



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

제주에서 볼록총채벌레 발생동태 및
피해지역 분포 특성

Population Phenology of *Scirtothrips dorsalis* and Spatial Distribution
Pattern of the Damaged Citrus Orchards in Jeju

濟州大學校 大學院

農 學 科

황 록 연

2013年 2月

제주에서 볼록총채벌레 발생동태 및 피해지역 분포 특성

指導教授 金 桐 淳

황 록 연

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2012年 12月

황록연의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

전 응 철



委 員

김 등 순



委 員

최 재 우



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	 5
 III. 재 료 및 방 법	 9
1. 불록총채벌레 월동 양상 조사.....	9
1-1 2009년 조사	9
1-2 2010년 조사	9
1-3 2011년 조사	9
2. 제주 지역별 불록총채벌레 발생 양상 조사	10
2-1 지역별 정점조사	10
2-2 피해지역 세부조사	10
2-3 불록총채벌레 과실 피해도 조사	10
2-4 자료분석	11
 IV. 결 과	 13
1. 불록총채벌레 월동 양상 조사	13
1-1 2009년 조사	
1-1-1 녹차에서 월동태 및 월동처 조사	13
1-1-2 녹차원과 감귤원의 토양(soil) 및 식물잔재물(plant litters)에	

서 월동밀도 조사	13
1-2 2010년 조사	16
1-3 2011년 조사	16
2. 제주 지역별 블록총채벌레 발생 양상 조사	27
2-1 2010년 조사	27
2-2 2011년 조사	27
2-3 2012년 조사	28
V. 고찰	40
VI. 적요	47
VII. 인용문헌	49

List of Tables

Table 1. Average number of overwintering <i>Scirtothrips dorsalis</i> per branch on tea plants in 2009	14
Table 2. The number of <i>Scirtothrips dorsalis</i> adult caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected on tea farm and citrus orchard in 2009	15

List of Figures

- Fig. 1. Comparison of the number of overwintering *Scirtothrips dorsalis* adults in soil and plant litters collected from different host plant farms in 2010-2011 18
- Fig. 2. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on citrus orchard in 2010-2011 19
- Fig. 3. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on kiwi orchard and tea farm in 2010-2011 20
- Fig. 4. Ratio of overwintering *Scirtothrips dorsalis* adults in soil and plant litters collected from different host plant farms in 2010 21
- Fig. 5. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on citrus orchard in 2011-2012 22
- Fig. 6. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil collected in different date on kiwi orchard and tea farm in 2011-2012 23
- Fig. 7. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from plant litters collected in different date on kiwi orchard and tea gove in 2011-2012 24
- Fig. 8. Total number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date in 2011-2012 25
- Fig. 9. The number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky

trap emerging from plant litters collected on kiwi orchard and tea farm according to the sampling dates and different temperatures	26
Fig. 10. The map of Jeju island and sites of citrus orchards, kiwi orchards and tea farm	30
Fig. 11. Principal components analysis of 21 sites(citrus orchards) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2010	31
Fig. 12. Dendrogram for the cluster analysis of 21 sites (citrus orchards) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2010	32
Fig. 13. The fractionized occurrence patterns of <i>Scirtothrips dorsalis</i> classified by cluster analysis in 2010	33
Fig. 14. Principal components analysis of 23 sites(21 citrus orchards, 1 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2011	34
Fig. 15. Dendrogram for the cluster analysis of 23 sites(21 citrus orchards, 1 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2011	35
Fig. 16. The fractionized occurrence patterns of <i>Scirtothrips dorsalis</i> classified by cluster analysis in 2011	36
Fig. 17. Principal components analysis of 24 sites(20 citrus orchards, 3 kiwi orchards, 1 tea farm) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2012	37
Fig. 18. Dendrogram for the cluster analysis of 24 sites(20 citrus orchards, 3 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of <i>Scirtothrips dorsalis</i> occurrence in Jeju, 2012	38

Fig. 19. The fractionized occurrence patterns of *Scirtothrips dorsalis* classified by cluster analysis in 2012 39

Fig. 20. Flight activity of *Scirtothrips dorsalis* adults in the early season in relation to daily maximum air temperature in 2011 44

Fig. 21. Flight activity of *Scirtothrips dorsalis* in citrus-kiwi adjacent orchards in 2012.(A : The Skiwi orchard, B : The kiwi orchard) 45

Fig. 22. The map of degree of accumulated damaged on citrus by *Scirtothrips dorsalis* 2009-2012 46

ABSTRACT

Yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), regarded as a key pest on citrus fruits in tropical or subtropical regions in South-East Asia, and is expected to increased by global warming. In Jeju Korea, the damage by this pest as subtropical weather condition will be intensified in the future. The *S. dorsalis* has over 150 host plants. Primary host plants are asparagus, kiwi, green tea, grape, carrot, bean, pear, potato, strawberry and so on. On the other hand citrus is known as secondary host plant of this thrips. But the fruit injury by *S. dorsalis* on citrus has been increased since 2007 in Jeju. Thus, this study was conducted to investigate the overwintering ecology and population dynamics of *S. dorsalis* in relation to primary host plants and citrus orchards in Jeju. Consequently, the objective of this study was to develop a management strategy of *S. dorsalis* in citrus orchards. The survey for overwintering sites indicated that overwintering *S. dorsalis* population was more in plant litters than in soil samples, and also the overwintering adults were found much more in kiwi orchards and tea farms (primary host plant) than in citrus orchards (secondary host plant). The population of adults found was 471 adults/kg in kiwi orchard, 19 adults/kg in tea farm, 77 adults/kg in two citrus orchards in 2010 sampling. When the samples of plant litters including overwintering *S. dorsalis* adults were held at constant temperatures, adult activity was high above 15°C, while a few adults were caught on a sticky trap installed at 15°C. The occurrence patterns of *S. dorsalis* in kiwi orchards and green tea farms in Jeju were different from one of *S. dorsalis* in citrus orchards, showing 6 to 7 generation cycles a year. While there is delayed occurrence of the

overwintering generation or loss parts of the generations was observed in citrus orchards. This result showed that *S. dorsalis* scarcely used citrus orchards as its overwintering sites and could not survive successively on citrus. In other words, it was considered that the *S. dorsalis* populations multiplied on primary hosts, kiwi and green tea, migrated to adjacent host plants such as citrus trees, when they could not use food resources on the primary hosts. In kiwi orchards, young shoots were pruned to increase the quality of old leaves from June for the purpose of tree nutrient. Thus, *S. dorsalis* populations on kiwi might disperse to adjacent hosts, since they were subjected to food shortage. Consequently, a forecasting effort would be required to monitor *S. dorsalis* populations migrating from kiwi and green tea of primary host plants using sticky traps or visual observations. Furthermore, cover sprays might be conducted in citrus orchards including the source habitats of *S. dorsalis*.

I. 서 론

총채벌레는 전세계적으로 5,500종이 보고되었으며 그 중 4종(*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*, *Scirtothrips dorsalis*, *T. palmi*)이 경제적으로 중요한 해충으로 지목되고 있다. 그 중 볼록총채벌레(*Scirtothrips dorsalis* HOOD)는 총채벌레목(Thysanoptera) 총채벌레과(Thripidae)에 속한 곤충으로 150여 종의 기주식물을 가지는 해충으로 알려져 있다(Venette and Davis, 2004). 150여 종의 기주식물 중 1차 기주식물로는 아스파라거스, 포도, 망고, 키위, 녹차, 고추, 콩, 배, 감자, 딸기 등이 있으며, 감귤은 2차 기주식물로 분류되어있다(Nietschke *et al.*, 2008).

볼록총채벌레는 아시아 및 호주 전지역에 분포하고 태평양 연안 섬지역, 남아공 일부지역에 분포하며(CABI, 2005; Holtz, 2006), 그 중 동남아시아 열대 및 열대기후의 감귤에서 관건해충(key pest)으로 취급되고 있다(Smith and Pena, 2002). 그리고 미국에서도 최근 유입되어 정착단계에 있고 미국 APHIS는 2004년부터 볼록총채벌레를 가장 위험한 외래해충 중 하나로 분류하였다(Nietschke *et al.*, 2008; Seal *et al.*, 2006). 향후 지구온난화로 제주도에 서도 아열대성 기후가 강화됨에 따라 감귤에 심한 피해를 줄 것으로 예측되고 있다(Kim *et al.*, 2009). 볼록총채벌레는 인도에서 “Chilli thrips”로 불리울 만큼 고추에서 중요한 해충으로 분류되어 있고, 일본에서는 “Yellow tea thrips”로 알려져있다(Mound and Palmer, 1981).

우리나라 농작물에서 피해는 1993~1996년 포도에서 처음 보고되었다(Jeon *et al.*, 2000). 제주에서는 한라산 1,400m 이하 지역의 광대수염 등 다양한 야생기주에서 채집되었고(Kwon, 1990), 감귤에서는 1996~1998년 조사에서 처음 기록되었다(Kim *et al.*, 2000). 그동안 감귤에 경미한 피해만 보고되다가 2007년 이후 감귤에 국부적으로 다발생하여 심한 피해를 주고 있으며 점차 피해지역이 증가하고 있다(Hyun, 2008). 그 피해증상으로 유과기에는 회백색으로 괴사되어 딱지형태의 코르크화된 증상과 착색기에는 검붉은 그을음 증상을

나타내는 것으로 알려져있다(Hyun *et al.*, 2012).

감귤원에 피해를 주는 볼록총채벌레 개체군의 공급원은 주변 야생기주식물인 것으로 알려져 있으며, 과원 내 잡초 등의 기주식물에서 증식한 성충이 침입(이주)하여 피해를 유발되는 것으로 추정하고 있다(Ohkubo, 2001; Masui, 2007a). 볼록총채벌레 성충이 감귤원으로 침입하는 시기는 주변 야생기주에서의 발생에 영향을 받는 것으로 나타났다(Masui, 2007a). Masui(2008)는 적산온도를 이용하여 각 발생세대의 발생최성기를 예측하는 모형을 제시한 바 있다.

본 연구는 제주도내 감귤원에 피해를 주는 볼록총채벌레가 어느 장소에서 월동을 하고 또 어떤 환경조건에서 월동하는지 구명하고, 제주도 중 어느 지역에 위치한 감귤원에서 볼록총채벌레가 많이 발생하는지 알아보고 많이 발생하는 지역의 감귤원과 그 주변 기주식물과의 관계를 구명하여 감귤원에서의 볼록총채벌레 관리전략을 수립하기 위해서 수행되었다.

II. 연구사

불록총채벌레(*Scirtothrips dorsalis* Hood)는 총채벌레목(Thysanoptera), 총채벌레과(Thripidae)에 속한 곤충으로 150여 종의 기주식물을 가진다. 기주식물은 미국의 조사에서 40과 150종이 기록되어 있으며, 1차 기주식물로는 아스파라거스, 포도, 망고, 키위, 녹차, 고추, 콩, 배, 감자, 딸기 등이 있으며 감귤은 2차 기주식물로 분류되어 있다(Nietschke, 2008). 불록총채벌레는 식물체 지상부 전체를 가해하며, 어린 잎과 어린 과실을 선호한다. 꽃가루도 단백질원으로서 섭식을 한다. 피해 받은 부위는 갈색 또는 적갈색으로 되며 심한 경우 잎이 위쪽으로 말려 기형화되고 식물체는 왜화되어 낙엽을 유발한다(Seal and Klassen, 2005).

다른 총채벌레류와 같이 불록총채벌레도 알, 1령 유충, 2령 유충, 전용, 용, 성충의 발육단계를 경과한다(Dev, 1964). 알은 식물의 어린 조직 속에 낳으며, 길이 0.075mm, 폭 0.070mm로 아주 작다(Seal and Klassen, 2005). 동남아시아, 아시아, 호주 및 태평양 주변 섬 지역에 분포하며(CABI, 2005), 남아공에서도 보고되었다(Holtz, 2006). 미국에는 하와이에서 1987년에 처음 발견되었고(APHIS, 1994), 1991년과 1994년 플로리다 주에서 채집되었지만 그 후 문제가 되지 않다가 2005년 텍사스와 플로리다 주에서 정착단계로 넘어간 것으로 보고하고 있다(Hodges *et al.*, 2005; Holtz, 2006; Brown and Osbourne, 2008).

불록총채벌레는 연간 연속적으로 발육할 수 있는 능력을 갖고 있으며, 온대지역에서 겨울철 임계온도 이하로 기온이 하강하면 대부분 비휴면 상태의 성충으로 토양 및 식물잔재물 또는 정아(apical bud) 및 가지 사이 등에서 월동하는 것으로 알려져 있다(Shibao *et al.*, 1990; Okada, 1981; Okada and Kudo, 1982a). 일본 차에서 낙엽층, 가지, 토양, 잎에서의 월동성충의 비율은 각각 64.4%, 16.2%, 12.5%, 6.6%인 것으로 보고되었다(Okada and Kudo, 1982a). 월동성충은 봄철 기온이 따뜻해지면 활동을 시작하는데, 일본 차나무에서 조

사된 자료에 따르면 월동성충은 3월 하순경 앞으로 이동하였고, 4월말에는 대부분 사망하며 극히 일부는 5월 중순까지 생존한다고 보고되었다(Okada and Kudo, 1982a). Masui(2007b)는 차에서 월동성충의 난소소관에서 3월 하순에서 4월 상순 성숙한 알이 발견되었으며, 1세대 유충은 4월 하순에서 5월 상순 발생한다고 하였다. 또한 새로운 성충은 5월 중순부터 나타나기 시작한다고 하였다. 그 후 2세대 유충은 5월 하순에서 6월 상순에 나타난다. Tataru(1994)는 월동세대 성충을 포함하여 3세대 성충까지는 뚜렷하게 구분되며 4세대부터는 중복되어 잘 구분되지 않는다고 하였다. Masui(2007a)는 5월부터 9월 상순까지 나한송, 차, 배과원 등에서 6 또는 7개의 발생최성기가 나타난다고 하였다.

일본의 경우 감귤원에서 볼록총채벌레 피해는 주변 기주식물에서 증식한 성충이 침입(이주)하여 유발되는 것으로 추정하고 있다(Ohkubo, 2001; Masui, 2007a). 볼록총채벌레는 주로 신초가 발생하는 시기에 밀도가 높아지기 때문에 차나무와 같이 연속적인 수확을 통하여 신초가 계속 자라나는 기주식물은 좋은 서식처가 된다(Masui, 2007a). 이런 이유로 감귤원 주변의 볼록총채벌레 기주식물인 차, 나한송 등에서는 유충개체군이 형성된 이후에 성충 개체군이 증가하는 양상을 보인다. 그러나 감귤원에서는 유충 개체군의 형성 없이 주변 기주식물의 성충발생시기와 거의 일치하여 성충 개체군이 형성되는 양상을 보인다(Masui, 2007a). 또한 감귤(만다린)을 기주식물로 볼록총채벌레가 정상적으로 번식할 수 없다는 사실도 침입에 의한 피해를 뒷받침한다. 아왜나무와 차에서는 25℃ 조건에서 성충의 수명이 각각 23.7일과 27.5일로 각각 41.5개와 27.0개의 알을 생산하였으나, 감귤 잎에서는 성충의 수명이 4.0일로 감소하였고, 평균 1.4개의 알을 낳은 것으로 보고되었다(Tataru, 1994). 실제 포장조건에서 감귤 신초와 과실의 볼록총채벌레 성충과 유충 개체군을 조사한 결과 유충밀도는 성충밀도보다 현저히 낮았다(Tsuchiya and Nishino, 1984). 즉 감귤원의 유충개체군은 성충개체군의 공급원이 아니라 주변 식물에서 유입된 성충의 낮은 산란능력으로 인해 낮은 유충개체군의 밀도가 형성된 것으로 해석할 수 있다. 미국 플로리다 주에서 대발생하여 긴급 조사한 기주식물 목

록에는 감귤류를 2차 기주식물로 취급하고 있다(Nietschke *et al.*, 2008). 볼록총채벌레의 감귤원으로 이동을 유발하는 기작에 대한 원인은 아직 밝혀지지 않았으며, 다만 주변기주식물에서 밀도증가와 관련된 것을 보고 있다(Masui, 2007a). 또한 볼록총채벌레 비산은 바람의 방향과 밀접히 관련되어 있으며 이른 아침에 비산하여 해질 무렵까지 지속된다고 하였다(Unpublished data: A. Derksen, 2009).

볼록총채벌레는 동남아시아 아열대 및 열대기후의 감귤에서 관건해충(key pest)으로 취급되고 있으며(Smith and Pena, 2002), 지구온난화에 따라 발생이 증가할 수 있는 해충으로 추정하고 있다(Kim *et al.*, 2009). 즉 볼록총채벌레의 내적자연증가율은 서식처 온도가 29.5℃로 증가할 때까지 계속 증가하는 양상을 보였으며, 최적온도가 24.9℃로 추정된 꽃노랑총채벌레와 비교하면 고온에 잘 적응한 종으로 예측되었다(Kim *et al.*, 2009). 미국에서 발육영점온도와 적산온도로 각각 9.7℃와 265DD를 적용하고, 일 최저온도 -4℃ 이하에서 5일 이상 경과시 100% 치사조건으로 가정했을 때 미국 일부지역에서는 최대 연 18세대까지 발육이 가능하였다(Nietschke *et al.*, 2008). 결론적으로 미국 기후조건에서 남부지역과 서부해안지역에 정착이 가능한 것으로 추정하였다.

우리나라에서 볼록총채벌레는 토착해충으로 평가된다. 즉 1970년 전국 조사에서 채집되었을 때 미기록 종으로 취급되지 않았다(Woo and Paik, 1971; Woo and Paik, 1972). 농작물에서 피해는 1993~1996년 포도에서 처음 보고되었으며, 포도의 잎에 수침상 갈변증상과 과방의 코르크화 증상을 유발하는 것으로 알려졌다(Jeon *et al.*, 2000). 제주에서는 한라산 1,400m 이하 지역의 고추나물, 광대수염, 들수국, 마가목, 벗나무, 사철나무, 참배, 탐라산수국, 팔배나무 등에서 공식적으로 채집되었다(Kwon, 1990). 감귤에서는 1996~1998년 조사에서 공식적으로 기록되었으며 감귤을 새로운 기주식물로 등록하였고, 과실에 경미한 피해를 주는 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2000). 하지만 2006년 이후 감귤에 국부적으로 다발생하여 심한 피해를 주고 있으며 점차 피해지역

이 증가하고 있다(Hyun *et al.*, 2012). 향후 온난화에 따라 제주도의 아열대성 기후가 강화됨에 따라 감귤에 심한 피해를 줄 것으로 예측되고 있다(Kang, 2012, 본 연구는 제주대학교 대학원 강성혁의 석사학위 연구와 공동 목적으로 수행되었으며, 연구사를 인용하였음).

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 불룩총채벌레 월동 양상 조사

1-1. 2009년 조사

녹차에서 월동태 및 월동처 조사 2009년 12월 불룩총채벌레의 주요 기주식물로 알려진 녹차원(서귀포시 남원읍 신흥리)에서 녹차의 어린잎과 눈, 가지에서 월동성충을 발견하였고, 녹차원에서의 월동 밀도를 조사하기 위하여 2010년 1월 12일부터 3월 3일까지 2주 간격으로 녹차의 가지당 생충수와 월동태를 육안으로 확인하였다.

녹차원과 감귤원의 토양(soil) 및 식물잔재물(plant litters)에서 월동밀도 조사 2010년 1월 20일 녹차원(서귀포시 남원읍 신흥리)의 토양과 식물잔재물(토양층 위의 낙엽층 및 부식을 포함, 이하 식물잔재물)을 14kg과 9kg, 감귤원(서귀포시 남원읍 의귀리)의 토양을 9kg 채집하여(단반복) 플라스틱 박스에 넣고 황색 끈끈이트랩(25×15cm, 단면)을 설치하여 1~3일 간격으로 끈끈이트랩에 유살되는 성충수를 확인하였다.

1-2. 2010년 조사

노지 감귤원 2곳(서귀포시 남원읍 신례리, 남원읍 위미리) 키위과원 1곳(서귀포시 남원읍 의귀리), 녹차원 1곳(서귀포시 남원읍 신흥리) 에서 2010년 12월부터 2011년 3월 까지 총 4회(2010. 12. 21., 2011. 1. 19., 2. 22., 3. 21.)에 걸쳐 각각 토양 3kg×3반복, 식물잔재물 1kg×1반복을 채집하여 각각 플라스틱 바구니에 넣은 후 25℃ 생육실에 넣었다. 플라스틱 바구니에 황색끈끈이트랩이 부착된 PE(Poly Ethylene)천공필름을 씌우고 트랩에 포획된 성충수를 2~3일 간격으로 성충이 더 이상 나오지 않는 시기까지 확인하였다.

1-3. 2011년 조사

2010년 조사와 동일하게 노지 감귤원 2곳(서귀포시 남원읍 위미리, 남

원읍 의귀리)과 키위과원 1곳(서귀포시 남원읍 의귀리), 녹차원 1곳(서귀포시 남원읍 신흥리)에서 식물잔재물 및 토양을 4차례 채집하였고(2011. 12. 22., 2012. 1. 26., 2. 24., 3. 27.) 2010년도 자료를 기준으로 볼록총채벌레가 가장 많이 포획된 키위과원과 녹차원의 식물잔재물 1kg×4반복을 채집하여 15, 20, 25, 30℃의 생육실에 각각 넣은 후 2010년과 동일한 방법으로 조사하였다.

2. 제주 지역별 볼록총채벌레 발생 양상 조사

2-1. 지역별 정점조사(2010~2012년)

2010년부터 2012년까지 매년 11월에서 4월까지 10일 간격, 5월에서 10월까지는 7일간격으로 제주도내 21개(북-5개소, 동-4개소, 동남-5개소, 서남-3개소, 서-4개소; 2012년의 경우 동남 3번 과원의 소실로 총 20개소) 노지감귤원에서 과원당 감귤나무 5주를 임의로 선정하고 황색 끈끈이트랩(25×15cm, 단면)을 1~1.5m의 높이에 설치한 후 포획된 성충수를 확인하였다.

2-2. 피해지역 세부조사(2011~2012년)

2011년부터 2012년까지 7일 간격으로 제주도 남원읍 일대의 총채벌레 피해가 발생한 감귤원과 녹차원(월동 조사 포장과 동일), 키위과원(월동 조사 포장과 동일)을 선정한 후 황색 끈끈이트랩을 설치하고 포획된 성충수를 확인하였다. 조사 과원의 수와 위치는 볼록총채벌레의 피해정도와 조사의 필요에 따라 변경하였다(2011년 : 노지 감귤원 7곳, 키위과원 1곳, 녹차원 1곳, 2012년 : 노지 감귤원 11곳, 키위과원 3곳, 녹차원 1곳). 각 과원의 트랩의 수와 설치장소도 과원의 구조와 필요정도에 따라 변경하였다(각 과원당 5~36개의 트랩을 설치하여 조사 후 트랩당 마리수를 구하여 사용함).

2-3. 볼록총채벌레 과실 피해도 조사(2009~2012년)

2009년부터 2012년도까지 감귤수확기 직전인 10~11월에 제주도 전 지역에서 64개 과원을 선정하였다. 선정한 과원에서 감귤나무 5주를 임의로 선정하고 각 나무 당 100과를 임의로 선정하여 과원 당 총 500과의 총채벌레

피해 조사를 실시하였다. 선정된 과실의 표면적중 6% 이상 되는 것을 피해과
로 인정하여 그 수를 확인하였다.

2-4. 자료분석

주성분분석(principal component analysis) 하나의 관측 대상에 대
해 많은 관측 값(다변량(多變量))이 있는 경우 하나 하나의 변수별 또는 2개
변수의 상관관계별로 검토해도 전체 상을 파악할 수 없는 경우가 있다. 주성
분분석은 많은 변수의 분산방식(분산·공분산)의 패턴을 간결하게 표현하는
주성분을 원래 변수의 선형결합(무게에 대한 평균점)으로서 추출하는 통계기
법이다. 즉, p개의 변수가 있는 경우 거기에서 얻은 정보를 p보다 상당히 작은
k개의 변수로 요약하는 것이다. 다른 설명으로는 p차원 공간의 축을 회전시켜
많은 변수의 분산을 가장 잘 반영한 소수의 새로운 축을 찾아내는 기술이라고
도 할 수 있다. 본 연구에선 각 지역간 상관계수만을 가지고 볼록총채벌레의
발생 양상을 분석하기가 쉽지 않아 SAS program을 이용하여 주성분분석을
실시하였다. 지역별 과원에서 볼록총채벌레 발생 양상은 서로 상관관계를
가질 가능성이 높다. 주성분분석은 볼록총채벌레 발생 양상과 관련되는 여러
변수들을 조사하여 원래변수들의 특징은 그대로 보존하면서 이들 변수의 1차
함수(가중평균)로 정의되는 상호 독립성을 유지 할 수 있는 새로운 인공변수
인 ‘주성분’(principal component)을 창출하였으며 본 연구에서는 2개의 주성분
으로 볼록총채벌레 발생 양상을 나타내었다.

군집분석(cluster analysis) 각 객체(대상)의 유사성을 측정하여 유사
성이 높은 대상 집단을 분류하고, 군집에 속한 객체들의 유사성과 서로 다른
군집에 속한 객체들의 상이성을 규명하는 통계기법이다. 본 연구에선 앞에서
구한 각 조사지점간 시기별 발생량 자료를 이용하여 각 조사지점 중 볼록총채
벌레의 발생 양상이 비슷한 군집으로 나누기 위하여 SAS program을 이용하
여 군집분석을 실시하였다. 지역별 과원에서 볼록총채벌레 발생 양상을 구
분 하는 변량은 다양하다. 그 변량의 유사성과 일반성을 포함하는 정도에 따

라 볼록총채벌레 발생 양상을 구분 할 수 있었으며 본 연구에서는 2010~2012 년도에 군집분석 결과를 토대로 각각 5개의 소군집으로 구분지어 자료를 작성 하였다.

발생세대분석(Masui, 2008) 군집분석을 실시한 결과 각 연도별로 5 개의 소군집을 이루었고 이들 소군집별로 실질적인 발생 패턴의 유사성을 확 인하기 위하여 발생밀도 그래프를 작성하였다. 발생밀도 그래프 작성시 각 조 사지점간의 온도 및 기후, 주변환경 등의 차이로 인해 발생 시기가 달랐으며 로 제주도 4개지역(제주, 서귀포, 고산, 성산)의 기상대 자료를 이용하여 평균 온도를 구하고 적산온도를 계산한 후(발육영점온도 9.7℃) 발생최성기를 기 준으로 표준화(Scaling)하여 그래프를 작성하였다. 이렇게 작성한 소군집별 발생 밀도 그래프를 Masui가 2008년 제시한 볼록총채벌레 발생세대모형에 따라 각 세대를 구분하였다.

GIS를 이용한 볼록총채벌레 피해도 작성 2009년부터 제주도 전지역 64개 지역에서 볼록총채벌레 피해도 조사를 실시하였고 그 결과를 바탕으로 각 지역별 볼록총채벌레 피해율을 구한 후 GIS program을 이용하여 볼록총채 벌레 피해지도를 작성하였다. 피해지도는 내삽법(IDW)을 이용하여 거리에 따 른 피해정도를 예측하여 작성되어졌다. 등위는 총 9개로 나뉘어졌으며 지역적 편차를 가장 잘 반영할 수 있게 조정하였다.

IV. 결 과

1. 불룩총채벌레 월동 양상 조사

1-1. 2009년 조사

1-1-1. 녹차에서 월동태 및 월동처 조사

녹차원에서 불룩총채벌레 월동태 및 월동처를 조사한 결과 유충, 번데기, 성충의 형태로 월동하는 것으로 나타났으며 성충의 비율이 86.0%로 가장 높은 것으로 나타났다(표 1).

1-1-2. 녹차과 및 감귤원의 토양(soil) 및 식물잔재물(plant litters)에서 월동밀도 조사

녹차원의 토양 및 식물잔재물 그리고 감귤원에서도 불룩총채벌레가 월동하는지 알아보기 위해 표본을 채취하여 조사한 결과 녹차원의 토양과 식물잔재물 그리고 감귤원의 토양에서 성충이 발견되었다(표 2).

Table 1. Population of overwintering *Scirtothrips dorsalis* per branch on tea plants in 2009

Sampling Date	Developmental stage		
	Larva	Pupa	Adult
2010. 1. 12	0.14	0.25	0.89
2010. 1. 26	0	0	0.75
2010. 2. 4	0.13	0.13	1.27
2010. 2. 16	0.11	0	1.00
2010. 3. 3	0	0	0.78

Table 2. Population of *Scirtothrips dorsalis* adults emerged from soil and plant litters collected on tea farm and citrus orchard in 2010

Sampling Date	Sample type		
	Plant litters from tea farm (9kg)	Soil from tea farm (14kg)	Soil from citrus orchard (9kg)
2010. 1. 22	0	0	0
2010. 1. 25	0	1	0
2010. 1. 26	1	0	0
2010. 1. 27	1	1	0
2010. 1. 28	0	0	1
2010. 1. 29	0	0	0
2010. 2. 1	0	0	0
Total	2	2	1

1-2. 2010년 조사

2010년 12월부터 2011년 3월까지 총 4회에 걸쳐 노지감굴원 2곳(신례리, 위미리), 키위과원 1곳, 녹차원 1곳의 토양과 식물잔재물을 채집하여 볼록총채벌레의 월동양상을 조사한 결과 토양과 식물잔재물의 볼록총채벌레 발생량은 5.9마리/kg, 88.8마리/kg로 식물잔재물에서 더 많은 볼록총채벌레가 월동하였다. 키위과원의 경우 토양과 식물잔재물에서 4.2마리/kg과 80.0마리/kg의 발생량을 보였으며 녹차원의 경우 0.1마리/kg과 3.8마리/kg의 발생량을 보였다. 신례리에 위치한 감굴원의 경우 1.5마리/kg, 4.8마리/kg이 발생했으며 위미리에 위치한 감굴원의 경우 토양에서만 0.1마리/kg로 키위과원에서 월동 성충 밀도가 높았다(그림 1).

신례리 감굴원에서 전체발생량은 73마리였으며 표본채취시기별 성충발생수는 12월, 1월, 2월, 3월에 채집한 것에서 각각 12, 25, 32, 4마리가 발생하였다. 12월, 1월, 2월, 3월의 발생최성기를 이루는 기간도 22, 12, 8, 2일이 소요되었다. 위미리 과원의 경우 발생량이 총 4마리로 발생 양상을 분석하기 어려웠다(그림 2).

키위과원의 경우 전체발생량이 471마리였으며 12월, 1월, 2월, 3월에 채집한 것에서 각각 185, 103, 182, 1마리의 볼록총채벌레가 발생하였다. 발생 양상의 경우 신례리 과원과 마찬가지로 발생최성기까지 기간은 12월의 경우 9일, 1월의 경우 7일, 2월의 경우 3일후로 나타났고 3월에 채집한 것에서는 1일 후 1마리만 포획되었다. 녹차원의 경우 전체발생량이 19마리로 발생 양상을 분석하기엔 발생량이 적었다(그림 3).

1-3. 2011년 조사

2011년 12월부터 2012년 3월까지 총 4회에 걸쳐 2010년도와 마찬가지로 노지감굴원 2곳(위미리, 의귀리), 키위과원 1곳, 녹차원 1곳의 토양과 식물잔재물을 채집하여 볼록총채벌레의 월동밀도를 조사한 결과 토양과 식물잔재물의 볼록총채벌레 발생량은 각각 1.5마리/kg과 79.5마리/kg로 2010년과 마찬가지로 식물잔재물에서의 발생량이 토양에 비해 많았다. 키위과원의 경우 토양과 식물잔재물에서 0.7마리/kg과 51.4마리/kg의 발생량을 보였으며 녹차원의

경우 0.4마리/kg과 19.3마리/kg의 발생량을 보였다. 위미리에 위치한 감귤원의 경우 0.1마리/kg, 2.2마리/kg이 발생했으며 의귀리에 위치한 감귤원의 경우 0.3마리/kg과 5.1마리/kg이 발생하였다(그림 4).

위미리 과원의 경우 볼록충채벌레 발생밀도가 12월, 1월, 2월, 3월의 경우 각각 9, 2, 15, 3마리가 발생하였으며 발생최성기까지 기간도 12, 10, 5, 5일로 나타났다. 의귀리 과원의 경우도 위미리 과원과 마찬가지로 발생최성기까지 기간이 13, 7, 3, 5일이 소요되었다(그림 5).

키위과원과 녹차원의 토양의 경우 발생량이 식물잔재물에 비해 상대적으로 적었으며 발생 양상은 감귤원과 마찬가지로 12월, 1월, 2월, 3월의 경우 각각 8, 1, 15, 0마리가 발생하였다(그림 6).

키위과원의 식물잔재물의 경우 12월에서 3월로 갈수록 발생최성기까지 기간은 12, 5, 3, 5일이 소요되었으며 12월에 채집한 것에서 가장 많은 마리수가 포획되었다. 녹차원의 식물잔재물의 경우도 발생최성기까지 12, 5, 3, 5일이 소요되는 것을 확인 할 수 있었다(그림 7).

채집시기별 각 과원의 토양과 식물잔재물에서의 발생량을 살펴보면 키위과원의 경우 12월에서 3월로 갈수록 발생량이 점차 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 녹차원과 감귤원의 경우 2월의 경우 가장 많은 발생량을 보였으며 그 다음이 12월, 1월의 순으로 발생량이 많은 것을 확인 할 수 있었다. 3월의 경우 거의 발생되지 않은 것을 확인 할 수 있었다(그림 8).

키위과원과 녹차원에서 채집한 식물잔재물의 온도처리에 따른 발생량을 살펴보면 15℃에서는 거의 발생을 하지 않았으며, 20~30℃ 경우 상대적으로 높은 발생량을 나타낸 것을 확인 할 수 있었다(그림 9).

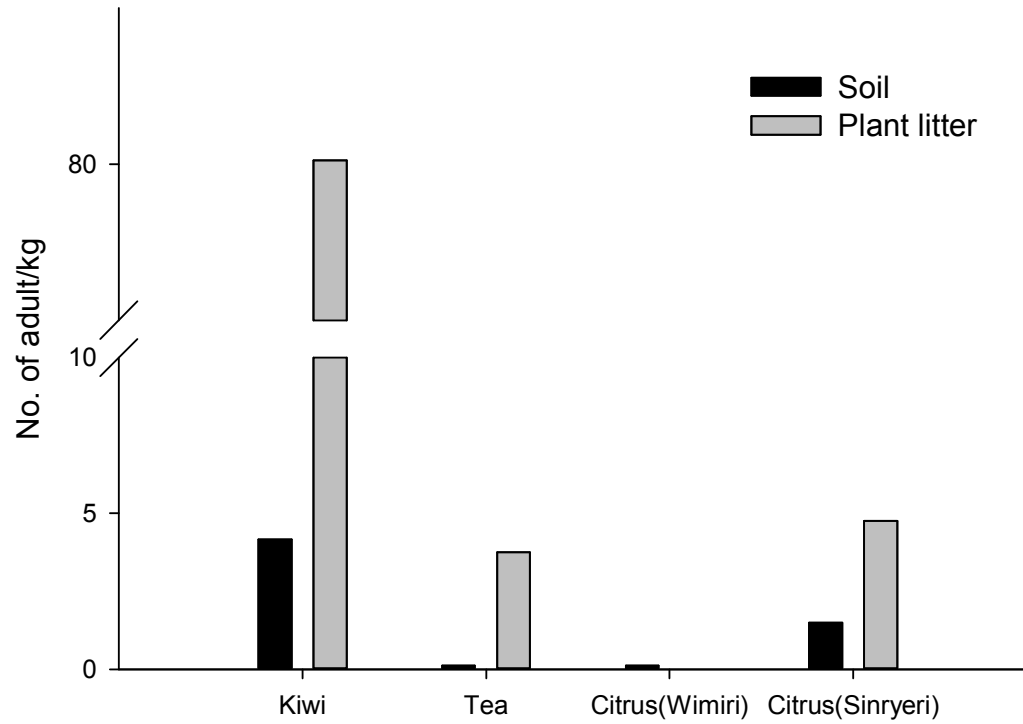


Fig. 1. The population of overwintering *Scirtothrips dorsalis* adults in soil and plant litters collected from different host plant farms in 2010-2011 season.

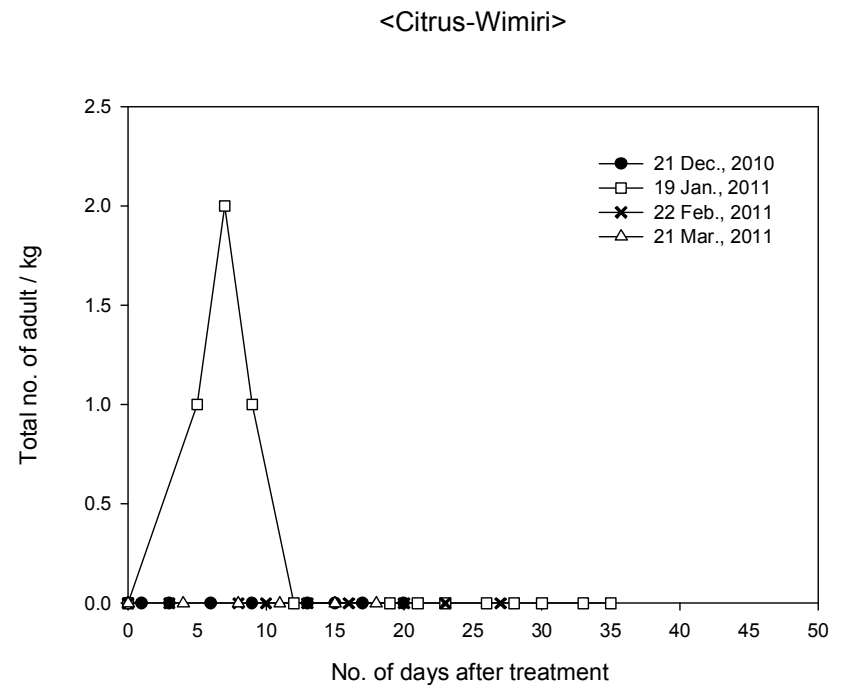
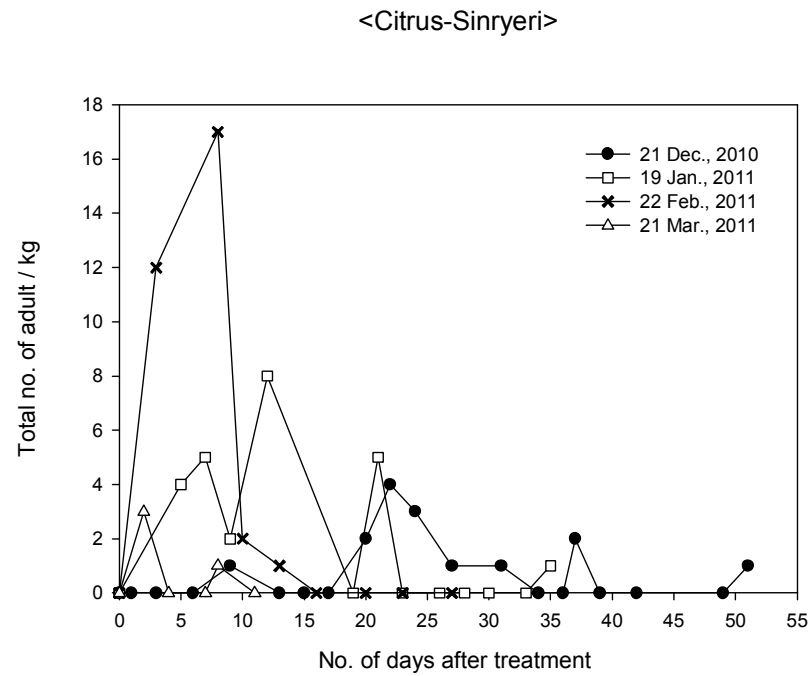


Fig. 2. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on citrus orchard in 2010-2011 season.

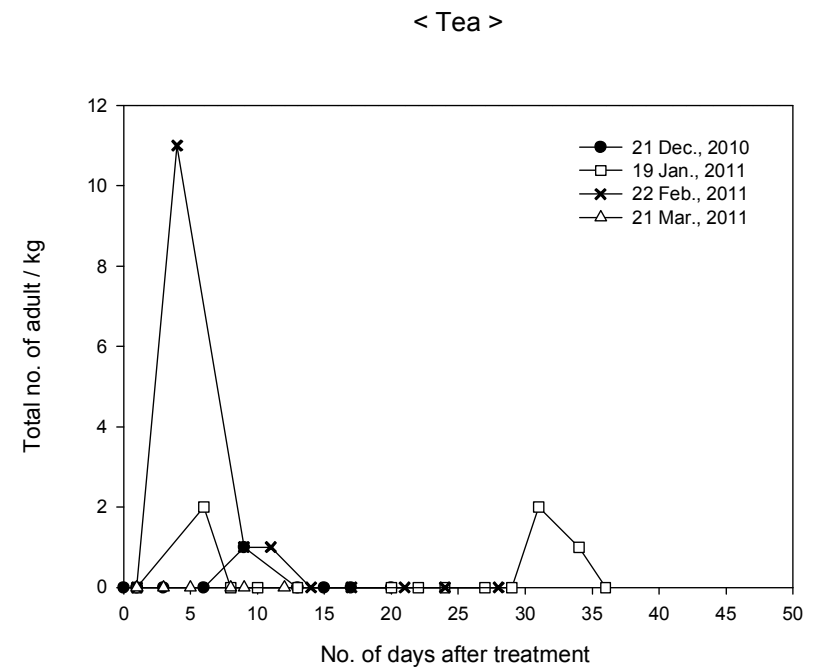
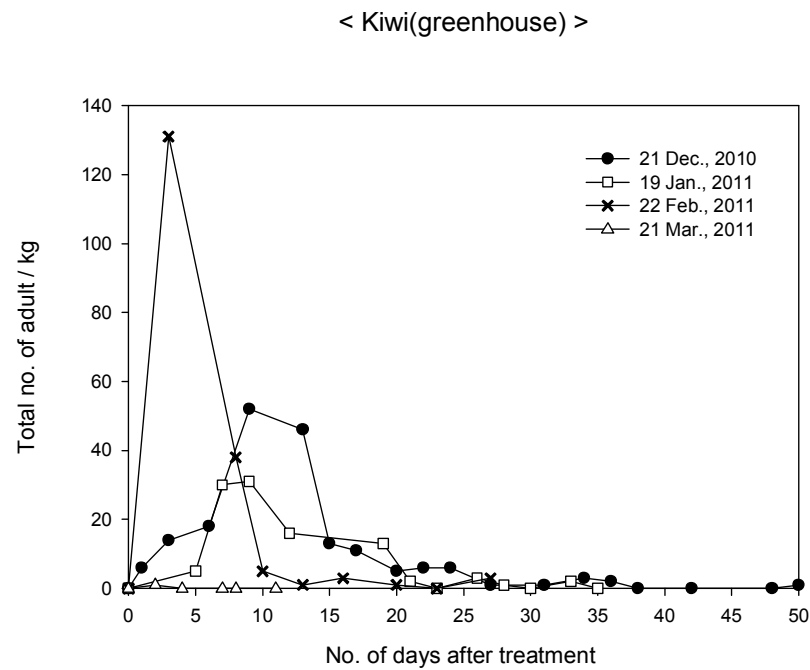


Fig. 3. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on kiwi orchard and tea farm in 2010-2011 season.

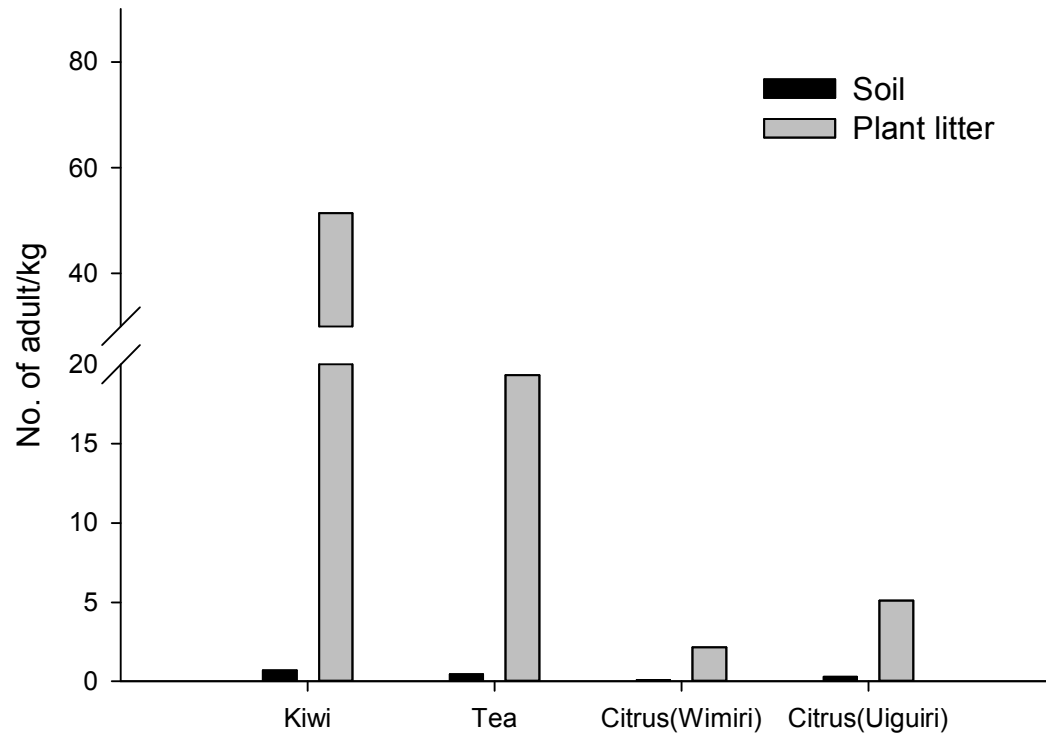


Fig. 4. The population of overwintering *Scirtothrips dorsalis* adults in soil and plant litters collected from different host plant farms in 2011-2012 season.

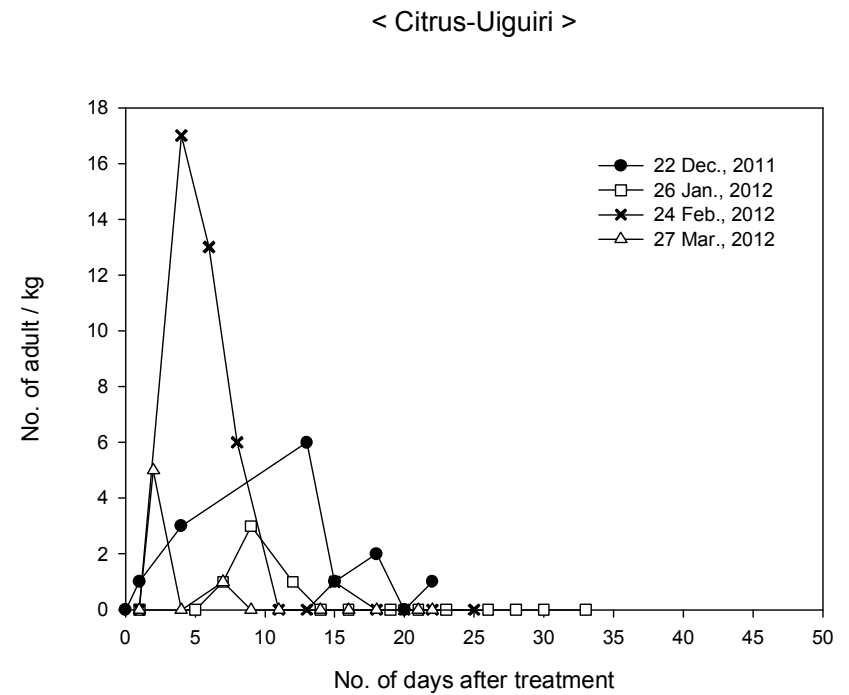
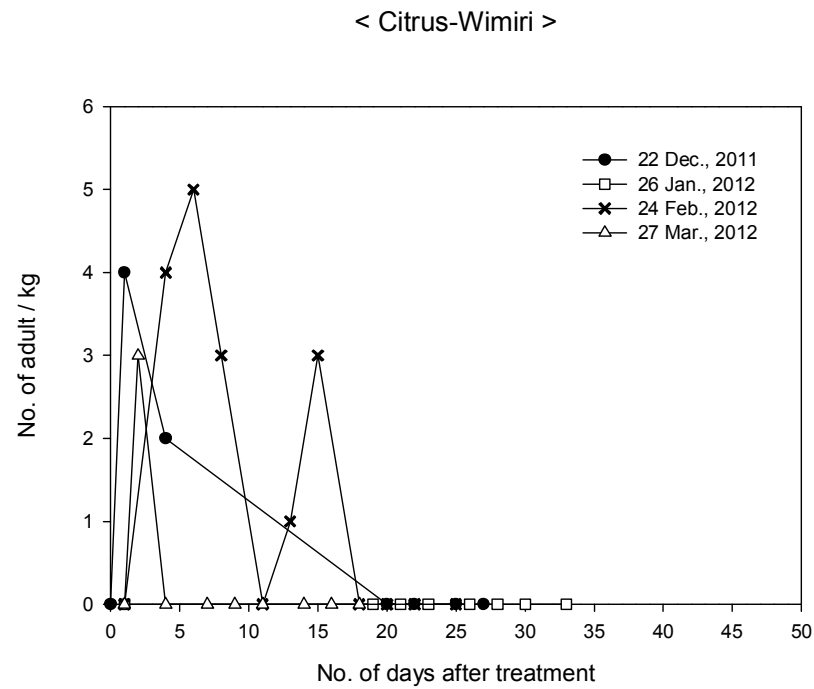


Fig. 5. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date on citrus orchard in 2011-2012 season.

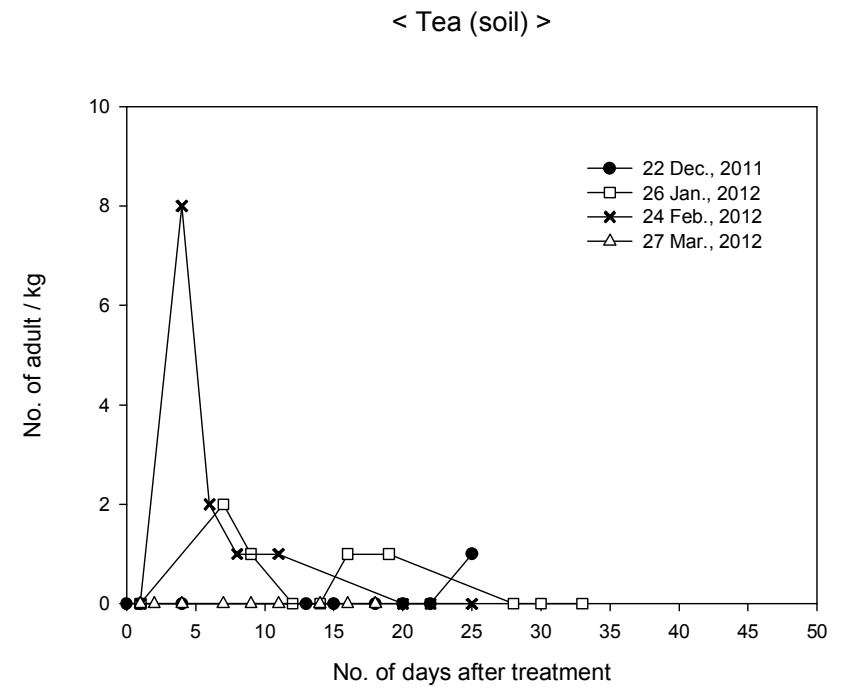
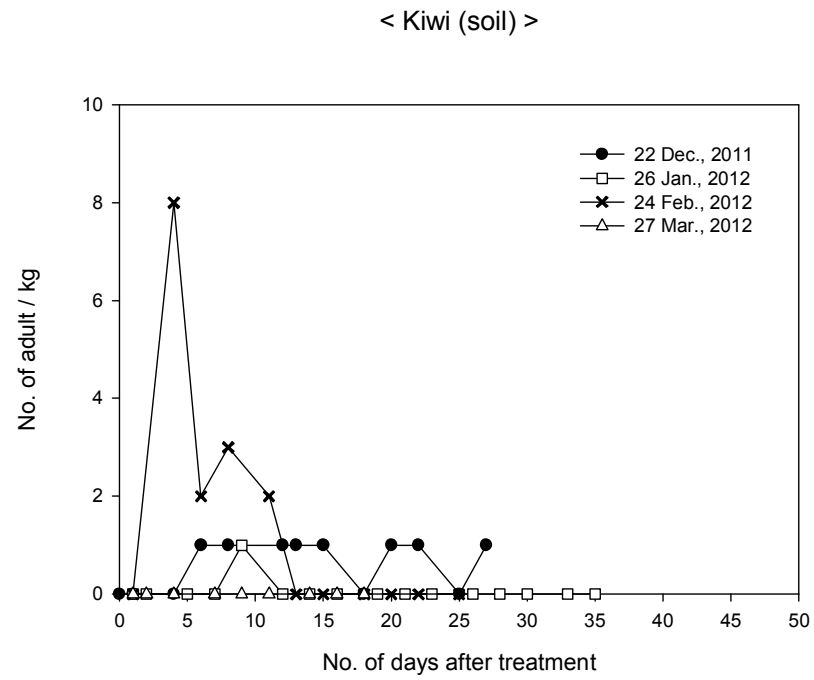


Fig. 6. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil collected in different date on kiwi orchard and tea farm in 2011-2012 season.

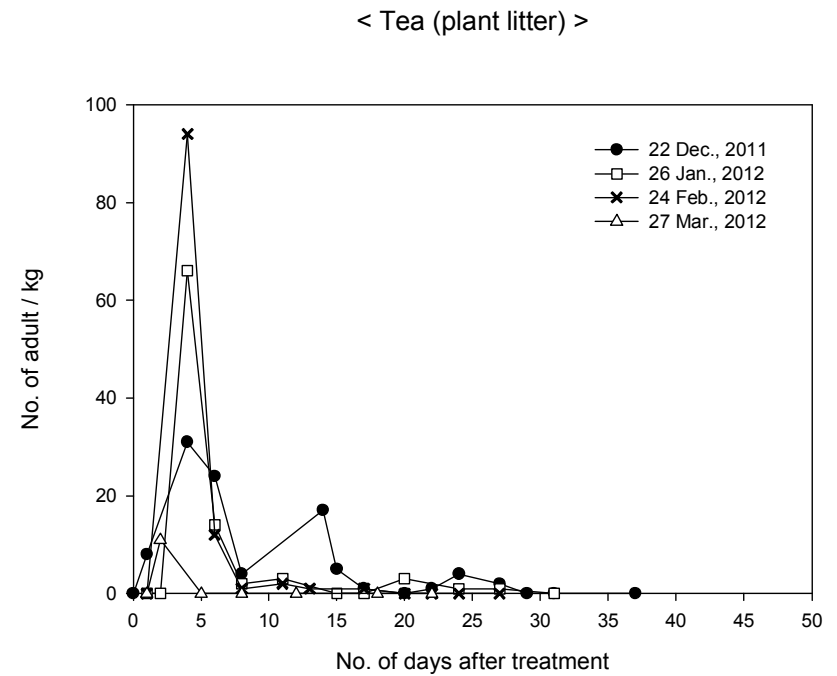
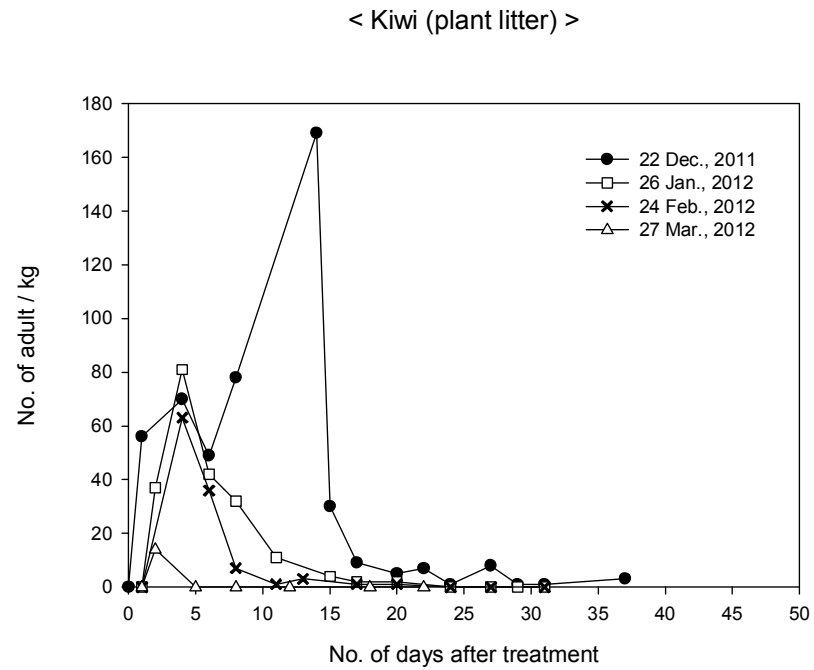


Fig. 7. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from plant litters collected in different date on kiwi orchard and tea farm in 2011-2012 season.

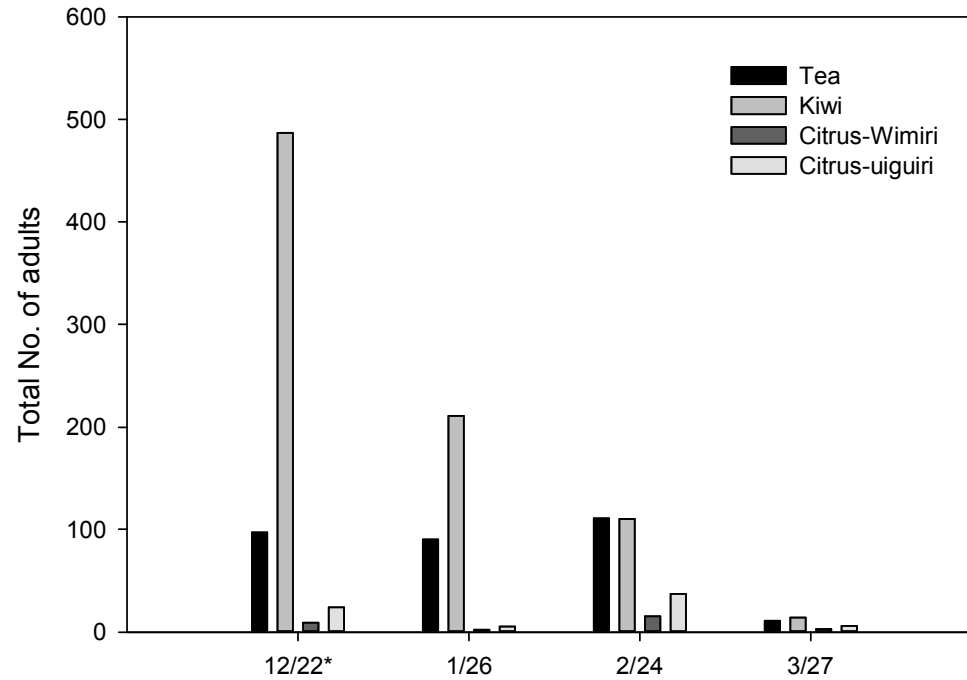


Fig. 8. Total number of *Scirtothrips dorsalis* adults caught on sticky trap emerging from soil and plant litters collected in different date in 2011-2012(* : sampling date : 2011. 12. 22, 2012. 1. 26, 2. 24, 3. 27).

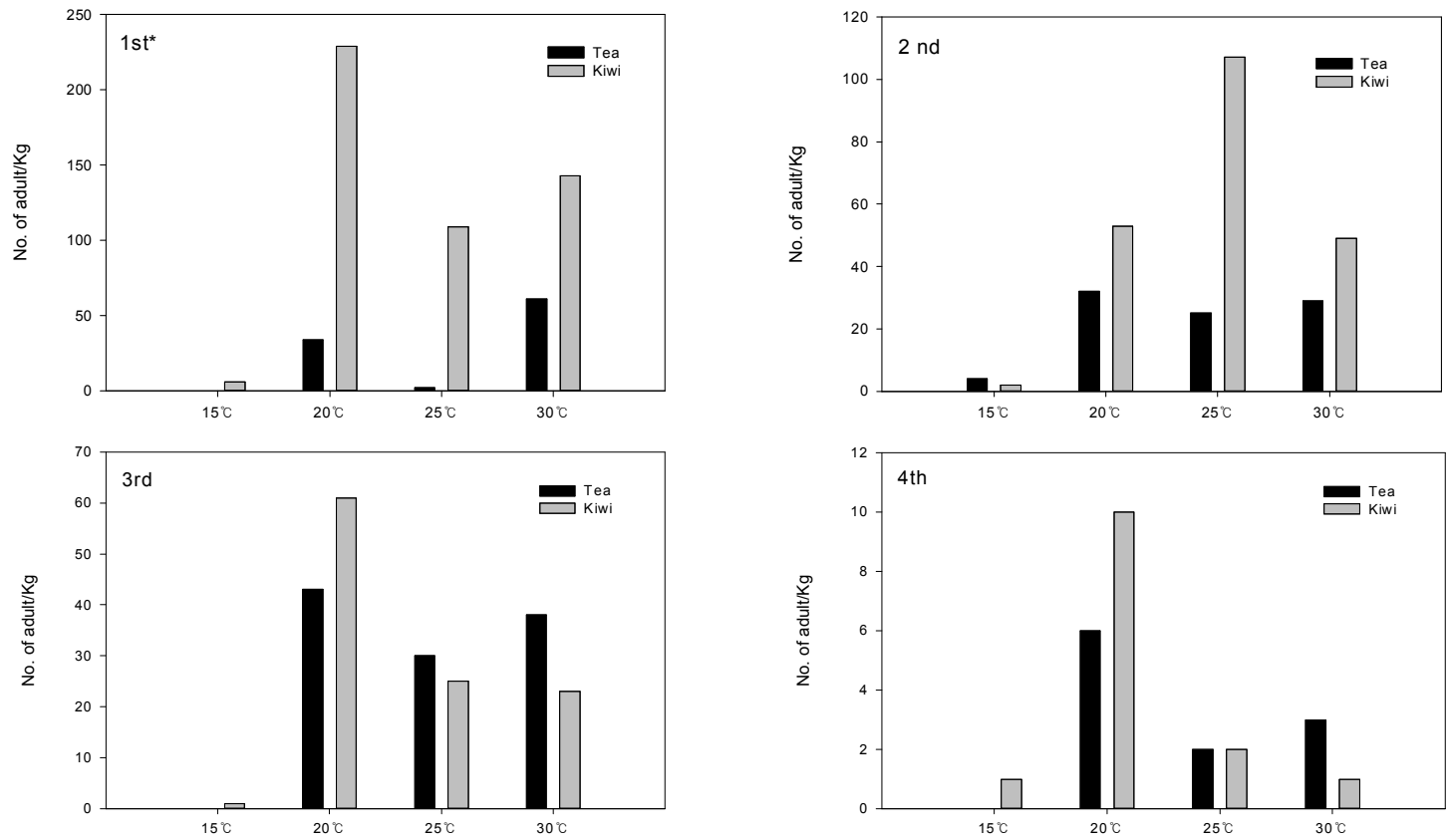


Fig. 9. The population of *Scirtothrips dorsalis* adults emerging from plant litters collected on kiwi orchard and tea farm according to the sampling dates and by treatment with several temperatures(* : sampling date, 1st : 2011. 12. 22, 2nd : 2012. 1. 26, 3rd : 2. 24, 4th : 3. 27).

2. 제주 지역별 불룩총채벌레 발생 양상 조사

2-1. 2010년 조사

2010년 지역별 정점조사를 실시한 결과를 이용하여 각 지역별 과원(북-5개소, 동-4개소, 동남-5개소, 서남-3개소, 서-4개소)(그림 10)간의 불룩총채벌레 발생 양상을 분류하기 위해 주성분분석(PCA)을 실시하였다. 그 결과 동남 2번 과원과 동남 5번 과원이 하나의 집단을 형성 하였고 동남 1번, 3번 과원이 각각 하나의 집단을 형성하였다. 그리고 나머지 모든 과원이 하나의 집단을 형성하였다(그림 11).

각 지역별 과원의 불룩총채벌레 발생 양상을 좀 더 세세하게 구분 짓기 위해 군집분석을 실시하였다. 그 결과 동남 1번과 동남 3번 과원이 하나의 소군집으로 분류되었고(E 소군집) 동 1번, 동2번, 동남 4번, 서 4번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(A 소군집). 그리고 동남 2번, 북 1번, 북 2번 과원이 또 다른 하나의 소군집을 이루었다(B 소군집). 동 3번, 동 4번, 그리고 북 4번, 서남 3번, 서 1번, 북 5번, 북 3번, 서남 1번, 서 2번 과원도 하나의 소군집을 이루었다(C 소군집). 서 3번과 서남 2번, 동남 5번도 하나의 소군집(D 소군집)을 이루어 총 5개의 소군집으로 분류 되었다(그림 12).

실제 과원에서의 불룩총채벌레 발생양상과 군집분석의 결과를 비교해 본 결과 소군집을 이루는 과원간에는 실제 불룩총채벌레 발생양상이 유사한 것을 확인 할 수 있었다. 지역별 정점조사 결과는 그 지역의 온도 및 주변환경에 따라 시기적으로 불룩총채벌레의 밀도 차이가 발생하기 때문에 발생 양상의 상호 비교를 위하여 불룩총채벌레 발생최성기를 기준으로 표준화시켰다(그림 13).

2-2. 2011년 조사

2011년 지역별 정점조사와 피해지역 세부조사를 실시한 결과를 이용하여 각 지역별 과원(지역별 정점조사 : 북-5개소, 동-4개소, 동남-5개소, 서남-3개소, 서-4개소, 피해지역 세부조사 : 키위과원-1개소, 녹차원-1개소)(그림 10)간의 불룩총채벌레 발생 양상을 분류하기 위해 주성분분석을 실시하였다.

그 결과 녹차원이 하나의 집단을 형성하였고 동남 3번과 동남 5번 그리고 키위과원이 하나의 집단을 형성하였다. 그리고 나머지 모든 과원이 하나의 집단을 이루는 것을 확인 할 수 있었다(그림 14).

각 지역별 과원의 볼록총채벌레 발생 양상을 좀더 세분화하기 위해 군집분석을 실시하였다. 그 결과 키위과원과 녹차원 그리고 동남 3번과 동남 5번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(E 소군집). 그리고 동 1번, 동 2번, 동 3번 과원 그리고 서 1번, 서남 1번, 서남 2번 과원이 하나의 소군집을 이루었으며(A 소군집), 북 3번, 북 5번, 그리고 서 3번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(B 소군집). 북 1번과 서 4번, 북 4번, 서남 3번 과원과 동 4번 과원이 하나의 소군집을 이루었으며(C 소군집) 동남 1번과 북 2번, 동남 2번, 동남 4번, 서 2번 과원이 하나의 군집을 이루었다(D 소군집)(그림 15).

지역별 정점조사와 피해지역 세부조사를 실시한 결과를 군집분석의 결과와 비교해 보았다. 실제 과원에서의 볼록총채벌레 발생 양상은 그 지역의 온도 및 주변환경에 따라 시기적으로 차이가 발생하기 때문에 발생 양상의 상호 비교를 위하여 볼록총채벌레 발생최성기를 기준으로 표준화시켰다. 소군집을 이루는 과원간에는 발생 양상의 유사성이 있음을 확인 할 수 있었으며 키위과원을 포함한 E 소군집의 발생 양상을 2008년 Masui가 제시한 볼록총채벌레 발생모형에 맞춰 세대를 구분하여 제시하였다. 그 결과 E 소군집의 경우 월동 성충세대와 나머지 6세대가 확실히 발생한 것을 확인 할 수 있었다. 이를 기준으로 나머지 A~D 소군집을 구분 해본 결과 각 군집에 따라서 일부 발생 세대가 소실되는 등 불완전한 형태를 보였다(그림 16).

2-2. 2012년 조사

2011년 지역별 정점조사와 피해지역 세부조사를 실시한 결과를 이용하여 각 지역별 과원(지역별 정점조사 : 북-5개소, 동-4개소, 동남-4개소, 서남-3개소, 서-4개소, 피해지역 세부조사 : 키위과원-3개소, 녹차원-1개소)(그림 10)간의 볼록총채벌레 발생 양상을 분류하기 위해 주성분분석을 실시하였다. 그 결과 키위과원 3곳이 하나의 집단을 형성하였고, 녹차원이 하나의 집단을 형성하였다. 그리고 나머지 모든 노지 감귤과원이 하나의 집단을 형성하였다

(그림 17).

각 지역별 과원의 볼록충채벌레 발생 양상을 좀더 세분화하기 위해 군집분석을 실시하였다. 그 결과 키위과원 3곳과 녹차원 1곳이 하나의 소군집을 이루었고(E 소군집), 동 1번과 동남 1번 그리고 동 2번과 서남 2번, 북 2번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(A 소군집), 북 1번, 북 3번, 서 1번과 서 3번 과원이 하나의 소군집을 이루었고(B 소군집), 동 3번, 동남 4번, 북 4번, 북 5번 그리고 서남 1번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(C 소군집), 동 4번, 서 2번, 서 4번, 서남 3번과 동남 2번, 동남 5번 과원이 하나의 소군집을 이루었다(D 소군집) 총 5개의 소군집으로 분류되었다(그림 18).

지역별 정점조사와 피해지역 세부조사를 실시한 결과와 군집분석의 결과를 비교해보았으며 2011년도와 마찬가지로 지역별 정점조사와 피해지역 세부조사의 결과는 표준화 작업을 진행 후 사용되었다. 소군집을 이루는 과원간에는 유사성이 있음을 확인 하였으며, 키위과원을 포함하는 E 소군집의 발생 양상을 2008년 Masui가 제시한 볼록충채벌레 발생모형에 맞춰 세대를 구분하여 제시하였다. 그 결과 E 소군집의 경우 월동 성충세대와 나머지 7세대가 확실히 발생한 것을 확인 할 수 있었다. 이를 기준으로 나머지 A~D 소군집의 발생과 비교해 본 결과 각 군집에 따라서 일부 발생 세대가 소실되는 등 불완전한 형태를 보였다(그림 19).

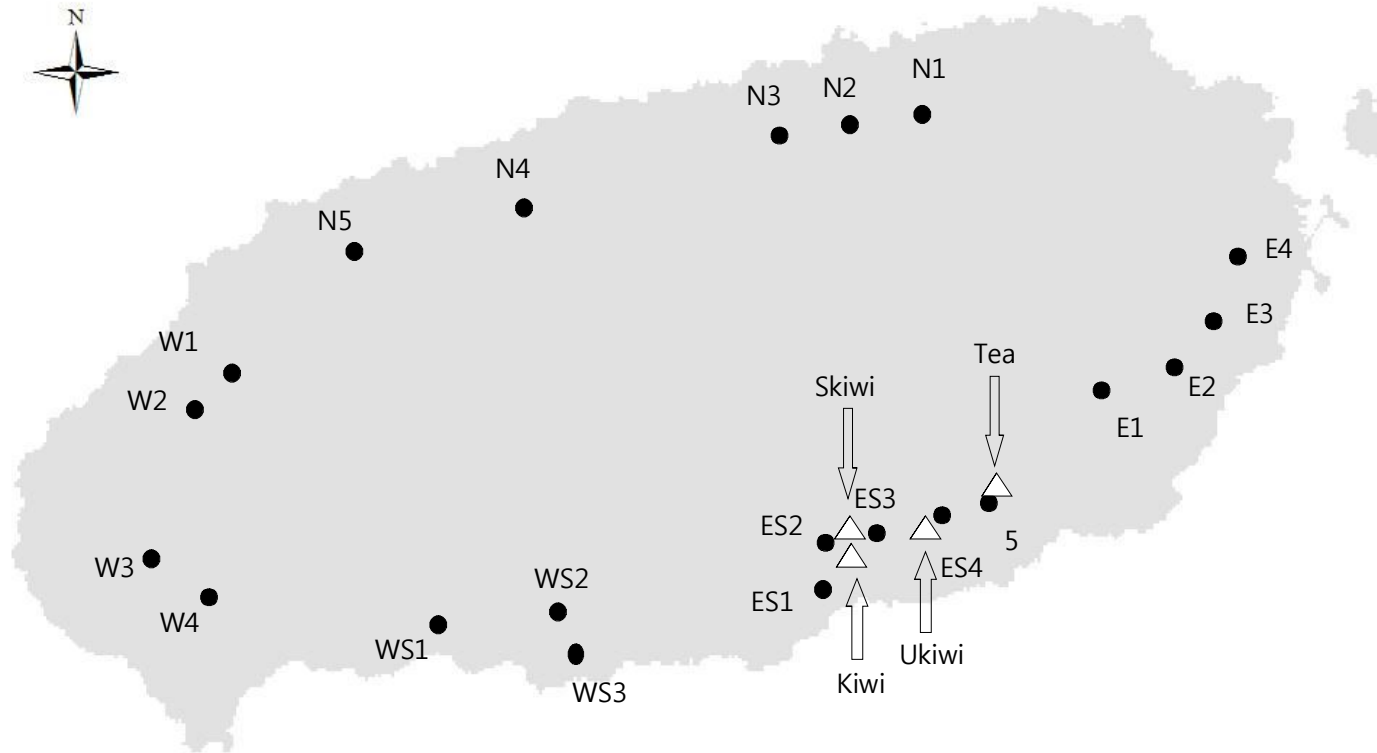


Fig. 10. The map of sampling sites of citrus orchards, kiwi orchards and tea farm in Jeju, Korea. (● : sampling sites)

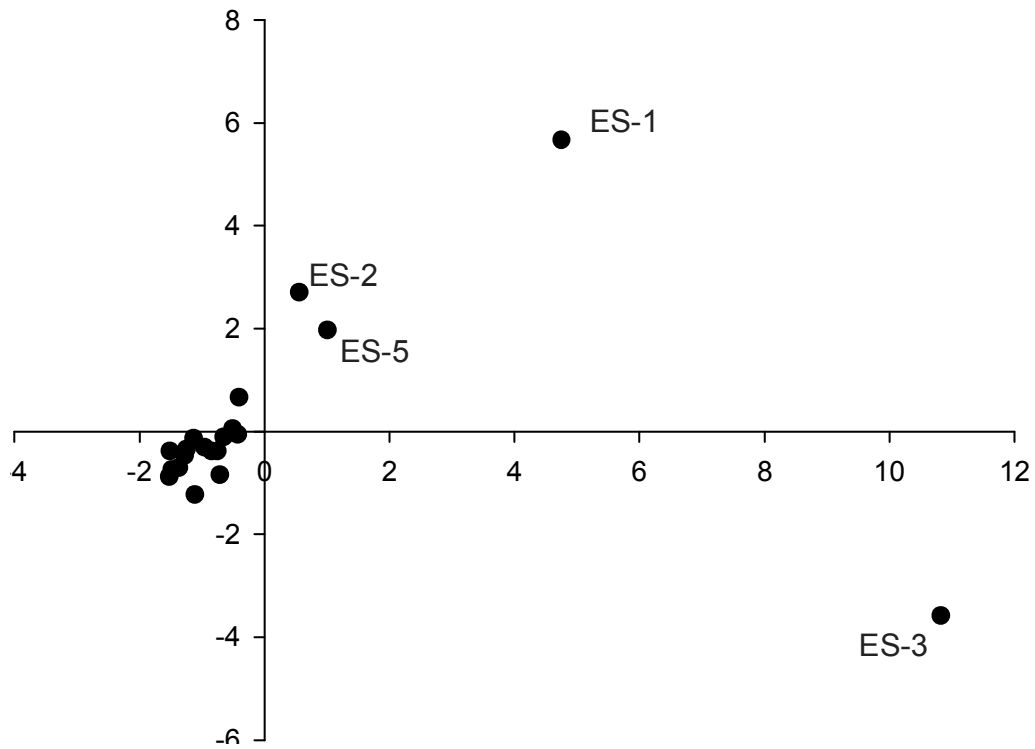


Fig. 11. Principal components analysis of 21 sites(citrus orchards) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2010.

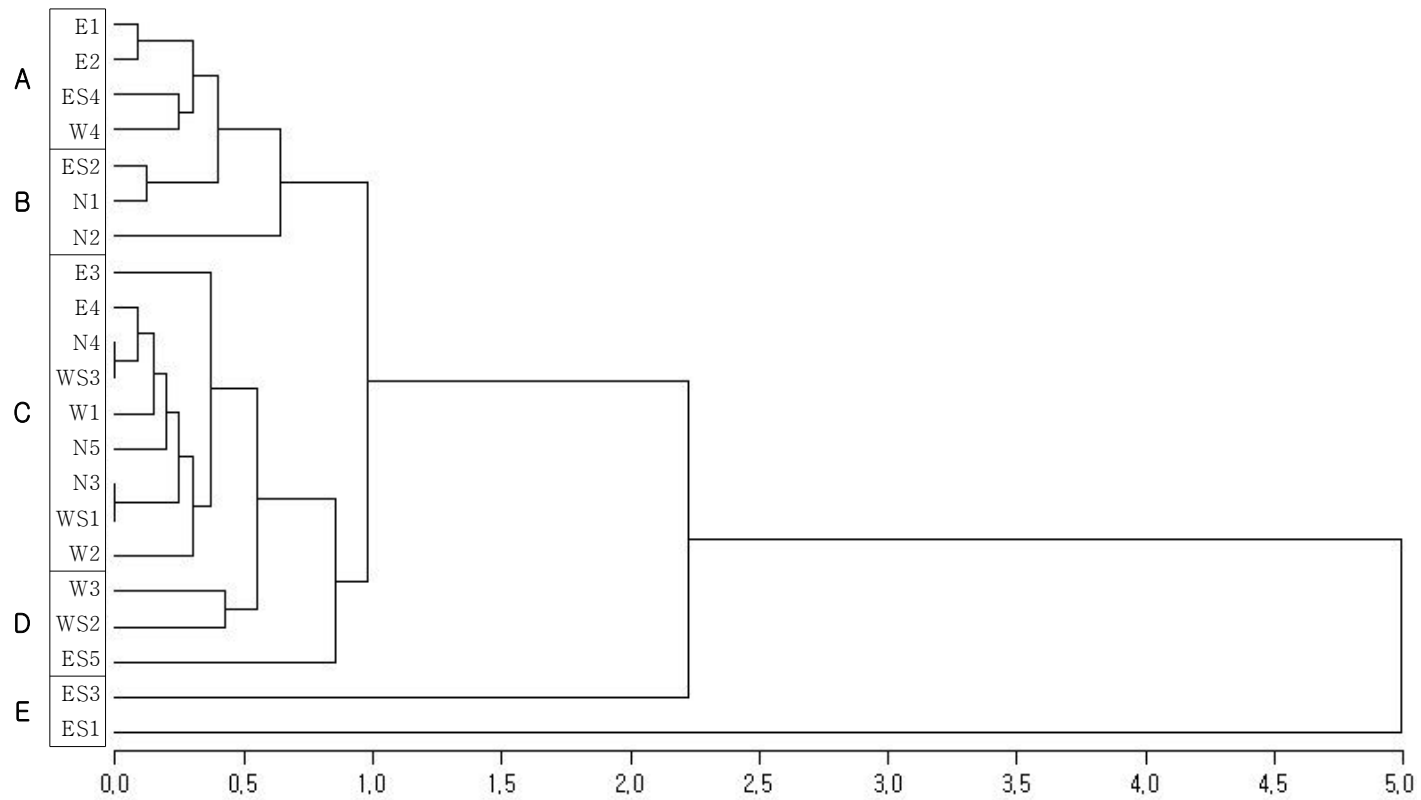


Fig. 12. Dendrogram for the cluster analysis of 21 sites (citrus orchards) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2010.

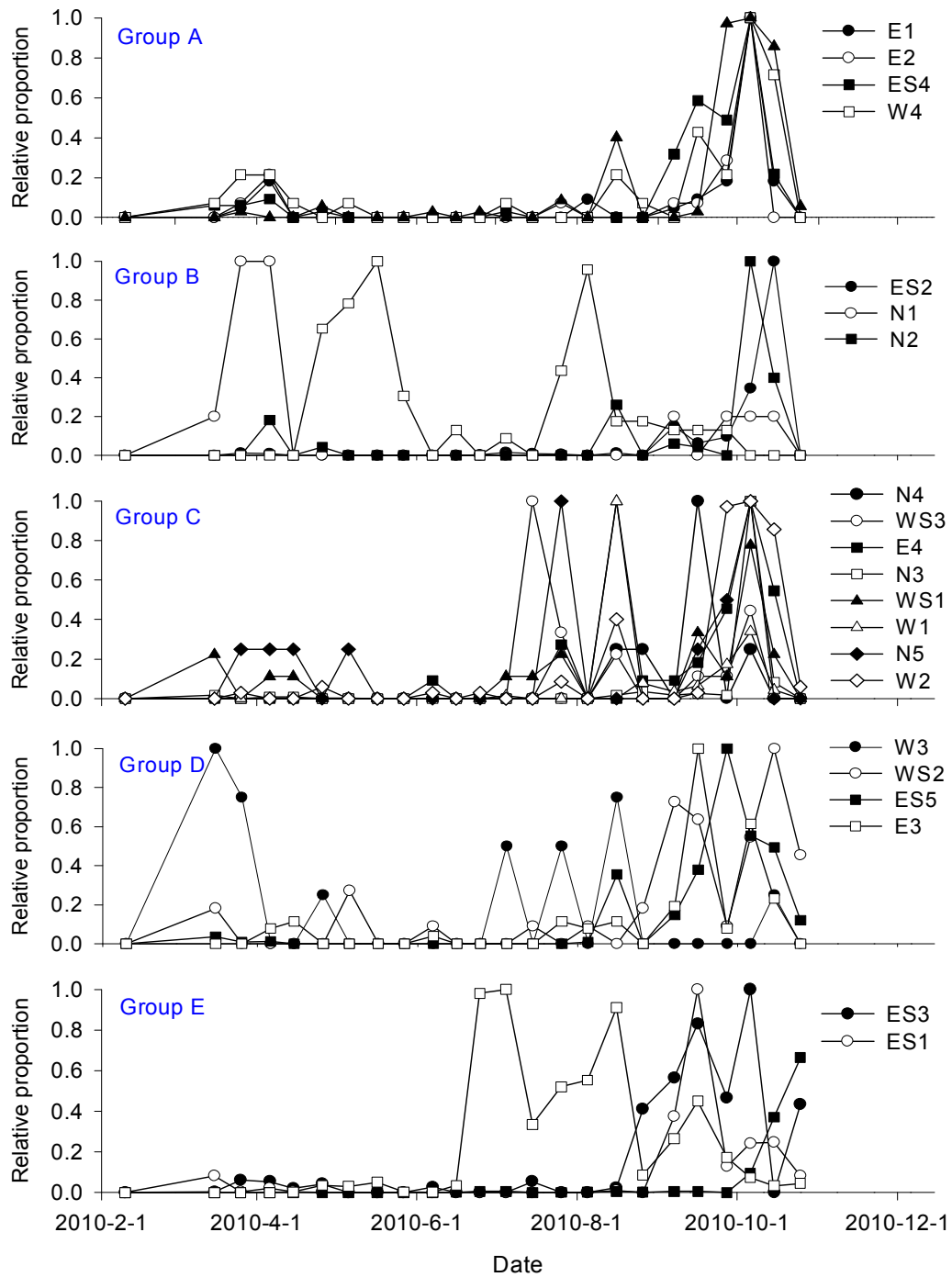


Fig. 13. The fractionized occurrence patterns of *Scirtothrips dorsalis* classified by cluster analysis in 2010.

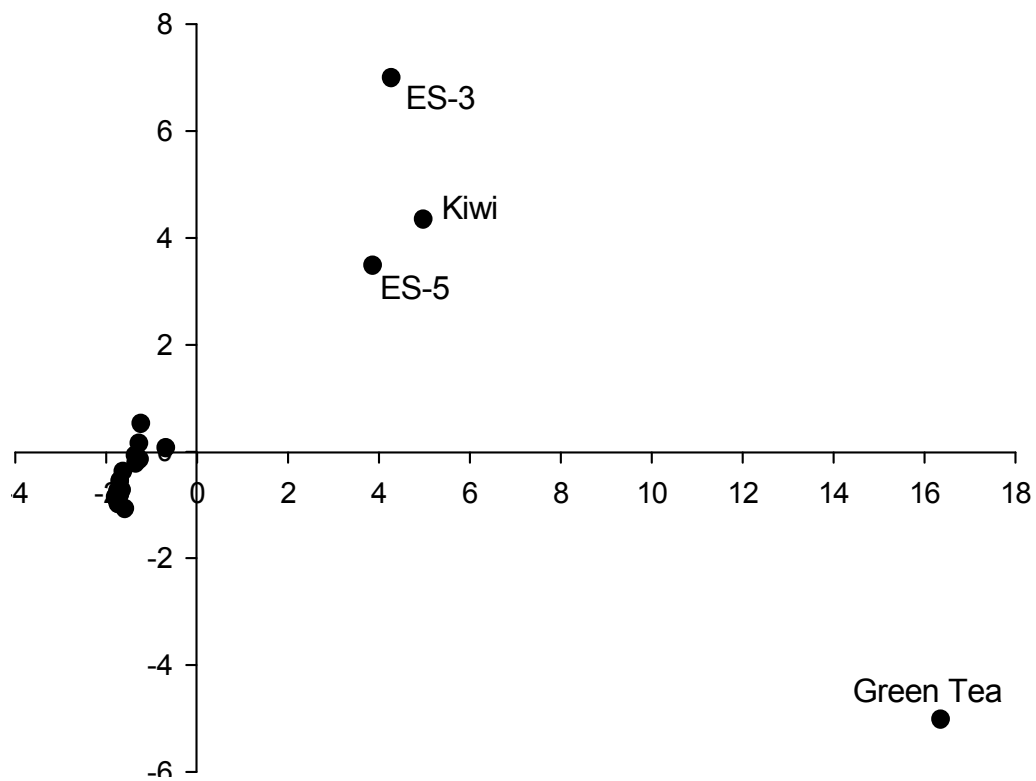


Fig. 14. Principal components analysis of 23 sites(21 citrus orchards, 1 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2011.

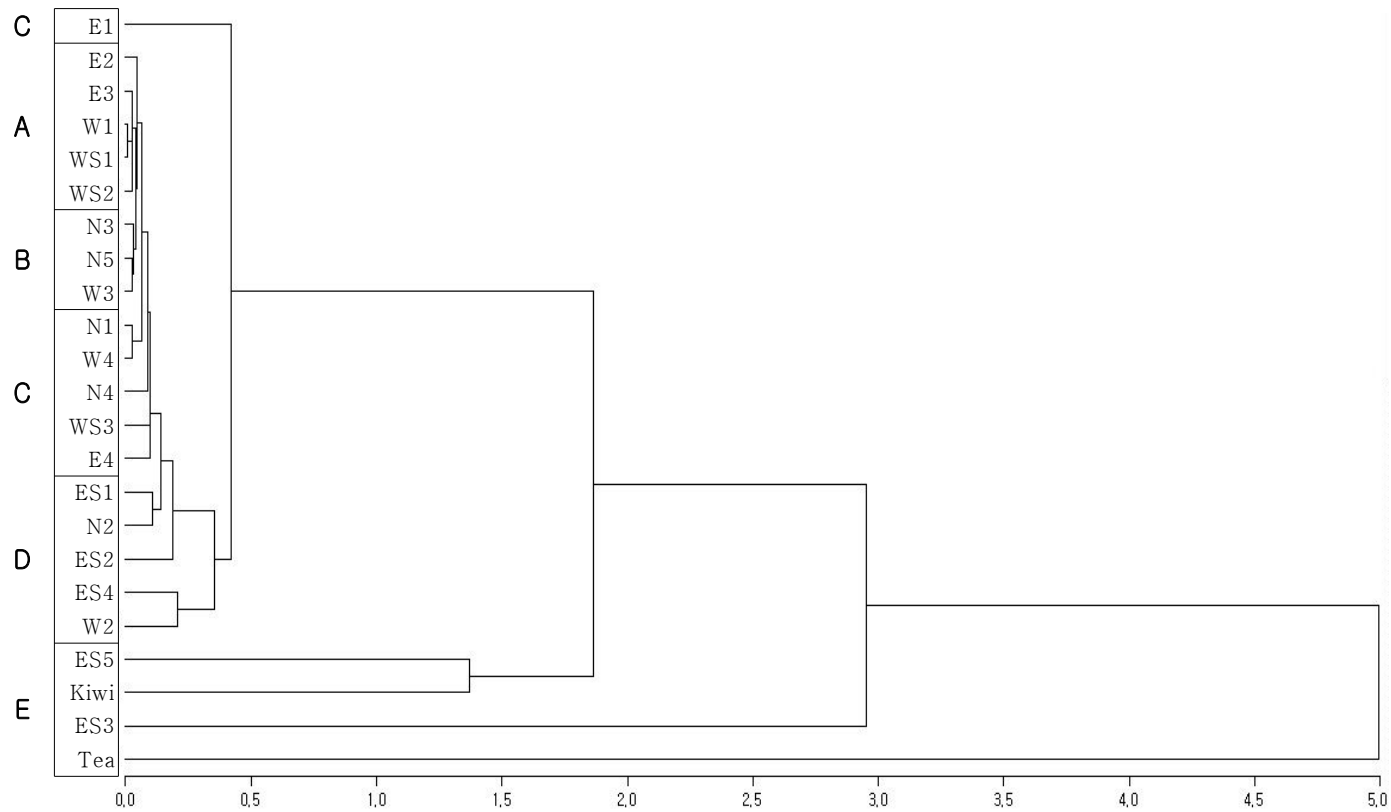


Fig. 15. Dendrogram for the cluster analysis of 23 sites(21 citrus orchards, 1 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2011.

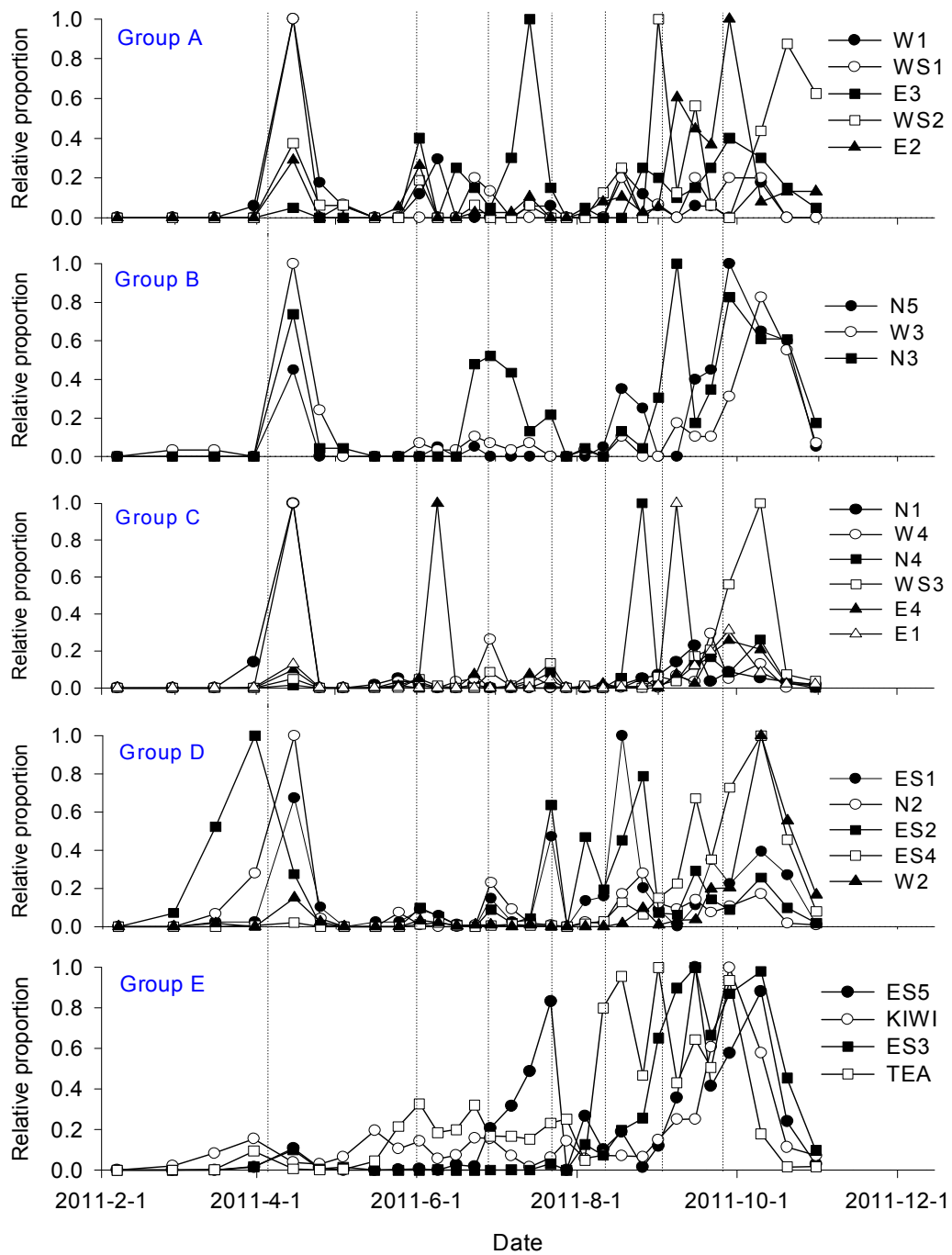


Fig. 16. The fractionized occurrence patterns of *Scirtothrips dorsalis* classified by cluster analysis in 2011.

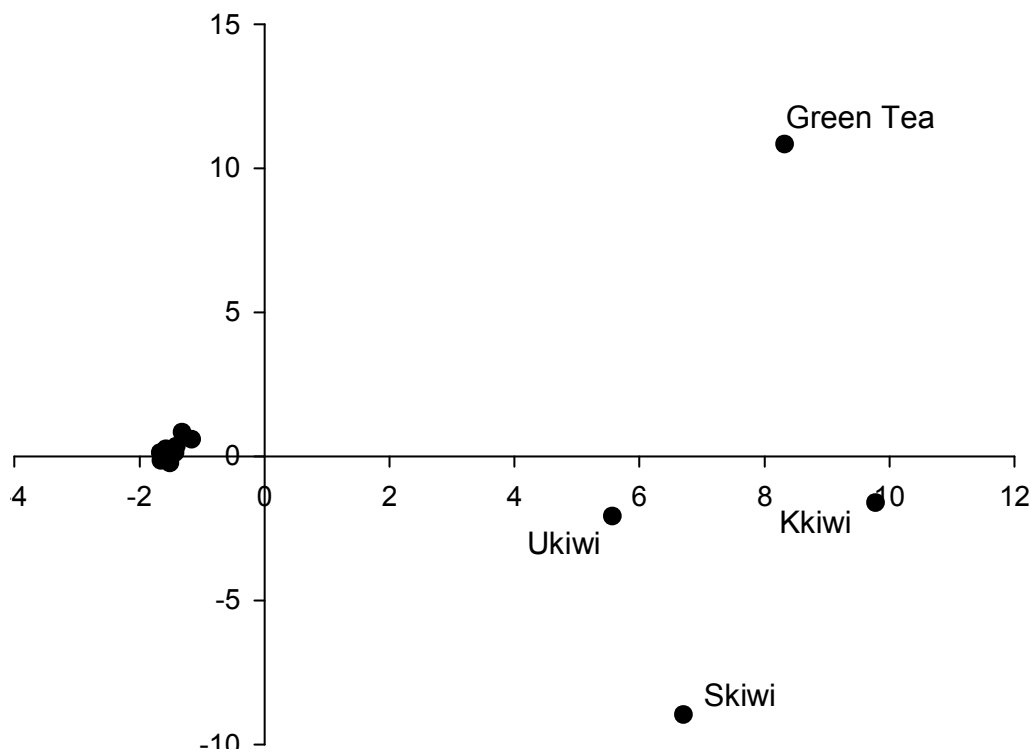


Fig. 17. Principal components analysis of 24 sites(20 citrus orchards, 3 kiwi orchards, 1 tea farm) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2012.

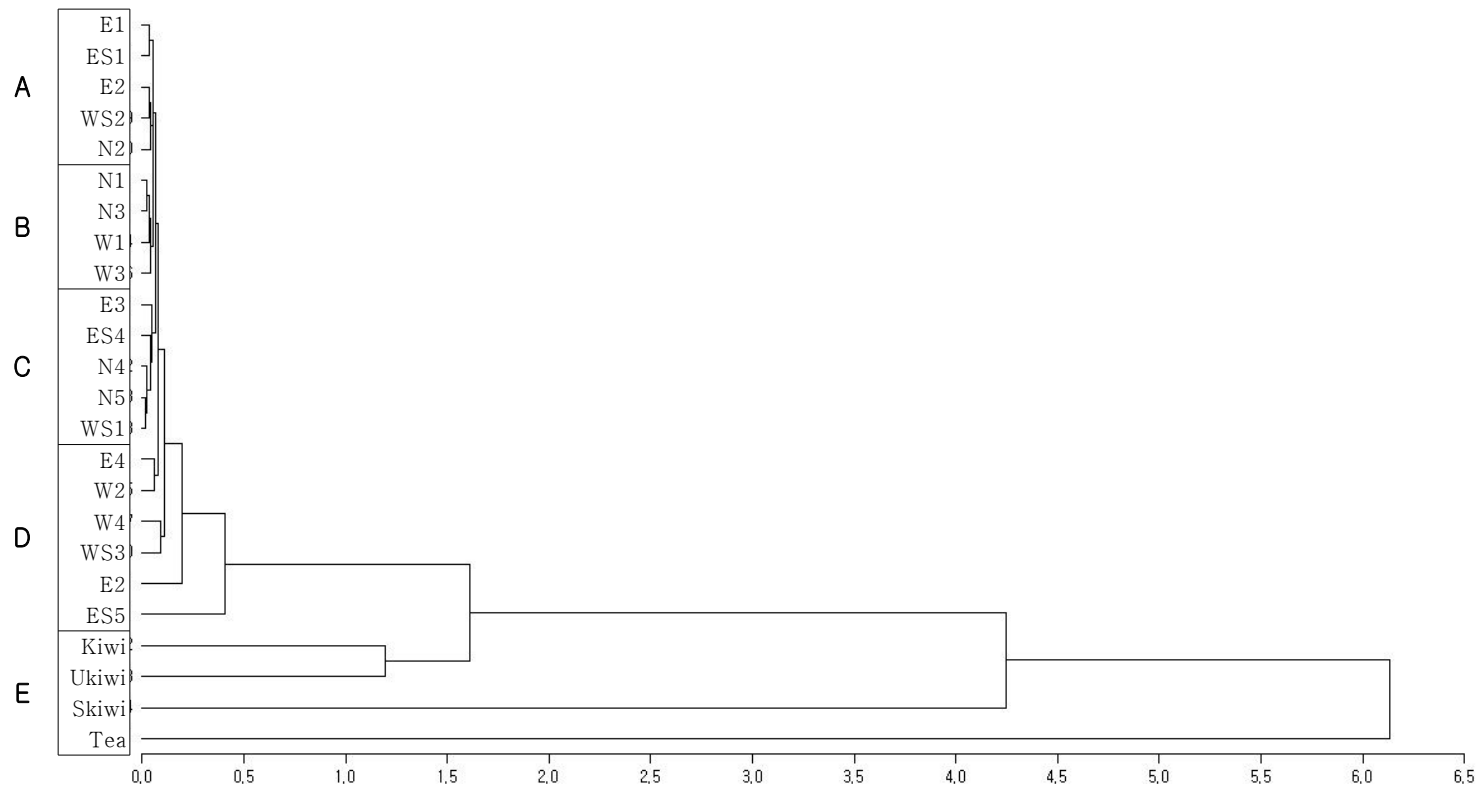
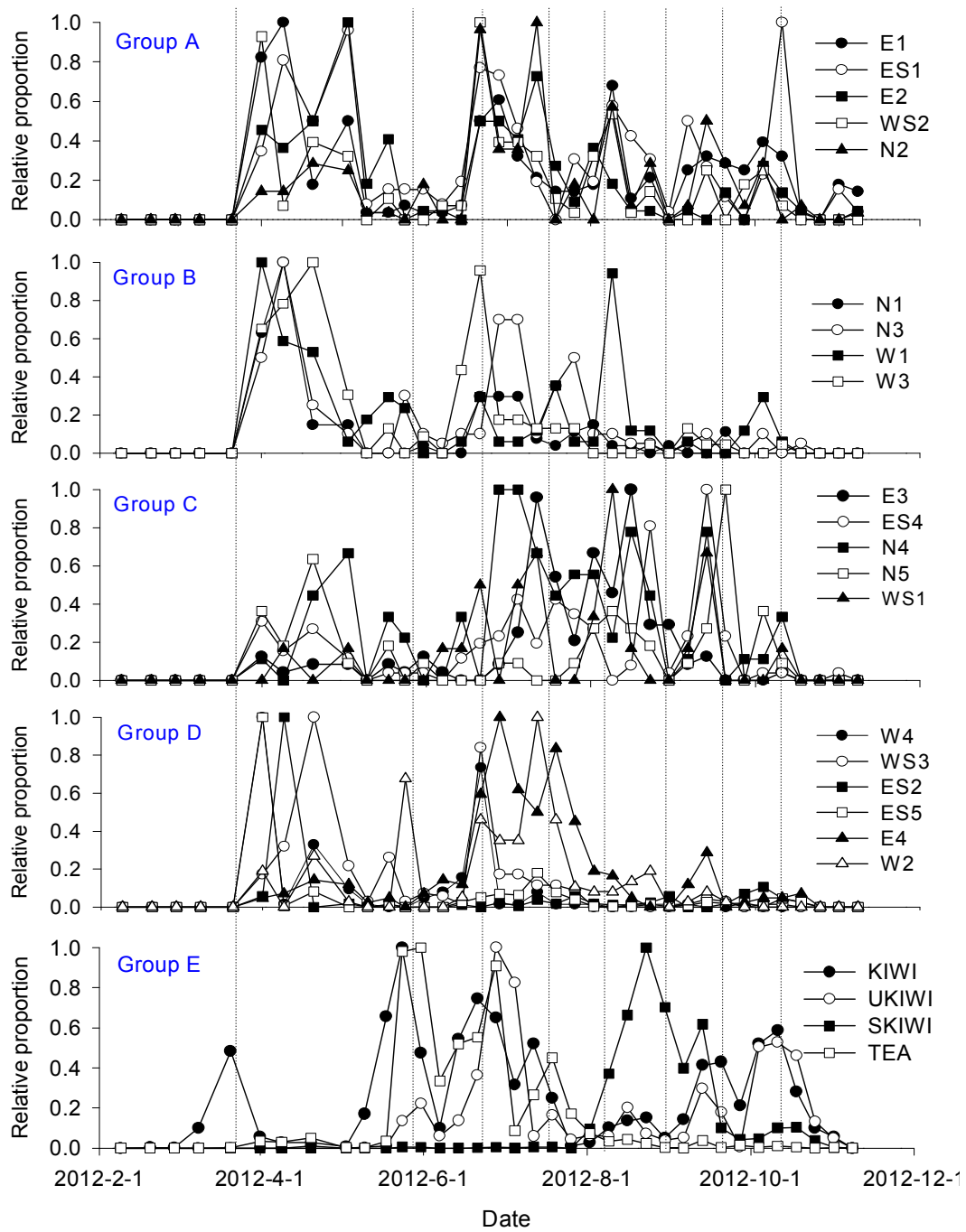


Fig. 18. Dendrogram for the cluster analysis of 24 sites(20 citrus orchards, 3 kiwi orchard, 1 tea farm) in terms of *Scirtothrips dorsalis* occurrence in Jeju, 2012.



V. 고 찰

블록충채벌레는 연간 연속적으로 발육할 수 있는 능력을 갖고 있으며, 온대지역에서 겨울철 임계온도 이하로 기온이 하강하면 대부분 비휴면 상태의 성충으로 토양 및 식물잔재물 또는 정아(apical bud)와 가지 사이 등에서 월동하는 것으로 알려져 있다(Shibao *et al.*, 1990; Okada, 1981; Okada and Kudo, 1982a). 이를 바탕으로 블록충채벌레의 월동 실험을 수행한 결과 1차 기주식물인 녹차의 눈과 가지, 잎 등에서 월동하는 것을 육안으로 관찰하였고, 녹차뿐만 아니라 2차 기주식물인 노지감귤원의 토양 및 식물잔재물에서도 월동하는 것으로 2009년 실험에서 나타났다. 이를 바탕으로 2010년 겨울 1차 기주식물인 키위와 녹차 그리고 2차 기주식물인 감귤의 토양과 식물잔재물을 채집하여 25℃ 성장실에 보관한 결과 블록충채벌레가 토양과 식물잔재물 중에서 나온 비율은 6%와 94%를 차지하였으며 1차 기주식물인 키위에서 가장 많은 월동 개체를 확인 할 수 있었고, 전체 식물잔재물 중 키위과원에서 채집한 식물잔재물에서 나온 비율이 91%에 달했다. 2011년도 월동 실험을 실시한 결과 키위과원의 식물잔재물에서 가장 많은 양의 블록충채벌레가 발생하였고 그 다음으로 녹차원의 식물잔재물에서 많은 양의 블록충채벌레가 발생하였다. 이는 블록충채벌레가 노지 감귤원에서 채집한 표본에서는 낮은 밀도로 월동한다는 것을 말하는 것이다. 즉 노지 감귤원에서 발생하는 월동 세대의 경우 주변의 1차 기주식물로부터 유입된 것을 방증 하는 것으로 판단된다.

블록충채벌레는 비휴면상태로 겨울을 지내는 것으로 알려져 있으므로 (Okada and Kudo, 1982a) 월동기간 중 대기온도가 성충의 활동이 가능한 온도 이상으로 되면 활동을 개시할 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 월동기 중 식물잔재물에서 발생된 블록충채벌레 성충은 12월 하순 채집한 표본에서는 많았으나 그 후 표본에서는 감소하여 3월 하순 표본에서는 매우 적었다(그림. 8). 즉, 이 결과는 지난해 가을 월동처로 이동한 성충이 월동 중 사망률을 감안하더라도 1월 하순에는 이미 월동처를 떠나고 있다는 사실을 보여주고 있다. 월동 후기인 2월 하순에는 약 70~80%의 성충이 식물잔재물 월동처에서 다른 곳으로 이동한 것으로 생각된다. 2011년 식물잔재물의 온도처리 결과는

15℃ 조건에서 성충의 활동이 매우 제한되는 것으로 나타났다. 이 결과로 월동중인 볼록총채벌레 성충이 15℃ 이상에서 활동을 시작한다고 결론을 내리기는 어렵다. 즉 볼록총채벌레 월동성충은 13℃에서 성공적으로 산란을 하였고, 성충수명(산란기간)에 대한 발육영점온도가 9.4℃로 보고되었기 때문이다 (Kang *et al.*, 2012). 또한 Tatara (1994)는 생육기 성충이 14.5℃에서 산란한다고 보고 하였다. 따라서 볼록총채벌레 월동성충의 온도에 대한 반응을 두 단계로 나누어 생각해 볼 필요가 있다. 즉 15℃ 이하에서도 볼록총채벌레 월동성충은 산란활동이 가능하고 기어서 근거리 이동이 가능하다. 하지만, 중장거리 이동을 위한 비산행동은 15℃ 이상에서 일어날 수 있다. 종합하여 판단하면, 식물잔재물에서 월동 중인 볼록총채벌레 성충은 대기온도가 어느 임계 온도(약 9.4℃) 이상이 됨에 따라 지면과 접촉하고 있는 초본성 기주식물로 이동하여 활동을 시작했을 것이다. 하지만, 이때는 비산을 위한 온도조건이 충족되지 않았기 때문에 끈끈이트랩에는 잘 유살되지 않는다. 실제로 식물잔재물을 채취한 과원에 설치한 끈끈이트랩에서 처음 포획된 날은 2011년 2월 23일 발생하였다. 이 날의 일최고기온은 16.1℃로 15℃를 초과하였고, 이후 이러한 고온이 지속됨에 따라 성충 포획수가 증가하였다(그림 20).

2010년과 2011년 채취한 식물잔재물에서 나오는 볼록총채벌레 성충의 발생최성기까지 기간은 채집시기가 12월에서 다음해 3월로 갈수록 크게 감소하였다. 이 결과는 볼록총채벌레가 비휴면 휴지상태로 월동한다고 하더라도 환경조건이 개선되면 곧바로 활동을 시작하는 것은 아니라는 것을 의미한다. 보통 생리적 휴면을 하는 곤충에서 휴면의 깊이로 인하여 휴면을 완전히 종료하지 않은 상태에서 가온처리를 하면 휴면 후 발육기간이 증가하는 현상이 나타난다(Kim *et al.*, 2009). 따라서 볼록총채벌레가 겨울기간 중 비휴면 상태로 있는지 또는 부분적인 휴면상태로 있는지 구명하기 위한 향후 연구가 필요할 것이다.

주성분분석에서 대부분의 감귤원은 단일집단을 형성하였으며 키위 또는 녹차원이 독립된 집단을 형성하였다. 키위와 동일한 집단을 형성한 감귤원은 볼록총채벌레의 피해가 심한 과원으로 구성되어 있었다. 키위나 녹차원 자료가 포함되지 않은 2010년 주성분분석 결과에서 ES3과 ES1은 다른 감귤원

과는 분리되었는데, 이들 감귤원에서 볼록총채벌레의 피해가 심하였다. 주성분 분석에서 얻은 과원 간의 볼록총채벌레 발생양상의 특성은 군집분석을 통하여 더욱 세분화할 수 있었다. 녹차나 키위를 포함하는 군집은 감귤원 군집들과 유사도(Euclydean distance)가 멀어서 다른 군집으로 분리되었다. 군집분석 결과의 특징은 키위와 녹차원 군집이 다른 군집을 포괄하고 있다는 점이다. 또한 적산온도를 이용한 볼록총채벌레 발생세대 추정모형(Masui, 2008)을 적용한 결과 녹차와 키위 군집에서 6~7세대의 발생최성기가 완전히 나타났고, 감귤원 군집에서는 일부세대가 소실되는 불완전한 형태를 보여주었다. 따라서 녹차와 키위 군집이 다른 군집들과 상대적으로 유사성이 적고 다른 군집을 포괄하면서 연결되는 것은 감귤 군집들에서 발생세대의 일부가 소실되어 키위와 녹차 군집과는 유사성의 차이가 발생되었기 때문으로 해석된다. 즉 녹차와 키위 포함군집은 일종의 원형(prototype)으로서 여기서부터 감귤을 포함하는 군집들이 파생되었음을 알 수 있다. 감귤은 볼록총채벌레의 생활사를 완성할 수 없는 2차 기주식물이고(Tatara, 1994; Nietschke, 2008), 본 연구 결과와 같이 월동밀도가 매우 낮게 형성되고 있는 점으로 보아 감귤원에서 끈끈이트랩에 유살되는 개체군은 인접한 다른 기주식물(키위, 녹차 등 1차 기주식물)로부터 유래한 것으로 유추할 수 있다. 일본 감귤원에서 볼록총채벌레 피해는 주변 기주식물에서 증식한 성충이 비래하여 유발하는 것으로 보고된 바 있다(Ohkubo, 2001; Masui, 2007a). 실제 제주 감귤원에서 볼록총채벌레 피해가 심한 경우는 주변에 키위 등 1차 기주식물이 풍부한 곳이었다.

볼록총채벌레 피해가 심했던 감귤원에서는 6월 하순과 8월 하순 끈끈이트랩 유살량이 키위과원에서보다 훨씬 높았다(그림 21). 키위과원에서는 잎이 과번무하는 것을 방지하기 위하여 6월부터 수시로 순정리를 실시하는 재배법을 적용한다. 따라서 이 시기부터 볼록총채벌레가 이용할 수 있는 먹이자원이 부족하기 때문에 집중적으로 비산하는 것으로 보인다. 따라서 감귤원 주변에 녹차나 키위 등 볼록총채벌레의 1차 기주식물이 있는 경우는 성충의 비래를 잘 예찰하여 철저한 방제대책의 수립이 필요할 것이다.

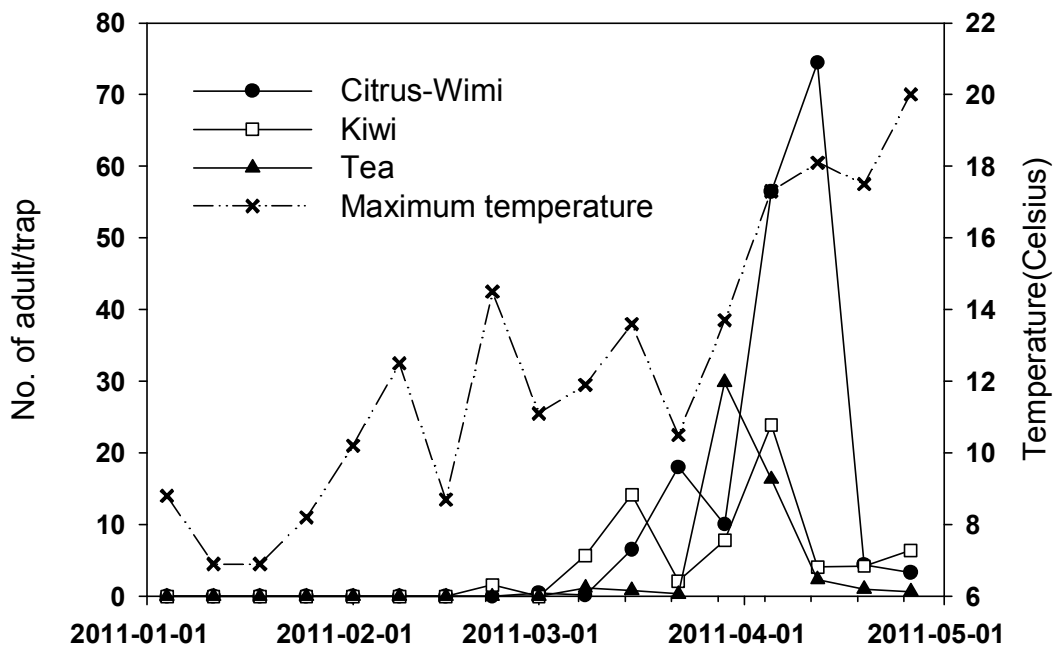


Fig. 20. Flight activity of *Scirtothrips dorsalis* adults in the early season in relation to daily maximum air temperature in 2011

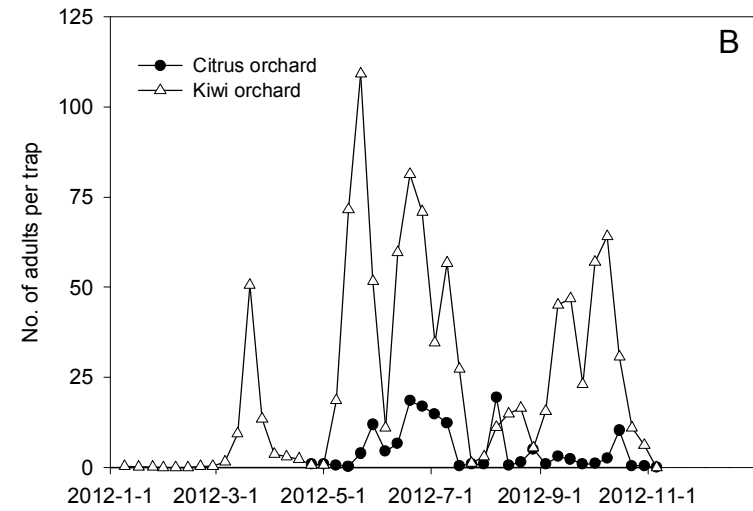
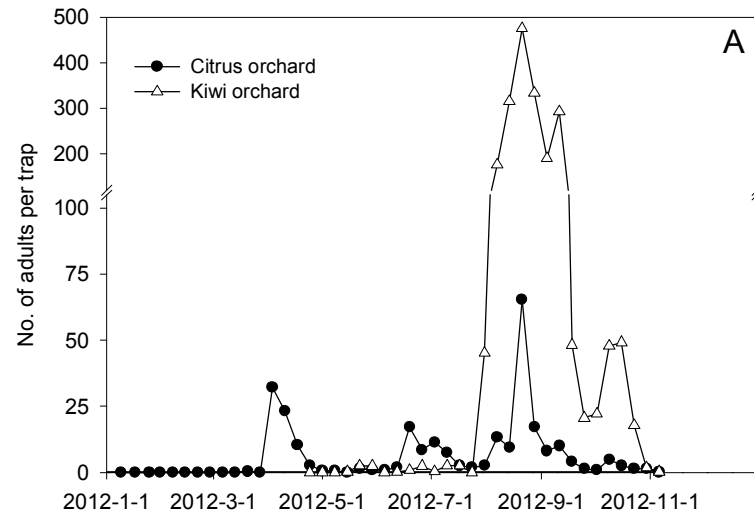


Fig. 21. Flight activity of *Scirtothrips dorsalis* in citrus-kiwi adjacent orchards in 2012.(A : The Skiwi orchard, B : The kiwi orchard)

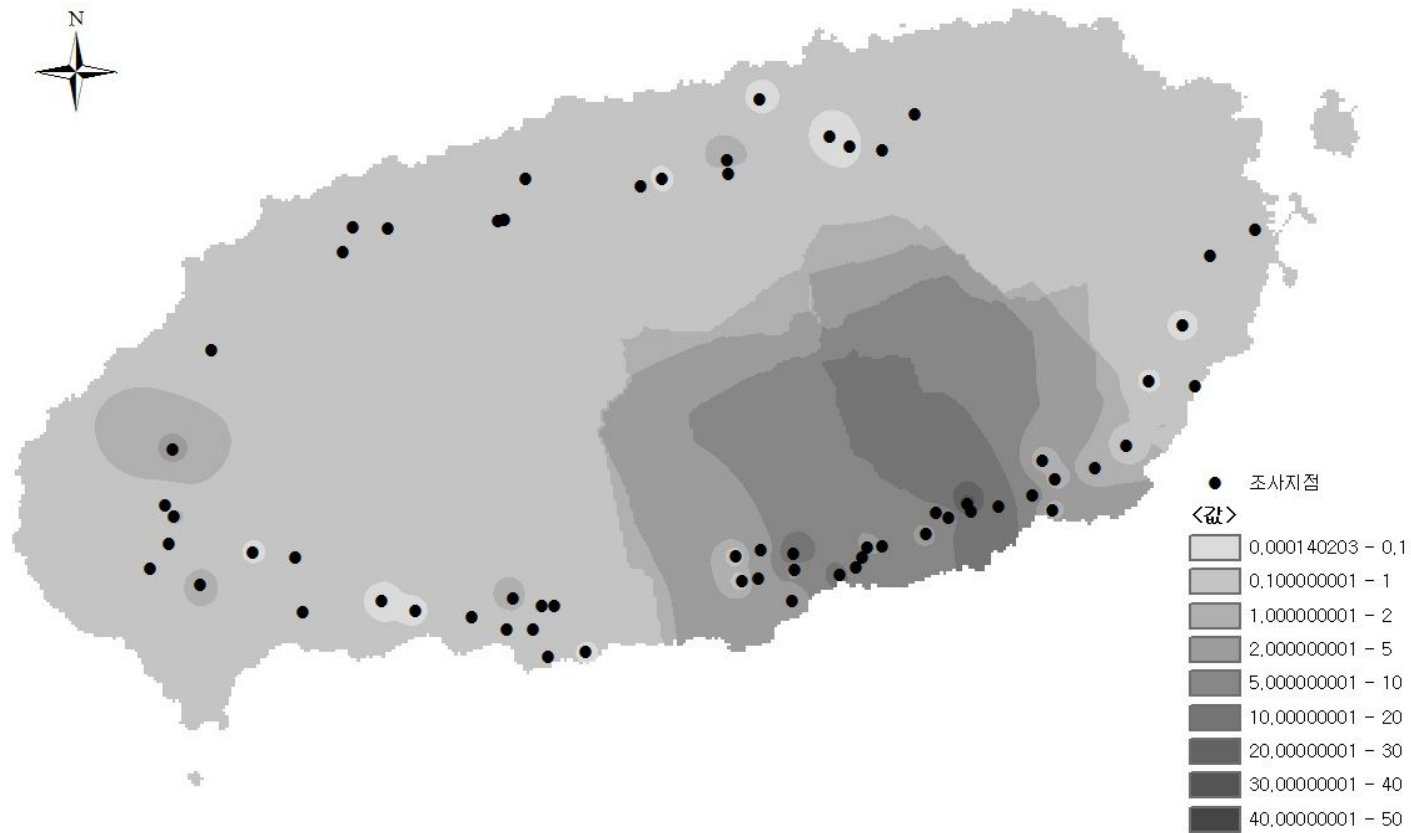


Fig. 22. GIS-based map showing the degree of damage caused by *Scirtothrips dorsalis*. The degree of damage was accumulate from 2009 to 2012. The surveyed orchards were indicated as solid circle.

적 요

블록총채벌레는 동남아시아 아열대 및 열대기후의 감귤에서 관건해충(key pest)으로 취급되고 있으며, 미국에서도 최근 유입되어 정착단계에 있다. 미국 APHIS는 2004년부터 블록총채벌레를 가장 위험한 외래해충 중 하나로 분류하였고, 지구온난화에 따라 발생이 증가할 수 있는 해충으로 추정하고 있다. 제주도 감귤원에는 국지적인 피해를 보이다가 2007년 서귀포시 남원읍에서 피해가 보고되었고 2009년~2012년 까지 그 피해가 증가하는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 블록총채벌레의 월동 양상과 제주도내 지역별 발생 양상을 조사하고 감귤원 주변 기주식물과의 관계를 구명하여 감귤원에서의 블록총채벌레 관리 전략을 수립하고자 하였다.

1차 기주식물인 키위와 녹차, 2차 기주식물인 감귤에서의 블록총채벌레 월동양상을 비교해본 결과 블록총채벌레는 1차 기주식물인 키위와 녹차의 토양과 식물잔재물에서에서 더욱 많이 월동 하였고, 그 중 식물잔재물에서의 월동 비율이 훨씬 높았다. 블록총채벌레가 가장 많이 발생한 키위과원과 녹차원의 식물잔재물을 온도별로 처리한 결과 15℃ 이상의 온도에서 월동 개체가 활동을 시작하는 것을 확인 할 수 있었다.

제주 지역별 블록총채벌레 발생 양상을 조사한 결과 1차 기주식물인 키위와 녹차에서의 발생 양상은 노지감귤원의 블록총채벌레 발생 양상과는 달랐으며 연간 6~7세대가 완전히 출현하였다. 하지만 감귤원에서는 월동 성충이 늦게 발생하거나 일부 성충세대들이 출현하지 않았다. 이는 제주도내 노지감귤원에서는 블록총채벌레가 월동도 하지 않으며 성충이 발생하더라도 다음 세대로 계속 연속하여 발생할 수 없음을 나타냈다. 즉 1차 기주식물인 키위와 녹차의 재배지에서 발생한 블록총채벌레 개체군이 그 기주식물의 이용이 불가능해질 때 비산하여 주변의 다른 감귤원 등 다른 기주식물로 이동한다는 것을 알 수 있었다.

키위과원의 경우 6월 이후 최적의 엽면적지수를 유지하기 위해 과번무한 새순을 정리한다. 이는 블록총채벌레가 새순을 이용하지 못하게 하는 요

인으로 작용하고 주변의 감귤원과 같은 기주식물로 이동하는 계기가 될 수 있다.

그러므로 볼록총채벌레가 많이 발생하는 1차 기주식물의 재배지 인근 감귤원에서는 끈끈이트랩을 이용하거나 육안으로 관찰하는 등 예찰에 더욱 힘을 써야겠으며 볼록총채벌레 밀도가 높아질 경우 감귤원과 그 주변 기주식물 재배지도 함께 방제하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

VI. 인용 문헌

- APHIS. 1994. NPAG Data: *Scirtothrips dorsalis* chilli (Assam) thrips. USDA-APHIS-PPQ, Center for Plant Health Science and Technology, Raleigh, NC.
- Brown S.H. and L.S. Osbourne. 2008. Chilli Thrips (*Scirtothrips dorsalis*): A Landscaper's Guide. University of Florida. IFAS.
- CABI. 2005. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK, CAB International.
- Dev, H.N. 1964. Preliminary studies on the biology of the Assam thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, on tea. Indian Journal of Entomology 26: 184-194.
- EPPO/CABI. 2003. *Scirtothrips dorsalis*. Data Sheets on Quarantine Pests. In: Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. No. 142. CAB International, Wallingford, UK.
- Hajar, P, A.M. Masood and D.S. Kim. 2012. Oviposition model of *Scolothrip slongicornis* fed on two-spotted spider mite. J. Insect Sci. (in press).
- Hilbert, D.W. and J.A. Logan. 1983. Empirical model of nymphal development for migratory grasshopper, *Meldnoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae). Environ. Entomol. 12: 1-5.
- Hodges, G., G.B. Edwards and W. Dixon. 2005. Chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) A New Pest Thrips for Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Service, Department of Primary Industries. On-line publication at <http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/ento/chillithrips.html>

- Holtz, T. 2006. NPAG (New Pest Advisory Group) Report, *Scirtothrips dorsalis* Hood: Chilli Thrips. 7 pp. USDA-APHIS-PPQ, Center for Plant Health Science and Technology, Raleigh, NC.
- Hyun, J.W. 2008. Survey for citrus pests, pp. 551-565. *In* Annual Research Report for 2008, Jeju citrus Research Station, RDA, Jeju, Korea (in Korean).
- Jandel Scientific. 1996. TableCurve 2D. Automated curve fitting and equation discovery: version 4.0. Jandel Scientific, San Rafael, CA.
- Jeon H.Y., D.S. Kim, M.R. Cho, M.S. Yiem and Y.D. Chang. 2000. Recent status of major fruit tree pest occurrences in Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41: 607-612 (Korean with an English Abstract).
- Kang S.H. 2012. Oviposition Model for Overwintered Females of *Scirtothrips dorsalis* and Its Field Validation. Jeju National University.
- 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: 267-274.
- Kim, D.S., J.H. Lee and M.S. Yiem. 2001. Temperature-dependent development of *Carposina sasakii*(Lepidoptera: Carposinidae), and its stage emergence models. *Environ. Entomol.* 30: 298-305.
- Kim, D.S. and J.H. Lee. 2003a. Oviposition model of overwintered adult *Tetranychus urticae*(Acari: Tetranychidae) and mite phenology on the ground cover in apple orchards. *Exp. Appl. Acarol.* 31: 191-209.
- Kim, D.S. and J.H. Lee. 2003b. Oviposition model of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae). *Eco. Model.* 162: 145-153.
- Kim, D.S, K.S. Choi, Y.S. Jang and J.H. Song., 2009. The effects of elevated temperatures on the population phenology and abundance of

- citrus pests in Jeju, Korea. International Symposium on Climate Change and Insect Pest, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju, Republic of Korea. 28-30 October, 2009.
- Kim, D.S, K.S. Choi, Y.S. Jang and J.H. Song., 2009. The effects of elevated temperatures on the population phenology and abundance of citrus pests in Jeju, Korea. International Symposium on Climate Change and Insect Pest, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju, Republic of Korea. 28-30 October, 2009.
- Kwon, O.K. 1990. Studies on taxonomy and distribution of thrips (Thysanoptera) collected from Mt. Halla in Cheju Island. Ph.D. Thesis, Cheju National University. 75pp.
- Lactin, D.J., N.J. Holliday., D.L. Johnson and R. Craigen. 1995. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. Environ. Entomol. 24: 68-75.
- Madden, L.V., L.R. Nault, S.E. Heady and W.E. Styer. 1986. Effect of temperature on the population dynamics of three *Dalbulus leafhopper* species. Ann. Appl. Biol. 108: 475-485.
- Masui, S. 2007a. Synchronism of immigration of adult yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) to citrus orchards with reference to their occurrence on surrounding host plants. Appl. Entomol. Zool. 42: 517 - 23.
- Masui, S. 2007b. Oviposition time of overwintered adults of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 51: 289 - 91 (in Japanese with English summary).
- Masui, S. 2008. Estimation of the immigration time of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) adults in citrus orchards as a function of the total effective temperature. Appl. Entomol. Zool. 43: 511 - 517.
- Nietschke, B.S., D.M. Borchert, R.D. Magarey and M.A. Ciomperlik. 2008.

- Climatological potential for *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) establishment in the United States. *Flor. Entomol.* 91: 79–86.
- Ohkubo, N. 2001. Host preference and infestation process on citrus of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood. *Bull. Nagasaki Fruit Tree Exp. Stn.* 8: 1 - 3 (in Japanese with English summary).
- Okada, T., and I. Kudo. 1982a. Overwintering sites and stages of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) in tea fields. *Jap. J Appl. Entomol. Zool.* 26: 177–182.
- Okada, T. 1981. Searching behavior for pupation place by late second instar larvae of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 25: 10–16 (in Japanese with English summary).
- Seal, D.R. and W. Klassen. 2005. Chilli thrips (castor thrips, Assam thrips, yellow tea thrips, strawberry thrips), *Scirtothrips dorsalis* Hood, No. ENY-725 (IN638). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. ENY-725 (IN638)
- Shaffer, P.L. and H.J. Gold. 1985. A simulation model of population dynamics of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Ecol. Model.* 30, 247–274.
- Shibao, M., F. Tanaka and F. Nakasuji. 1990. Seasonal changes and infestation sites of the chillie thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on grapes. *Jap. J Appl. Entomol. Zool.* 34: 145–152.
- Shibao, M. 1996. Effects of temperature on development of the Chillie Thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on grape. *Appl. Entomol. Zool.* 31: 81–86.
- Smith, D. and J.E. Pena. 2002. Tropical citrus pests. pp. 57–101. *In* Tropical fruit pests and pollinators, Biology, economic importance,

natural enemies and control, eds. by J.E. Pena, J.L. Sharp and M. Wysoki. 430 pp. CAB International, UK.

Tatara, A. 1994. Effect of temperature and host plant on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). Appl. Entomol. Zool. 29: 31-37.

Taylor, F. 1981. Ecology and evolution of physiological time in insects. Am. Nat. 117: 1-23.

Tsuchiya, M. and M. Nishino. 1984. Seasonal trend of the infestation and oviposition of tea yellow thrips (*S. dorsalis* Hood) on the sprouts and the fruits of Satsuma Mandarin (*citrus unshiu* Marco.). Bull. Shizuoka citrus Exp. Sta. 20: 53-672.

Venette, R.C. and E.E. Davis. 2004. Chilli thrips/yellow thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) Mini Pest Risk Assessment. Univ. of Minnesota, St. Paul, MN. 31 pp.

Woo, K.S. and W.H. Paik. 1971. Studies on the thrips (Thysanoptera) unrecorded in Korea I. Kor. J. Pl. Prot. 10: 69-73.

Woo, K.S. and W.H. Paik. 1972. Studies on the thrips (Thysanoptera) unrecorded in Korea II. Kor. J. Pl. Prot. 11: 45-54.