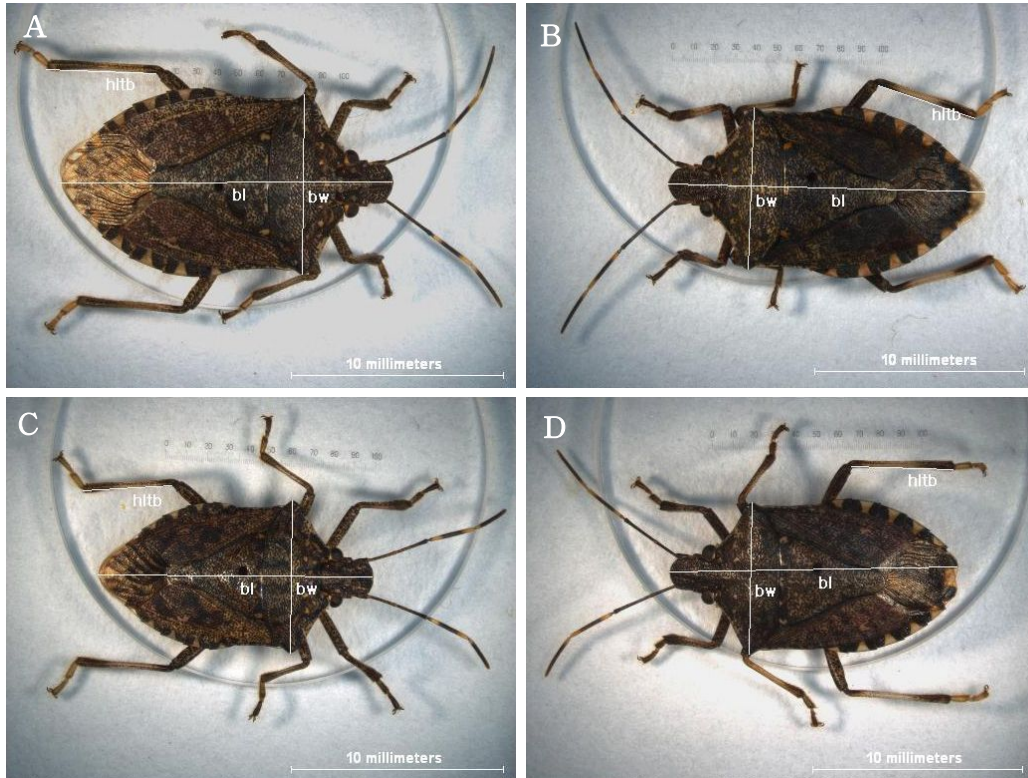


Fig. 1. Body measurement of *H. halys* females (from A: wild; B: laboratory) and males (from C: wild; D: laboratory); bl: body length, bw: body width and hltb: tibia of hind-leg.

2. 썩덩나무노린재 흡즙시기에 따른 낙과 및 부패

2.1. 수확 과실의 흡즙 처리 후 저장 실험

2010년 11월 11일 서귀포시 남원읍에 위치한 서귀농업기술센터 감귤 시험포장에서 수확한 과실을 곤충사육용기(Φ 90mm × 80mm)에 1개씩 넣고, 노린재 1, 2 마리씩 접종하여 24시간 동안 흡즙하도록 하였다. 대조구로 노린재를 넣지 않은 과실을 마련하였다. 노린재 각 밀도별로 과실 10개를 1반복으로 하여 3반복 처리하였다. 처리가 끝난 과실은 용기에서 꺼내어 수출용 감귤상자에 넣고 저온(4℃)으로 유지되는 사육실에 보관하면서 40일간 부패율을 조사하였다.

2.2. 착색전 및 착색기 흡즙 처리 후 저장 실험

착색전 과실의 썩덩나무노린재 흡즙 영향을 조사하기 위해 2011년 9월 16일 제주시 오등동에 위치한 약제 미살포 노지감귤 과원에서 과실 10개가 달린 가지를 양과망으로 씌우고 썩덩나무노린재 성충을 각 1, 2, 10 마리 접종하고 무처리로 노린재를 넣지 않은 가지를 마련하였다. 흡즙된 과실은 11월 17일에 수확하면서 낙과율을 조사하고 건전과는 수출용 감귤상자에 넣고 50일간 저온 저장하면서 부패율을 조사하였다.

착색기 과실의 썩덩나무노린재 흡즙 영향을 조사하기 위해 2011년 10월 6일 서귀농업기술센터 감귤 시험포장에서 위와 동일한 방법으로 10개 과실당 썩덩나무노린재 성충을 5마리를 접종한 뒤 끈으로 입구를 묶어 봉하였다. 흡즙된 과실들의 부패율과 낙과율은 위와 같은 방법으로 조사하였다.

착색전 과실의 낙과율 및 부패율은 10반복으로 착색기 과실은 9반복으로 처리하였고, 저온저장 기간 중 거의 10일 간격으로 부패율을 조사하였다. 각 결과는 SAS 프로그램을 이용하여(SAS Institute, 1999) Tukey's HSD test로 검정하였다.

3. 만감 하우스에서 썩덩나무노린재의 발생조사

3.1. 썩덩나무노린재의 발육태별, 기주식물 부위별 밀도 조사

2012년 4월부터 11월 중순까지 서귀포시 상호동의 한라봉 무농약 재배농가의 가온 하우스에서(0.5ha) 썩덩나무노린재의 포장에서 발육태별, 기주식물 부위별 발생밀도를 조사하였다. 하우스 내에서 30주의 과수를 임의로 선정하고 매주 1회씩 신초 및 과실에 발생하는 썩덩나무노린재 개체수와 발육단계를 육안으로 조사하였다. 조사는 항상 2명이 나누어 실시한 후 결과를 합산하였다.

3.2. 갈색날개노린재 집합페로몬을 이용한 피라미드 트랩의 예찰 효과 검증

썩덩나무노린재를 유인하는 것으로 알려진 갈색날개노린재 집합페로몬을 미끼로 한 피라미드 트랩의 감귤 포장에서의 예찰 및 방제효과를 검증하기 위하여 위와 동일한 과원에 2012년 4월부터 9월까지 트랩을 설치하여 포획량을 조사하였다. 갈색날개노린재 집합페로몬(*Plautia stali* aggregation pheromone (PsAGP)),



Fig. 2. A pyramid trap baited with *Plautia stali* aggregation pheromone (A) and stink bug caught in the trap (B).

그린아그로텍, 80.7%)은 polyethylene vial (Φ 8mm x 32mm, Kartell) 방출기에 페로몬 성분 50mg과 n-hexane(a.i.>95%, Daejung) 10mg을 혼합하여 넣어 준비하였다. 유인 트랩으로는 피라미드 트랩(RESCUE Reutilizable Stink Bug Trap, Sterling Rescue)을 사용하였다(Fig 2.A). 준비된 페로몬 방출기를 페로몬루어 바구니(그린아그로텍)에 담은 것만을 사용한 트랩과 이에 검은콩(청자콩 3호, 4.8g)을 넣은 페로몬바구니를 추가한 것, 그리고 아무것도 넣지 않은 무처리 총 3종류의 트랩을 준비하여 하우스 내에서 20m 간격으로 선정된 3개 동에 각 처리별로 5개씩 난괴법으로 배치하였다. 트랩은 매주 1회씩 조사하고 2주 1회씩 미끼를 교환함과 동시에 한 동 내의 각 트랩 위치를 회전하였다.

4. 몇 가지 친환경약제의 썩덩나무노린재 방제효과 검정

4.1. 기계유 유제 방제효과 검정

썩덩나무노린재 약충에 대한 기계유 유제의 방제 효과를 확인하기 위하여 약제 분사에 의한 검정을 실시하였다. 공시충은 1, 2, 및 4령 약충으로 각 10마리씩 곤충사육용기(Φ 90mm × 40mm)에 넣고 약제살포탑 (Spray Tower, Burkard)에서 기계유 유제(i.e=95%, 동부한농)를 각 100배, 150배로 희석하여 시험구당 1ml씩 분사하였다 (5lb/in²). 무처리 시험구는 증류수를 1ml 동일 방법으로 분사하였다. 시험은 농도 및 약충의 발육단계별로 각 5회 실시하였다. 약제 처리 후 약 2시간 동안 건조시키고 물에 적신 탈지면과 먹이로 생땅콩을 넣어주고 48시간 후 시험곤충의 사망률을 확인하였다.

4.2. 제충국, 데리스 및 님 제제의 방제효과 검정

제충국, 데리스 및 님 제제의 썩덩나무노린재 성충 및 약충에 대한 방제효과를 확인하기 위하여 약제 분사에 의한 검정을 실시하였다. 공시충은 약충의 경우 3-4령충으로, 성충은 암수 구분 없이 10마리씩 사용하였으며 처리 방법은 기계유 유제 실험방법과 같았다. 약제는 각기 제충국 추출물(농업기술원 분양, 1,700ppm)은 50, 100 및 200배, 데리스 제제(웅칠이형, 고려바이오)는 1,000배와 2,000배, 님 제제(i.e=2%, 그린졸, 아리스타 라이프사이언스)는 667배와 1,333배로

희석하여 사용하였다. 관행약제와의 비교를 위해 대조로써 감귤 노린재류에 공시된 디노테푸란 수화제(a.i=10%, 오신, 동부한농)를 1,000배 희석하여 사용하였고, 제충국 추출물이 알코올을 용매로 하므로 무처리로는 해당 추출물의 50배 희석액과 같은 농도의 알코올 희석액을 만들어 사용하였다. 약제 처리 후 약 2시간 동안 건조 후 물에 적신 탈지면을 샬레(Φ 20mm)에 넣어 담아주고 먹이로 생땅콩을 공급하면서 7일간 24시간 간격으로 시험곤충의 사망률을 확인하였다. 로테논 및 님 제제의 약충에 대한 분사 시험구의 경우는 모든 개체가 탈피를 1회 이상 완료할 때까지(264시간) 관찰을 연장하였다.

4.3. 제충국 및 테리스의 주사효과 검정

제충국과 테리스 제제의 곤충체내 주입시 약제효과를 확인하기 위하여 주사법에 의한 약제효과 검정을 실시하였다. 공시충은 성충만을 대상으로 하였고 약제는 앞의 실험과 동일한 것을 제충국 추출물은 50배, 테리스 제제는 1,000배 희석하여 사용하였다. 약제는 각각 1 μ l씩 미량주입기(Aglient)를 이용하여 공시충의 머리와 가슴 등판 사이의 막 안으로 주입하였고, 약제가 투여된 개체는 10마리씩 처리별로 총 30마리를 곤충사육용기(Φ 90mm \times 40mm)에 보관하면서 분사에 의한 약제 시험에서와 마찬가지로 먹이와 수분을 공급하면서 5일 동안 24시간 간격으로 사망률을 확인하였다. 모든 약제효과 시험 결과는 SAS 프로그램을 이용하여(SAS Institute, 1999) Tukey's HSD test로 검정하였다.

IV. 결 과

1. 실내개체군과 야외개체군의 형태 비교

썩덩나무노린재 실내사육 성충과 야외채집 성충의 체장, 체폭 및 뒷다리 경절 길이를 측정하여 Table 1과 같은 결과를 얻었다. 실내사육 성충의 체장, 체폭 및 뒷다리 경절 길이는 암컷이 각 14.3-16.3, 7.2-8.3 및 4.5-5.3mm, 수컷이 각 13.1-14.2, 6.5-7.4 및 4.2-5.1mm로 모두 암컷이 약간 더 컸으며, 야외채집 성충의 경우도 암컷이 각 14.5-16.0, 7.3-8.5 및 4.6-5.4mm, 수컷이 각 12.1-14.3, 6.5-7.8 및 3.6-5.1mm로 같은 경향이였다. 두 개체군의 형질 평균을 비교한 결과 암수 모두 개체군 간 체장(암컷: $F=1.10$, $df=25$, $p>0.05$; 수컷: $F=3.63$, $df=20$, $p>0.05$)과 체폭(암컷: $F=1.55$, $df=25$, $p=0.05$; 수컷: $F=1.89$, $df=20$, $p>0.05$)에서, 그리고 암컷의 뒷다리 경절 길이($F=1.17$, $df=25$, $p>0.05$)에서 유의한 차이가 없었다. 다만 수컷의 뒷다리 경절 길이는 실내사육 개체군이 야외채집 개체군보다 더 긴 것으로 나타났다($F=1.73$, $df=20$, $p<0.01$; Table 1).

2. 피해과실의 낙과율 및 부패율

2.1. 수확후 흡즙과실의 저장중 부패율

수확과실을 노린재가 흡즙하도록 처리한 후 저온저장하여 그 부패율을 확인한 결과(Table 2), 무처리와 과실당 2마리가 24시간 흡즙한 시험구에서 모두 부패과가 발견되지 않은 가운데 1마리가 흡즙한 시험구에서 부패과가 나타났으나(mean \pm SD; $3.3 \pm 5.77\%$) 유의한 것은 아니었다($F=1.00$, $df=8$, $p>0.05$).

2.2. 착색기 피해과실의 낙과율

착색전 및 착색기 감귤 과실에서 썩덩나무노린재 가해 밀도에 따른 낙과율은 Table 3과 같았다. 썩덩나무노린재가 착색 전의 과실을 일시적으로 가해하였을 때의 낙과율은 가해 개체수가 많을수록 높아져 과실당 1마리를 처리하였을 때 대부분의 과실이 낙과하였다($76.1 \pm 18.14\%$). 과실 당 0.2마리를 처리한 경우도

19.1 ± 9.84%의 과실이 낙과하여 대조와 유의한 차이가 있었으나($F=91.00$, $df=39$, $p<0.05$) 0.1마리만 처리한 것은 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 한편, 10월 이후 착색기 과실에 썩덩나무노린재를 과실당 0.5마리 처리하였을 때 낙과율은 $7.78 \pm 13.02\%$ 였다 (Table 3).

2.3. 착색기 피해과실의 저장중 부패율

2011년에 썩덩나무노린재를 처리한 노지감귤 과실에서 가해 밀도에 따른 저장 부패율을 Table 3에, 수확 후 장기간 저온저장한 과실의 시간에 따른 부패율 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 수확 후 저온에서 50일간 저장하였을 때 썩덩나무노린재 가해 밀도에 따라 감귤 부패율은 2.00-13.89%까지 다르게 나타났으나 대조와 유의한 차이는 없었다($F=2.81$, $df=39$, $p>0.05$; Table 3).

Table 1. Comparison (Mean \pm SD) of morphological characters between laboratory-reared and wild population of *H. halys* adults.

| Sex | Population | n | Body Length (mm) | Body Width (mm) | Hind-LegTB ¹ (mm) |
|--------|------------|----|------------------|-----------------|------------------------------|
| Female | Laboratory | 15 | 15.3 \pm 0.44 | 7.8 \pm 0.31 | 4.9 \pm 0.25 |
| | Wild | 12 | 15.3 \pm 0.46 | 8.0 \pm 0.38 | 4.9 \pm 0.27 |
| Male | Laboratory | 11 | 13.8 \pm 0.30 | 7.2 \pm 0.25 | 4.8 \pm 0.27 |
| | Wild | 11 | 13.4 \pm 0.58 | 7.1 \pm 0.34 | 4.3 \pm 0.35 |

¹ Length of tibia.

² Two sample T-test: NS not significant; * significant at P=0.01.

Table 2. Fruit decay rate (%; Mean \pm SD) caused by feeding of *H. halys* adults in 2010 exper

| Date introduced | No. adults per fruit | Feeding duration | n | % |
|-------------------------|----------------------|------------------|----|---|
| 2010.11.11 ¹ | 2 | 24h | 30 | 0 |
| | 1 | | 30 | 3 |
| | 0 | | 30 | 0 |

¹ *H. Halys* was introduced into a rearing cage with citrus fruit and the feeding was laboratory.

² The results are based on 45d after colds storage at 4°C.

³ Means with same letters are not significantly different by Tukey's HSD test(ANOVA) at p

Table 3. Fruit drop and decay rate (%; Mean \pm SD) caused by feeding of *H. halys* adults in 2011

| Date introduced | No. adults introduced per fruit ¹ | n | % Fruits dropped | n |
|------------------------|--|-----|-------------------|-----|
| 2011.9.16 | 1.0 | 101 | 76.1 \pm 18.14a | 24 |
| | 0.2 | 99 | 19.1 \pm 9.84b | 80 |
| | 0.1 | 106 | 5.2 \pm 8.14c | 100 |
| | 0.0 | 101 | 3.0 \pm 4.83c | 98 |
| 2011.10.6 ¹ | 0.5 | 91 | 7.8 \pm 13.02 | 84 |

¹ *H. Halys* was introduced into a mesh bag with 10 citrus fruits on 16 September and 6 October. Fruit drop was examined on 17 November in the field.

² The results are based on 50d after colds storage at 4°C.

³ Means with same letters are not significantly different by Tukey's HSD test(GLM) at p=0.05.

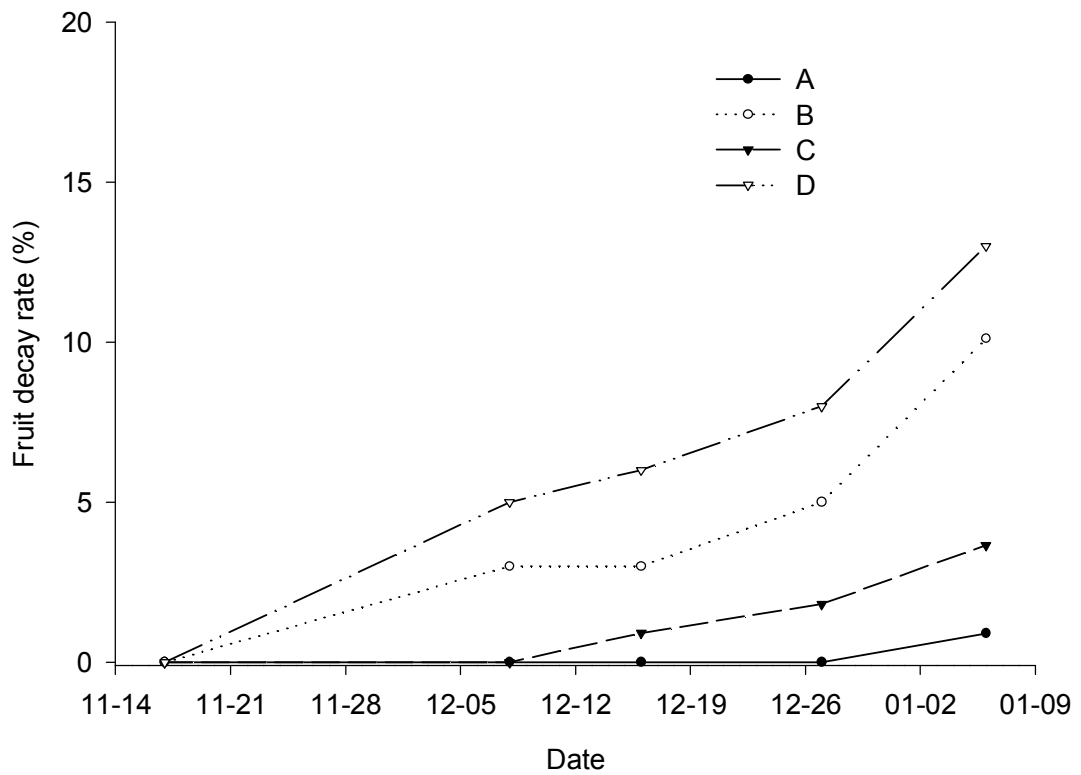


Fig. 3. Changes of fruit decay rate during cold storage at 4°C. The fruits were fed by *H. halys* adults in the field until the harvest on 17 November in 2011: A, B, C and D indicate 1.0, 0.2, 0.1 and 0.0 adults per fruit, respectively.

3. 만감 하우스에서 썩덩나무노린재의 연간 발생생태 및 가해 습성

3.1. 썩덩나무노린재의 발육태별 발생생태

만감 하우스에서 썩덩나무노린재 개체군의 계절에 따른 발육단계별 발생생태를 Fig. 4에 나타내었다. 썩덩나무노린재는 조사를 시작한 이후 4월 중순경부터 발생이 확인되어 7월과 9월 들어 한번씩 밀도가 증가하고 11월 중순경부터 밀도가 감소하였다. 4월에 월동성충이 발생하고 이후 6월에 한 차례 약충의 발생 최성기가 있으며 월동성충은 이 때까지도 생존하는 것이 확인되었다. 6월초에 2령이, 7월 중순에 1세대 성충이 발생하였으며, 월동세대가 낳은 알 및 1령 약충은 6월 중순과 7월 초순에 각각 한 번씩 발견되었다. 2세대 2령 약충은 8월 초에 발생하였고 5령 약충은 7월 말 이후에는 보이지 않다가(1세대) 8월 말부터 발생이 확인되어(2세대) 이후 9월 중순부터 2세대 성충이 확인되었다. 성충의 발생성기는 월동세대를 제외하고 7월 중순과 11월 초에 두 번 관찰되어 본 포장에서 썩덩나무노린재는 1년에 2세대 경과하였다 (Fig. 4).

3.2. 썩덩나무노린재의 기주식물 부위별 발생생태

만감 하우스에서 썩덩나무노린재 개체군의 기주식물 부위별 발생생태를 Fig. 5에 나타내었다. 썩덩나무노린재는 5-6월 동안 주로 봄순에 정착하였으며 여름순이 발생하는 7월부터는 그 분포가 여름순에 집중되었다. 썩덩나무노린재 개체군은 과실에는 거의 이동하지 않았으나 봄순이 경화하고 여름순이 발생하기 직전인 7월 초순에 과실로의 이동을 일부 확인하였다. 여름순이 경화하는 9월 이후에는 거의 모든 개체가 과실로 이동하여 비대중인 과실을 가해하였으며, 그 수도 증가하여 최성기에는 30주당 25마리의 개체가 육안으로 확인되었다. 부지화의 가을순이 발생하는 9-10월에는 신초에서 썩덩나무노린재 개체군의 분포를 관찰할 수 없었다 (Fig. 5)..

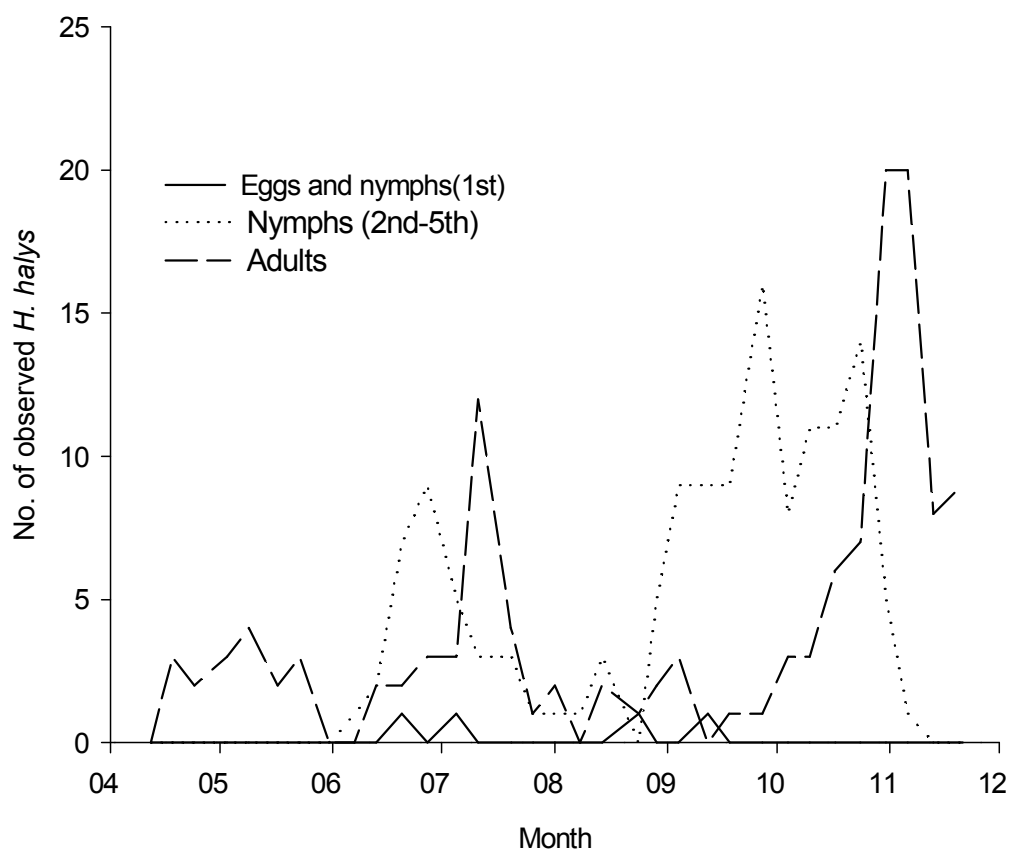


Fig. 4. Seasonal fluctuation of each developmental stage of *H. halys* in Shiranui orchard in 2012.

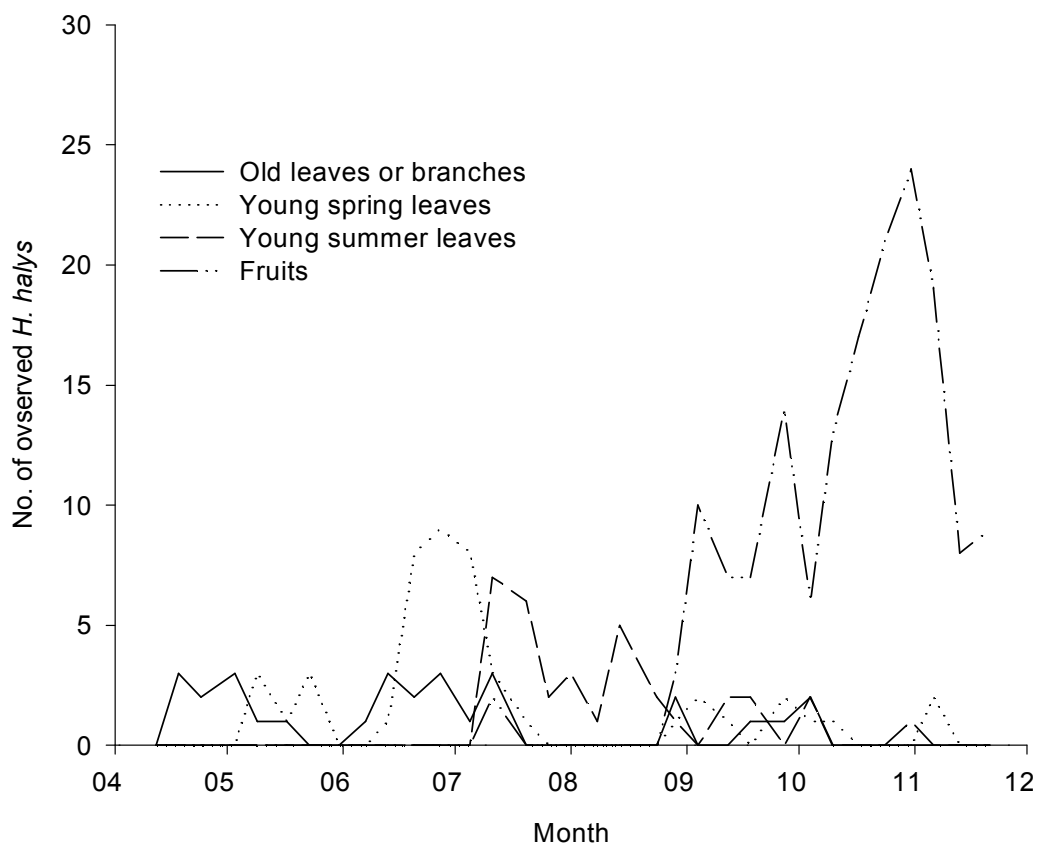


Fig. 5. Seasonal distribution of *H. halys* found on different tree habitats in a Shiranui orchard in 2012.

3.3. 갈색날개노린재 집합페로몬을 이용한 썩덩나무노린재 유인 효과

갈색날개노린재 집합페로몬을 미끼로 한 피라미드 트랩에 포획된 썩덩나무노린재 개체수의 월별 추이는 Fig. 6, 그리고 각 처리별 평균 총포획수는 Fig. 7과 같았다. 트랩별 썩덩나무노린재의 포획수는 갈색날개노린재 집합페로몬만을 미끼로 사용한 트랩 A의 경우는 5월과 7월에, 갈색날개노린재 집합페로몬과 검음콩을 함께 미끼로 사용한 경우는 6월과 8월에 각각 증가하였으나 증감폭은 크지 않았다(Fig. 6). 미끼를 사용한 트랩 A, B는 미끼를 설치하지 않은 트랩 C보다는 많은 수의 썩덩나무노린재를 포획하였으나, 그 수는 4-9월 5달동안 트랩당 2마리에 불과하였다(Fig. 7).

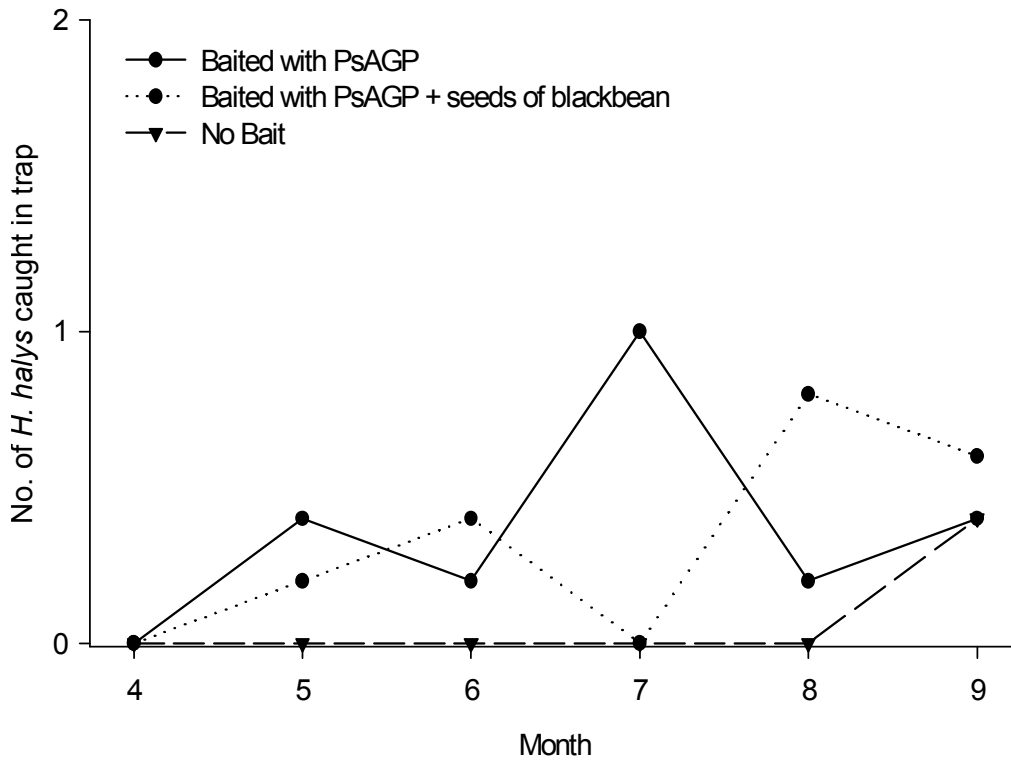


Fig. 6. Seasonal fluctuation of *H. halys* caught in the pyramid trap.

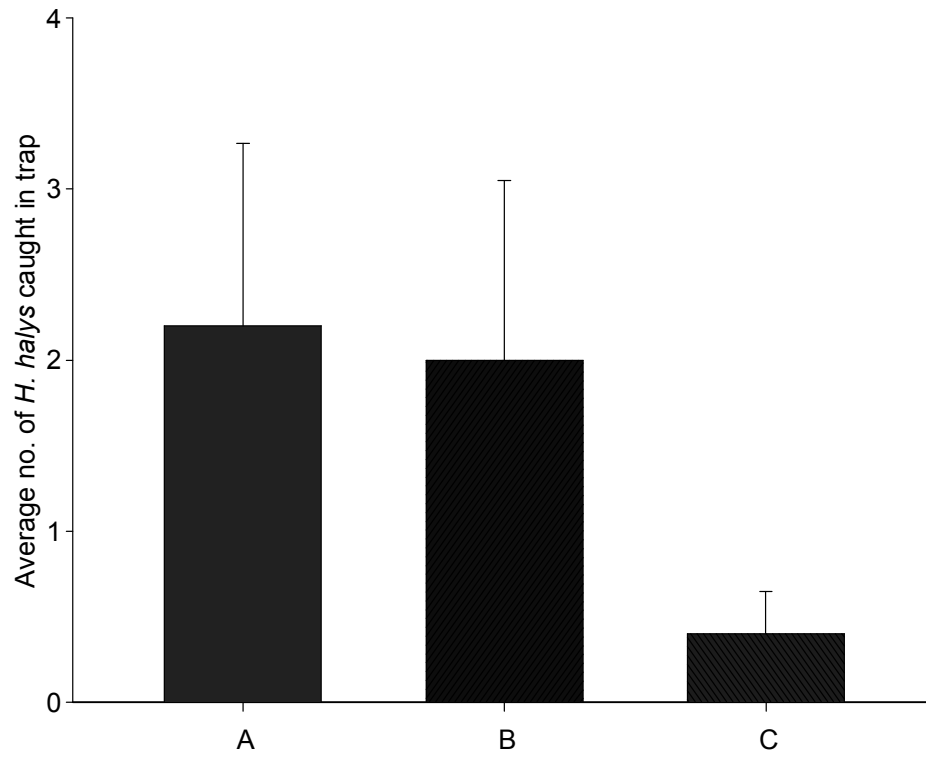


Fig. 7. The number of *H. halys* caught in pyramid trap baited with *P. stali* aggregation pheromone (PsAGP) and seeds of blackbean (chungja3ho). A: PsAGP, B: PsAGP + blackbean, C: control.

4. 친환경약제 살충효과 검증

4.1. 약충에 대한 기계유 유제의 살충효과

기계유 유제는 1령, 2령 및 4령 각 령기의 썩덩나무노린재 약충에 분사 처리하여 그 살충 효과를 Table 4에 나타내었다. 기계유 유제 100배 희석액을 살포했을 때 살충률은 1령 약충에서 $23.8 \pm 11.68\%$, 2령 약충에서 $16.0 \pm 13.42\%$, 그리고 4령약충에서 $12.0 \pm 13.04\%$ 로 발육단계가 진행될수록 살충률이 낮았다. 150배액을 살포한 경우 1령은 $16.0 \pm 13\%$ 였으나 4령의 경우는 한 마리도 사망하지 않아 살충 효과를 확인할 수 없었다. 또한 2령과 4령 약충은 기계유 유제의 살포로 사망률이 나타나더라도 증류수 처리구와 비교했을 때 그 값에 통계적 차이는 나타나지 않았다 (Table 4; 2령: $F=2.15$, $df=14$, $p>0.05$; 4령: $F=4.24$, $df=14$, $p>0.05$).

4.2. 제충국, 데리스 및 님 제제의 방제효과

제충국 추출물과 시판되고 있는 데리스 및 님 제제의 썩덩나무노린재에 대한 살충효과는 Table 5와 같으며, 시간에 따른 생충률의 변화는 Fig. 8에 나타내었다. 제충국의 경우 가장 농도가 높았던 50배액에서 성충의 사망률은 50%였으나 데리스와 님 제제에서는 6-24% 사이로 처리약제에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다($F=9.54$, $df=44$, $p>0.05$). 본 실험에서 대조로 처리된 관행약제 디노테퓨란 수화제의 성충에 대한 살충률은 60%로 시험에 사용된 어떤 친환경약제들보다 높았으나 제충국 제제와의 통계적인 차이는 없었다(Table 5).

약충에서 대조 약제의 살충률이 성충보다 높게 나타난 데 반해 친환경 약제들의 효과에는 큰 차이가 없고 제충국 제제의 경우 살충률이 4-18%로 성충보다 낮아지는 결과가 나타났다. 따라서 약충에 대한 친환경 제제의 살충 효과는 거의 없었으며(Table 5; $F=20.66$, $df=44$, $p>0.05$) 약제 처리된 약충들이 탈피를 성공 또는 실패하여 모든 개체가 1회 이상 탈피를 경험한 264시간까지 친환경 약제에서 유의한 탈피억제현상은 확인할 수 없었다($F=0.20$, $df=24$, $p>0.05$).

4.3. 제충국 및 데리스 제제의 주사에 의한 약제효과

제충국 추출물과 데리스 제제의 썩덩나무노린재 성충에 대한 살충효과는 Table 6과 같으며, 시간에 따른 생충률의 변화는 Fig. 9에 나타내었다. 데리스 제제 1000배액을 처리하여 5일 후 썩덩나무노린재 성충의 사망률은 80%에 달하여 제충국 추출물 50배액과 대조 실험구의 사망률 각각 36%와 17%보다 현저히 높았다(Table 6; $F=12.30$, $df=8$, $p=0.05$). 또한 데리스 제제를 주사한 경우에 성충의 생존개체수는 3-4일에 걸쳐 서서히 감소하였다(Fig. 9).

Table 4. Effects of commercial machine oil against *H. halys*.

| Active ingredient | Product name | Dilution rate (times) | 1 st nymph | | 2 nd nymph | | 4 th nymph | |
|-------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | | | n | Mortality (%) ¹ ± SD | n | Mortality (%) ± SD | n | Mortality (%) ± SD |
| Machine oil | Machine oil ² | 100 | 51 | 23.8 ± 11b ³ | 50 | 16.0 ± 13a | 50 | 12.0 ± 13a |
| | | 150 | 50 | 16.0 ± 13ab | 49 | 40.0 ± 43a | 50 | 0.0 ± 0a |
| Control | - | - | 50 | 2.0 ± 4a | 49 | 6.0 ± 9a | 50 | 0.0 ± 0a |

¹ 48h after treatment.

² Dongbu Hannong, 95%

³ Means with same letter in a column are not significantly different by Tukey's HSD test (GLM) at p=0.05.

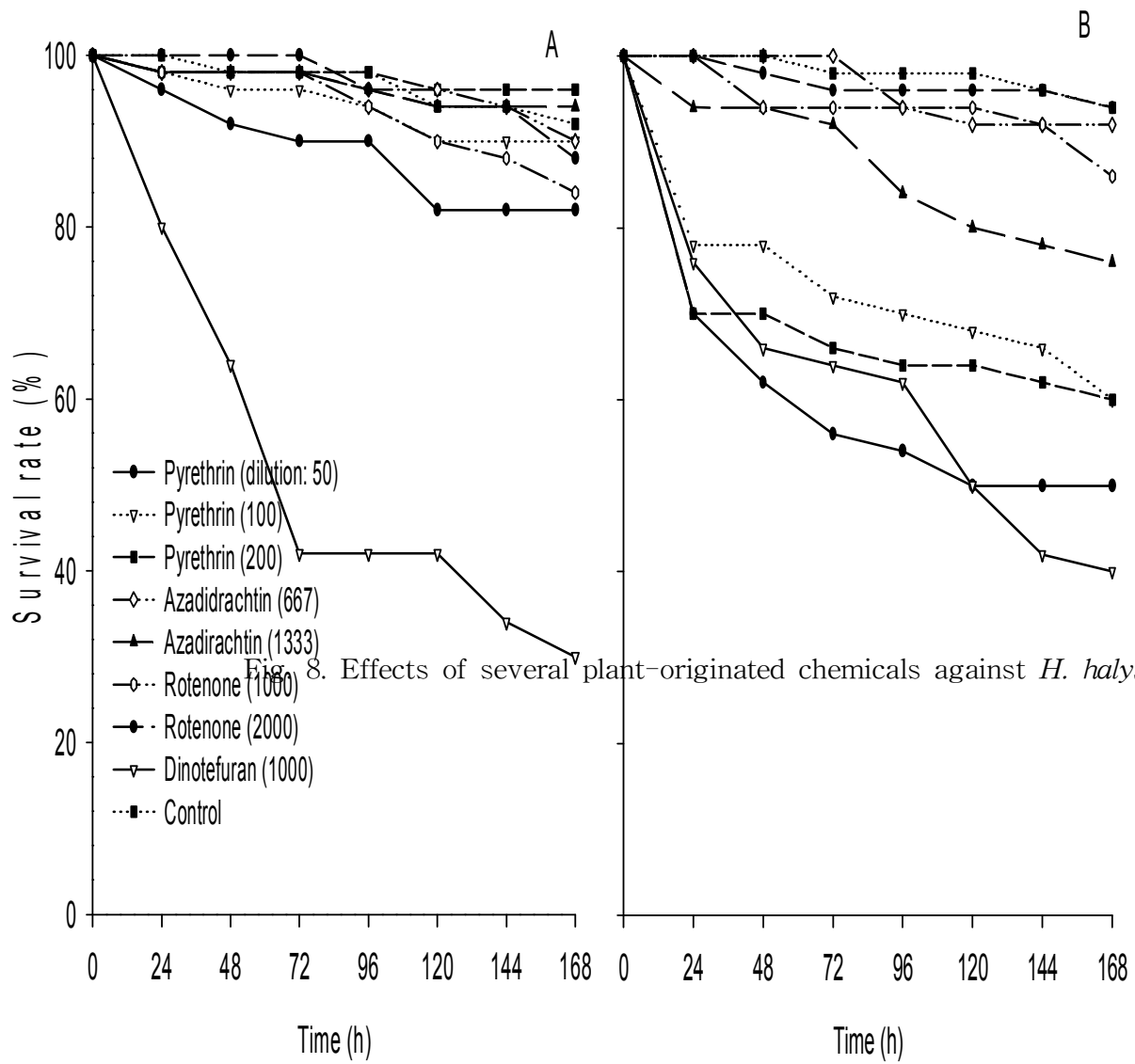


Fig. 8. Effects of several plant-originated chemicals against *H. halys* nymphs (A)

Table 5. Effects of several plant-originated chemicals against *H. halys* by spraying method.

| Active ingredient | Product name | Dilution rate | Nymphs | |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------|--------------------------------|
| | | | n | Mortality(%) ¹ ± SD |
| Pyrethrin ² , 1700ppm | - | 50 | 50 | 18 ± 11.0b ³ |
| | - | 100 | 50 | 10 ± 7.1b |
| | - | 200 | 50 | 4 ± 8.9b |
| Azadirachtin | Greensol | 667 | 50 | 10 ± 7.1b |
| | | 1333 | 50 | 6 ± 8.94b |
| Rotenone | Eunchilhyung | 1000 | 50 | 16 ± 13.4b |
| | | 2000 | 50 | 12 ± 8.4b |
| Dinotefuran, 10% | Osin | 1000 | 50 | 70 ± 14.1a |
| Ethanol, 95% | - | 667 | 50 | 8 ± 8.4b |

¹ 48h after treatment.

² Crude extract of *Dalmatian chrysanthemum* at Jeju National Institute of Agricultural Science

³ Means with same letter in a column are not significantly different by Tukey's HSD test (A

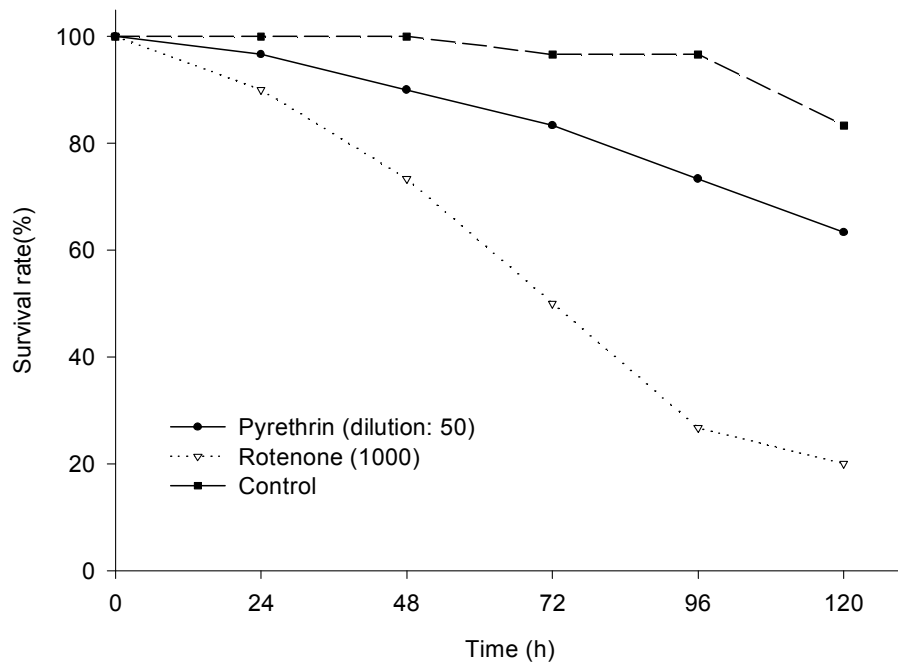


Fig. 9. Effects of several plant-originated chemicals against *H. halys* adults by injection method.

Table 6. Effects of two plant-originated chemicals against *H. halys* by direct injection method.

| Affective ingredient | Product name | Dilution rate | n | Mortality(%) ¹ ± SD |
|---------------------------------|--------------|---------------|----|--------------------------------|
| Pyrethrin ² ,1700ppm | - | 50 | 30 | 36.7 ± 15.28b ³ |
| Rotenone | eunchilhyung | 1000 | 30 | 80.0 ± 10.00a |
| Ethanol,95% | - | 667 | 30 | 16.7 ± 20.82b |

¹ 5d after treatment.

² Crude extract of *Dalmatian chrysanthemum* at Jeju National Institute of Agricultural Science and Technology.

³ Means with same letter in a column are not significantly different Tukey's HSD test (ANOVA) at p = 0.05.

V. 고 찰

썩덩나무노린재의 실내사육은 미국(Nielsen *et al.*, 2008b)과 일본(Kadosawa and Santa, 1981; Niva and Takeda, 2003; Toyama *et al.*, 2006; Funayama, 2006)에서 시행한 바 있으나, 국내에서는 실내사육이 행해진 바 없고 이에 따른 실내실험도 부족하다. 따라서 본 연구에서는 2009년부터 썩덩나무노린재의 실내대량사육을 시도하고 개체 증식에 성공하였다. 본 연구에서 실시한 방법은 Kadosawa and Santa(1981)와 Nielsen *et al.*(2008b)과 마찬가지로 썩덩나무노린재 개체군에 수분과 콩류를 주기적으로 공급하는 방법이나, 먹이로써 주로 생땅콩을 사용하였고 수분 공급에 다육식물을 이용하였으므로 공급 및 교환횟수가 크게 줄어들어 관리가 보다 용이하고 산란장소 또한 제공할 수 있는 이점이 있었다.

이들 실내사육 개체군을 실험에 활용하기 위하여 개체군을 도내 야외 개체군과 비교하여 이들이 퇴화하지 않았음을 확인할 필요가 있었다. 따라서 두 개체군의 체장과 체폭, 그리고 뒷다리 경절 길이를 디지털 사진을 이용하여 측정, 분석한 결과 각 형질에 큰 차이가 없음을 확인하였다. 그러나 수컷의 경우는 실내사육 개체군의 뒷다리 경절 길이가 야외채집 개체군보다 길게 나타났다. Lim and Park(2009)에 의해 경남 진주시에서 행해진 노린재류의 형질 조사에서 썩덩나무노린재 개체군의 체장과 체폭 측정결과와 비교해 보면 Lim and Park(2009)은 각기 14.59 ± 1.14 와 8.14 ± 0.82 mm로, 해당 개체군이 암컷과 수컷이 혼합되어 있음을 고려해 볼 때 제주도 야외 채집 및 실내사육 개체군은 이들과 체장은 어느 정도 비슷하나 체폭은 좁다고 할 수 있다. 이는 먹이식물이나 기온과 같은 환경요인에 의하여 양 지역 개체군의 형질에 차이가 발생한 것으로 보인다.

썩덩나무노린재의 흡즙 가해가 과실 낙과와 부패에 미치는 영향에 대한 우려로 수확기 전후의 불필요한 방제가 늘어남에 따라 본 연구에서는 썩덩나무노린재가 흡즙한 과실들의 낙과율 및 부패율을 확인하는 실험을 진행하였다. 그 결과 비대기부터 착색 초기에 걸친 썩덩나무노린재의 침입은 과실 낙과에 지대한 영향이 있으나 부패율과는 무관한 것으로 나타났다. 한편 20일 후 착색기에 접중환

경우는 처리 밀도가 과실당 0.5마리로 착색전 과실당 0.2마리 처리한 것보다 높은 밀도였음에도 불구하고 낙과율은 8% 정도로 후자가 거의 20%였던 데에 비해 매우 낮았다. Lee *et al.*(2009)은 단감원에서는 썩덩나무노린재의 과실 가해시기에 따라 피해 양상과 정도가 다르게 나타나 7월경에는 낙과가 많으나 9월중에는 낙과된 과일보다 식흔이 있는 상태로 매달린 과실이 많다고 하였다. 마찬가지로 감귤에서도 착색이 시작된 후 썩덩나무노린재로 인한 낙과 피해는 크게 감소하였으나 두 실험구의 포장에 달라 환경 및 전반적인 과수 생육 상태가 낙과율에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 부패율을 조사한 결과로부터는 감귤 과실에 남아 있는 썩덩나무노린재의 구침흔이 저장기간 중 부패에 영향을 끼치지 않음이 확인되었다. 따라서 썩덩나무노린재를 수확 과실에 집중된 실험에서 부패율이 거의 0%로 특히 낮게 나타난 것은 가해 기간이 짧게 설정(24h)되었거나 사용한 과실이 성숙하였기 때문이 아니라 수확기 이후의 선별된 과실을 이용하였던 것이 그 이유일 것이다.

썩덩나무노린재의 방제는 그 시기가 수확기와 가까워 예찰을 통해 방제시기와 정도를 조절하는 것이 중요하다. 특히 이들 구침에 의한 가해가 감귤의 저장 부패시 영향을 주지 않는 만큼 낙과 피해가 적어지는 착색기 이후에는 부패를 우려한 방제는 불필요한 것으로 보인다. 단, 흡즙피해를 받은 과실은 노린재 고유의 냄새가 나기 때문에 소비자의 불만을 유발할 수 있다. 한편 착색전의 과실에서는 낙과율에 썩덩나무노린재의 발생 밀도가 크게 영향을 끼치고 착색 전의 과실이 특히 이들 가해에 민감하므로 해당 시기의 과실 생육과 썩덩나무노린재 발생 밀도 간의 관계를 파악하는 외에도 썩덩나무노린재의 감귤원에서의 생태를 구명하고 예찰법을 연구하여 방제 시기 선택에 활용하는 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 썩덩나무노린재의 포장 내에서의 계절에 따른 발생 발육단계의 변동과 이들 개체군의 기주식물 부위별 이동을 조사하고 동시에 썩덩나무노린재에 대한 몇 가지 친환경약제의 효과를 검정하였다. 만감 하우스에서는 썩덩나무노린재가 하우스 내에서 월동하여 주기적으로 발생, 번식하여 2012년에 이들의 연간 발육단계와 기주식물 안에서의 이동을 확인할 수 있었다. 하우스에서 썩덩나무노린재는 4월에 월동성충이 발생하고 7월과 11월에 각기 성충의 최성기가 나타나 2회 우화함을 확인하였다.

기주식물 부위별 썩덩나무노린재의 분포를 살펴보면 부지화의 과실이 4월부터 결실하였으나 거의 가해받지 않았고 5-8월에 걸쳐 봄순과 여름순이 발생함에 따라 보다 어린 잎을 선호하여 이동하는 것이 관찰되었다. 과실로의 이동이 봄순이 경화하는 7월 초순에 확인되었으나 전년도에 발생한 잎이나 경화된 가지에서의 분포가 종종 확인되었던 것으로 보아 먹이식물 부재로 우발적으로 도달한 것으로 보인다. 여름순이 모두 경화하고 과실이 착색되기 직전인 9월부터 썩덩나무 2세대 개체군이 다발생하면서 동시에 과실로의 이동이 크게 증가하였다.

한편 과원에서 갈색날개노린재 집합페로몬을 미끼로 한 피라미드 트랩의 썩덩나무노린재의 예찰 효율을 검정하기 위해 트랩에서의 포획량을 육안조사결과와 비교해 보았으나, 이들 트랩의 포획수와 실제 육안조사로 얻은 과원에서의 개체수와의 관련이 확인되지 않아 예찰에는 부적합하였다. 트랩의 유인 효율을 높이는 방법으로써 갈색날개노린재의 집합페로몬에 추가로 기주식물인 검정콩 종자를 함께 넣었을 때에도 유인력의 증가는 확인하지 못하였다. 이와 같이 유인력이 저조한 이유로서 Lee *et al.*(2002)과 Funayama(2008)는 갈색날개노린재의 집합페로몬에 썩덩나무노린재가 유인되기는 하나 동종의 페로몬은 아니기 때문에 그 효율이 떨어지는 것으로 보고 있다. 다만 썩덩나무노린재 수컷이 동종 개체를 유인하는 현상이 확인되어(Aldrich *et al.*, 2009; Bae *et al.*, 2012) 페로몬의 존재 가능성이 시사되고 있으며, 따라서 이들 중 자체의 페로몬을 유인물로 활용하는 것이 앞으로의 과제일 것이다. 같은 까닭으로 트랩 내에 추가하였던 검정콩 미끼의 경우 콩 자체의 유인성보다도 썩덩나무노린재가 트랩 내에 들어와 먹이식물을 섭취하여 동종을 유인하도록 해야 그 효과가 나타날 것으로 보인다. 또한 썩덩나무노린재의 행동특성과 관련하여 이들이 가지나 잎으로부터 보다 잘 기어올 수 있도록 하는 트랩의 형태에 대한 고찰도 이루어져야 할 것이다.

식물 추출물을 포함한 여러 친환경 제제의 썩덩나무노린재에 대한 살충효과를 검정한 결과 제충국 추출물(1700ppm)의 50배액을 성충에 분사처리하였을 때 기존약제와 거의 유사한 살충력을 나타내었다. 시판중인 테리스 제제와 님 제제의 분사처리시의 살충효과는 매우 낮아 10-20% 내외의 살충률을 나타내었다. 또한 세 약제 모두 약충에 대한 효과가 거의 나타나지 않아 약충의 발생시기를 고려한 조기방제는 어려울 것으로 보인다. 이는 Nielsen *et al.*(2008a)이 일반적으로

썩덩나무노린재 약충이 성충에 비해 약제에 더 민감하다고 보고한 것과는 맞지 않는 결과로 그 원인을 해명하기 위해 추가적인 연구가 필요할 것이다. 친환경제제로서 감귤 해충 방제에 주로 이용되는 기계유 유제의 경우 썩덩나무노린재의 미숙한 약충, 특히 부화한지 얼마 안 된 1-2령 약충에 유효할 것으로 기대되었으며, 본 실험에서 100배액을 1령 약충에 분사하였을 때 살충효과가 나타났으나 역시 살충률은 20% 내외로 낮았으며 약충의 발달이 진행될수록 살충률은 감소하였다. 노린재에 대한 방제는 월동 이후 재배기간중에 이루어지며 따라서 기계유 유제의 살포농도를 높이는 어렵다.

본 실험에서 진행한 포장조사에서 썩덩나무노린재의 계절에 따른 발육단계와 가해양상을 참고하면 5-8월에 걸쳐 성충과 약충이 모두 지속적으로 신초를 가해하며, 9월에 다발생하면서 과실로 이동하고 개체군의 대부분이 약충이었다. 이후 과실의 착색이 진행되고 10-11월에 걸쳐 거의 모든 개체군이 우화하여 2세대 성충이 되었다. 이를 참고하면 썩덩나무노린재 방제수단으로 제충국 제제를 이용할 경우 본 포장에서는 9월에 약충이 다발생하기 전부터 성충에 대한 지속적인 방제가 이루어져야 할 것이다. 또한 1령 약충의 발생이 시작되는 6월 초순과 8월경에 기계유 유제를 살포하여 미연에 개체수를 줄일 필요가 있다. 이와 같이 과원내 번식이 이루어지는 포장에서는 조기방제가 요구되나 제주도내 여러 감귤원이 노지재배로서 계절에 따라 비래하는 야외 개체군에 노출되어 있는 것을 감안하면 다발생기에 효과적으로 이들 개체군을 방제할 수 있는 수단이 마련되어야 한다.

또한 위 약제효과 실험에서 데리스 제제는 분사실험에서 썩덩나무노린재에 대해 약제 효과가 거의 나타나지 않았으나 성충에 주사했을 때 80%의 개체가 사망함으로써 약제의 작용기작과 처리방법 또한 고려할 필요가 있음이 시사되었다. 피레스린을 주요 성분으로 하는 제충국 제제나 네오니코티노이드계 약제인 디노테퓨란이 분사실험에서 1일째에 대부분의 효과가 발현되며 일부 개체들이 뒤집어졌다가 시일이 흐른 후 회복되어 다시 돌아다니는 현상을 나타낸 것과는 달리 데리스 제제는 2-4일에 걸쳐 서서히 살충수가 증가하였다. 그러나 실제로는 데리스 제제를 주사하였을 때 썩덩나무노린재는 1일째부터 행동력이 극히 감소하였고 이와 같이 거의 움직이지 않는 개체들은 4-5일째에 반드시 사망하였으므로

포장 적용시에 상당한 효과를 나타낼 것으로 기대된다. 현재 니코틴, 로테논, 피레스린, 콰시인, 리아노딘 등 곤충에 유효하게 살충력을 나타내는 여러 식물 유래 화합물들이 알려져 있고(Wink, 1992) 이를 이용한 약제들이 개발되고 있으나 이들 효과를 증대시킬 수 있는 다른 친환경 보조제에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 실험에서와 같이 곤충체내로 침투하였을 때 효과를 나타낼 수 있는 유효성분들의 침투력을 높이는 보조제들의 포장 적용을 위한 연구가 더욱 필요하다.

VI. 적 요

썩덩나무노린재는 동아시아에 토종으로 서식하는 광식성 해충으로 콩류, 과수류 및 관상수 등 각종 작물을 광범위하게 가해한다. 이들은 1996년 미국에, 2006년에 유럽에서도 유입이 확인되었다. 국내 제주 감귤원에서 이들은 감귤에 발생하는 노린재류 중 가장 중요한 해충으로 평가되고 있다. 썩덩나무노린재는 감귤의 과실과 잎을 흡즙하며 낙과를 유발한다. 썩덩나무노린재는 기존 유기인계, 피레스로이드계 및 네오니코티노이드계 약제로 방제되어 큰 문제가 되지 않았으나 이들에 대한 친환경적 방제 수단이 연구되지 않아 도내 친환경 감귤 재배의 지속성을 위협하고 있다. 따라서 썩덩나무노린재에 대한 친환경적 방제 전략을 수립하기 위한 일련의 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 제주에서 2009년 채집한 성충 20마리를 시작으로 썩덩나무노린재의 실내사육 개체군을 수립하고 대량증식에 성공하여 향후 지속적인 연구를 위한 기초를 마련하고 실내 실험에 이용하였다. 실내사육 환경은 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, RH 40-70%와 16L:8D의 광조건으로 유지되었으며, 먹이로 생땅콩을 이용하고 다육식물인 페페를 수분공급 및 산란장소 보급을 목적으로 공급하였다. 제주도내 야외 개체군과의 외적 형질을 비교했을 때 암수 모두 체장, 체폭에 차이가 없었고 뒷다리경절은 실험실개체군 수컷이 더 길었다.

2. 감귤 생육기에 썩덩나무노린재의 가해 밀도와 시기에 따라 과실의 낙과 피해가 다르게 나타났다. 2010년에 수행한 실험에서 착색전 과실에서는 과실당 1마리의 밀도에서 70%의 높은 낙과율을 나타내고 0.2마리 밀도일 때에도 낙과율이 20%에 달하였다. 2011년 착색이 시작되는 10월 이후에 처리하였을 때에는 0.5마리 밀도에서 낙과율이 8% 정도로 낮았다. 피해 과실을 수확 후 저온저장하였을 때의 부패율은 2-10% 정도로 나타났으나 처리간 차이가 없어 썩덩나무노린재의 흡즙가해가 과실 부패에는 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

3. 썩덩나무노린재는 만감 하우스에서 1년에 2세대 경과하였으며 성충의 발생 최성기는 월동 개체군의 발생을 제외하고 각각 7월 중순과 10월 하순으로 나타났다. 착색전인 9월 과실로 이동하여 가해하는 개체군의 대다수는 약충이었고 이

들로 인하여 낙과가 유발되었다. 9월 이전에는 과실에서 개체군이 발견되지 않으며 주로 각 계절별 신초에 분포하여 가해하였다.

4. 썩덩나무노린재에 대한 몇 가지 친환경 약제의 효과를 검정한 결과 분사시 제충국 추출물의 50배액에서 성충의 살충률이 50%를 나타내어 기존 네오니코티노이드계 합성 화학약제와 거의 비슷한 효과를 지니고 있었다. 그러나 테리스와 님 제제의 성충에 대한, 그리고 모든 약제의 약충 3-4령에 대한 효과는 매우 낮아 방제효과를 기대하기 어려웠다. 다만 기계유 유제의 경우 100배 희석액이 약충 1령에 대하여 20% 이상의 살충률을 보여 이들을 이용하여 과원 내에서 발생 시기를 고려한 약제 살포가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 본 연구 결과에서 약충이 발생하기 시작했던 6월 초순과 8월에 기계유 유제를 통해 미숙약충을 방제하고 월동 및 1세대 성충을 제충국 제제로 조기방제하는 전략을 제시하였다. 그러나 노지재배 감귤에 비래하는 개체군의 방제를 위하여는 더욱 연구가 필요하다.

6. 테리스 제제는 분사시에 비해 곤충 체내에 직접 주입했을 시에 효과가 훨씬 높아졌다. 곤충체내로 이행되어야만 효력을 나타내는 이러한 친환경제제들을 이용하기에 앞서 침투력을 높이거나 섭식시키는 등 약제를 곤충 체내로 이동시킬 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

VII. 인 용 문 헌

- Adachi, I. 1998. Utilization of an aggregation pheromone for forecasting population trends of the stink bugs injuring tree fruits. *Pl. Prot.* 52: 515-518.
- Adachi, I., K. Uchino and F. Mochizuki. 2007. Development of a pyramidal trap for monitoring fruit-piercing stink bugs baited with *Plautia crossota stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone. *Appl. Entomol. Zool.* 42(3): 425-432.
- Aldrich, J.R., A. Khimian, X. Chen and M.J. Camp. 2009. Semiochemically based monitoring of the invasion of the brown marmorated stink bug and unexpected attraction of the native green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in Maryland. *Fl. Entomol.* 92(3): 483-491.
- Bae, S.D., H.J. Kim, G.H. Lee and S.T. Park. 2007. Development of observation methods for density of sink bugs in soybean field. *Korean J. Appl. Entomol.* 46(1): 153-158.
- Bae, S.D., H.J. Kim and S.T. Park. 2012. Attractiveness of conspecific stink bugs to adult stink bug-baited traps in soybean fields. *J. Asia-Pacific Entomol.* 15: 148-151.
- Bak, W.C., W.H. Yeo and Y.J. La. 1993. Litter-leaf symptom development in the periwinkle infected with paulownia witches'-broom mycoplasma-like organism by the yellow-brown stink-bug, *Halyomorpha halys* Stål(=*H. mista* Uhler). *Korean J. Plant Pathol.* 9(3): 236-238.

- Choi, D.S., K.C. Kim and K.C. Lim. 2000. The status of spot damage and fruit piercing pests on yuzu (*Citrus junos*) fruit. Korean J. Appl. Entomol. 39(4): 259-266.
- Chung, B.K., S.W. Kang and J.H. Kwon. 1995. Damage, occurrences and control of hemipterous insects in non-astigent persimmon orchards. RDA. J. Agri. Sci. 37(2): 376-382.
- Endo, N. 2008. Studies on the chemical ecology of attractants for the soybean stink bug, *Piezodorus hybneri* (Heteroptera: Pentatomidae). Tohoku University. D. Thesis. 120p.
- Funayama, K. 1996. Sucking injury on apple fruit by the adult of brown marmorated stink bug *Halyomorpha mista* (Uhler). Annu. Rept. Plant Prot. North Japan. 47: 140-142.
- Funayama, K. 2006. A new rearing method using carrots as food for the brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). Appl. Entomol. Zool. 41(3): 415-418.
- Funayama, K. 2008. Seasonal fluctuations and physiological status of *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) adults captured in traps baited with synthetic aggregation pheromone of *Plautia crossota stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 52: 69-75.
- Hamilton, G.G., P.W. Shearer and A.L. Nielsen. 2008. Brown marmorated stink bug - A non-native insect in New Jersey. FS002. Rutgers University

Cooperative Extension, New Brunswick, NJ.

- Hoebeker, E.R. and M.E. Carter. 2003. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America, *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 105(1): 225-237.
- Kadosawa, T. and H. Santa. 1981. Growth and reproduction of soybean pod bugs (Heteroptera) on seeds of legumes. *Bull. Chugoku Agric. Exp. Stn. Ser. E.* 19: 75-97.
- Kang, C.H., H.S. Huh and C.G. Park. 2003. Review on true bugs infesting tree fruits, upland crops, and weeds in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 42(3): 269-277.
- Kawada, H. and C. Kitamura. 1983a. Bionomics of the brown marmorated stink bug, *Halomorpha mista*, *Jap. J. appl. Ent. Zool.* 27: 304-306.
- Kawada, H. and C. Kitamura. 1983b. The reproductive behavior of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* Uhler (Heteroptera: Pentatomidae). 1. Observation of mating behavior and multiple copulation. *Appl. Ent. Zool.* 18(2): 234-242.
- Khrimian, A., P.W. Shearer, A. Zhang, G.C. Hamilton and J.R. Aldrich. 2008. Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2,4,6-decatrienoate. *J. Agric. Food Chem.* 56: 197-203.
- Kim, G.H., Y.J. Ahn and K.Y. Cho. 1988. Susceptibility of insecticides to the developmental stages in the bean bug (*Riptortus clavatus*). *Korean J.*

Entomol. 18(4): 269-274.

Kim, D.H., H.M. Kwon and K.S. Kim. 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju Island. Korean J. Appl. Entomol., 39(4): 267-274.

Kobayashi, T., 1967. The developmental stages of some species of the Japanese Pentatomidae (Hemiptera) XVI. Homalagonia and an Allied genus of Japan (Pentatomidae). Appl. Ent. Zool. 2(1): 1-8.

Kobayashi, T. and S. Kimura. 1969. The studies on the biology and control of house-entering stink bugs. I. The actual state of the hibernation of stink bugs in houses., Bull. Tohoku Nat. Agric. Exp. Stn. 37: 123-138.

Lee, K.C., C.H. Kang, D.W. Lee, S.M. Lee, C.G. Park and H.Y. Choo. 2002. Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards. Korean J. Appl. Entomol. 41(4): 233-238.

Lee, H.S., B.K. Chung, T.S. Kim, J. H. Kwon, W.D. Song and C.W. Rho. 2009. Damage of sweet persimmon fruit by the inoculation date and number of stink bugs, *Riptortus clavatus*, *Halyomorpha halys* and *Pautia stali*. Korean J. Appl. Entomol. 48(4): 485-491.

Lim, E.G. and C.G. Park. 2009. Stink Bugs (Hemiptera) and their size, collected near Jinju City, Gyeongnam Province. Korean J. Appl. Entomol. 48(1): 117-122.

Moriya, S., M. Shiga and M. Mabuchi. 1987. Analysis of light trap records in

four major species of fruit-piercing stink bugs, with special reference to body size variation in trapped adults of *Plautia stali* Scott., Bull. Fruit Tree Res. Stn. A. 14: 79-94.

Nielsen, A.L., P.W. Shearer and G.C. Hamilton. 2008a. Toxicity of insecticides to *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) using glass-vial bioassays. J. Ecol. Entomol. 101(4): 1439-1442.

Nielsen, A.L., G.C. Hamilton and D. Matadha. 2008b. Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). Environ. Entomol. 37(2): 348-355.

Niva, C.C. and M. Takeda. 2003. Effects of photoperiod, temperature and melatonin on nymphal development, polyphenism and reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). Zool. Sci. 20: 963-970.

Oda, M., T. Sugiura, Y. Nakanishi and Y. Uesumi. 1980. Ecological studies of stink bugs attacking the fruit trees. 1. Observation of the seasonal prevalence by light trap, and the ecology on the occurrence of fruit trees and mulberry under field observations. Bull. Nara. Pref. Agric. Exp. Stn. 11: 53-62.

Paik, C.H., G.H. Lee, M.Y. Choi, H.Y. Seo, D.H. Kim, C.Y. Hwang and S.S. Kim, 2007. Status of the occurrence of insect pests and their natural enemies in soybean fields in Honam Province. Korean J. Appl. Entomol. 46(2): 275-280.

SAS Institute. 1999. SAS OnlineDoc[®]. Version 8, SAS Institute Inc., Cary, NC. UBA.

- Shiga, M. and S. Moriya. 1989. Temporal and spatial differences in the conditions of the internal organs of adults of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). Bull. Fruit Tree Res. Stn. A(16): 133-168.
- Shiozawa, H., S. Yamashita, Y. Doi, K. Yora and H. Asuyama. 1979. Trial of transmission of paulownia witches' broom by two species of bug, brown marmorated stink bug and brown-winged green bug observed on paulownia. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 45: 130-131. (Abstract)
- Son, C.K., S.G. Park, Y.H. Hwang and B.S. Choi. 2000. Field occurrence of stink bug and its damage in soybean. Korean J. Crop Sci., 45(6): 405-410.
- Sugie, H., M. Yoshida, K. Kawasaki, H. Noguchi, S. Moriya, K. Takagi, H. Fukuda, A. Fujiie, M. Yamanaka, Y. Ohira, T. Tsutsumi, K. Tsuda, K. Fukumoto, M. Yamashita and H. Suzuki. 1996. Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). Appl. Entomol. Zool. 31(3): 427-431.
- Tada, N., M. Yoshida and Y. Sato. 2001. Monitoring of forecasting for stink bugs in apple. 2. The possibility of forecasting with aggregation pheromone. Annu. Rept. Plant Prot. North Japan 52: 227-229.
- Toyama, M., F. Ihara, K. Yaginuma, 2006. Formation of aggregations in adults of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): The role of antennae in short-range location, Appl. Entomol. Zool. 41(2): 309-315.

- Watanabe, M., Y. Shinagawa, R. Arakawa and T. Inaoka. 1993. Insecticide test against the stink bug, *Halomorpha mista* with an aluminum sash box. *Pestology* 8(1): 6-9.
- Watanabe, M., R. Arakawa, Y. Shinagawa and T. Okazawa. 1994a. Anti-invading methods against the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista*, in houses. *Med. Entomol. Zool.* 45(4): 311-317.
- Watanabe, M., R. Arakawa, Y. Shinagawa and T. Okazawa. 1994b. Overwintering flight of brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* to the buildings. *Med. Entomol. Zool.* 45(1): 25-31.
- Wermelinger, B., D. Wyniger and B. Forster. 2008. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Bull. Soc. Entomol. Suisse* 81: 1-8.
- Wink, M. 1993. Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. pp. 171-213. In *Phytochemistry and Agriculture* (eds. Van T. A. Beek and H. Breteler). Vol. 34. Clarendon, Oxford, UK.
- Zhu, B.M., Z.Y. Chen, J.Y. Shen, L. Chien, R.F. Hong, P.X. Shao, D.Q. Tong and C.H. Peng. 1982. Mycoplasma-like organism and virus in paulownia trees infected with witches' broom disease. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica* 14(4): 393-396. (Abstract)

사 사

학부 2학년 재학시절 곤충생태학실험실에 들어온 이래 5년이란 시간이 되었습니다. 지나간 시간들을 되돌아보면 제 자신이 누구의 보살핌 없이는 움직이려도 않던 어린 학생이었다는 생각이 듭니다. 지난 2년간 석사과정을 수학하면서 크고 작은 어려움을 이겨낼 수 있도록 도와주신 분들께 깊이 감사드립니다.

이 논문이 나올 수 있도록 항상 저를 이끌어주신 존경하는 김동순 지도교수님께 깊은 감사드립니다. 부족한 점이 많은 논문을 밤 늦게까지 검토해주신 송창길 교수님, 김주성 교수님께도 깊이 감사드립니다. 그리고 학부생 시절부터 많은 가르침 주신 강영길 교수님, 현해남 교수님, 전용철 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

본 연구는 제주대학교 감귤수출사업단 연구과제 연구비로 수행되었으며, 연구를 수행하는데 시험포장을 제공해주신 제주특별자치도 농업기술원 서귀포농업기술센터 정대천 계장님, 그리고 유광영농조합법인 (주)그린포커스 제주총판 송성진 대표님께 마음 깊이 감사드립니다.

많은 관심과 지원으로 이 연구를 수행할 수 있도록 도와주신 제주도농업기술원 송정흡 박사님, 온난화대응농업연구센터 최경산 박사님, 제주대학교 김찬우 박사님, 곤충생태학실험실의 장용석 선생님, 현승용 선생님, 황록연 연구사님, 김용근 선생님, 성영훈 선생님, 김민성 선배님 그리고 먼저 졸업한 강성혁 선배님께 진심으로 감사드립니다. 힘들 때마다 멘토가 되어 주셨던 고윤정 선배님, 고평렬 선생님, 또 오랜 기간 저를 응원해주신 농학과 송진영 조교선생님, 하영삼 조교선생님과 고우리 조교선생님, 그리고 학과 실험실 선생님들께 감사드립니다. 공시충 사육하느라 고생 많았던 은지, 지순이, 상현이 그리고 식물자원환경학과 동기들과 학과 후배들 모두 모두 고맙고 감사드립니다. 석사과정 2년간 학업을 장려하고 지원해주신 엘지연암장학재단에 깊이 감사드립니다.

힘들 때마다 제 이야기를 들어주시고 격려해주셨던 아버지와 삼촌들, 사랑하는 동생 소운이, 영빈이, 그리고 정말 오랫동안 뒤에서 챙겨주시고 묵묵히 지켜보셨던 어머니 정말 고생이 많으셨고 죄송하고 또 감사합니다. 마지막으로 오랜 기간 우리 남매를 이끌어 주시고 노고를 마다않고 저희를 보살피고 가르쳐주셨던 은사 강현주 선생님께 마음 깊이 감사 올리면서 이 논문을 바치고 싶습니다.