



## 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

초생재배와 합성피레스로이드계 조합처리가  
귤응애의 발생양상에 미치는 단기효과

Effects of Grass Planting and Pyrethroid Spray on the Population  
Dynamics of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) in Citrus  
Orchard: A Short-term Effect

濟州大學校 大學院

農學科

玄承容

2013年 2月

초생재배와 합성피레스로이드계 조합처리가  
꿀응애의 발생양상에 미치는 단기효과

指導教授 金 桐 淳

玄 承 容

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2012年 12月

玄承容의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_ (인)

委 員 \_\_\_\_\_ (인)

委 員 \_\_\_\_\_ (인)

濟州大學校 大學院

2012年 12月

# 목 차

List of Tables .....	ii
List of Figures .....	iii
ABSTRACT .....	1
I. 서       론 .....	3
II. 연 구 사 .....	5
III. 재 료   및   방 법 .....	11
1. 실험 감골원 및 시험구 배치 .....	11
2. 2011년 실험 .....	11
3. 2012년 실험 .....	12
4. 분석방법 .....	12
4-1. 가설의 설정 .....	12
4-2. 누적응애발생일수(CMD) 계산 .....	13
4-3. 통계분석 .....	13
IV. 결       과 .....	17
1. 2011년 곽응애 및 천적류 발생양상 .....	17
1-1. 2011년 처리별 곽응애 발생양상 .....	17
1-2. 2011년 처리별 천적류 발생양상 .....	17
2. 2012년 곽응애 및 천적류 발생양상 .....	24
2-1. 2012년 처리별 곽응애 발생양상 .....	24
2-2. 2012년 처리별 천적류 발생양상 .....	24
V. 고   찰 .....	32
VI. 적   요 .....	38
VII. 인 용 문 헌 .....	40

## List of Tables

Table 1. Pesticide spray and weed control program in 2011. ....	14
Table 2. Pesticide spray and weed control program in 2012. ....	15
Table 3. Two-way ANOVA table for the cumulative mite days ( <i>CMD</i> ) in 2011: weed and pyrethroid effects on autumn mite population. .....	20
Table 4. Two-way ANOVA table for the cumulative mite days ( <i>CMD</i> ) in 2012: weed and pyrethroid effects on mite populations. ....	27

## List of Figures

- Fig. 1. Hypothetical relative abundance of mite and natural enemy populations according to the effects of habitat quality (ground weed management) and pesticide intensity in the orchard ecosystem. The symbols used in this study indicate as follows: W = Wild weeds on the ground were manually managed, NW = A herbicide was sprayed to remove weeds, P = Pyrethroid insecticide was sprayed periodically, and NP = No pyrethroid was applied. Habitat and pesticide effects were arbitrarily arranged from 0.1 to 1.0 by 0.1 intervals according to the relative impact, and the population sizes of phytophagous mite and natural enemy were estimated under the assumption of linearity and equality of the two variables. The expected outputs marked on B and C (see symbols in circles) were estimated with NW = 0.2, W = 0.8, NP = 0.2, and P = 0.8, for the purpose of quantification. ....16
- Fig. 2. Seasonal population abundances of *P. citri* in experimental plots in 2011 where different practices of weed management and pyrethroid spray were applied. The means with the same letters on the figure at same date are not significantly different by Tukey test at 5%. Weeds = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. Pyrethroid = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times (see Table 1). No pyrethroid = No pyrethroid (cypermethrin) was applied. ....19
- Fig. 3. The 2 × 2 contingency matrix of cumulative mite days (CMD) for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2011. The CMDs were calculated from 17 August to 26 December in 2011.

W = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. P = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. NP = No pyrethroid (cypermethrin) was applied. .... 21

Fig. 4. The population abundances of natural enemies of *P. citri* in experimental plots in 2011 where different management measures were applied. Weeds = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. Pyrethriod = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. No pyrethriod = No pyrethroid (cypermethrin) was applied. .... 22

Fig. 5. The 2 × 2 contingency matrix of the total natural enemies for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2011. W = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayd on 3 June and 4 August. P = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. NP = No pyrethroid (cypermethrin) was applied. .... 23

Fig. 6. Seasonal population abundances of *P. citri* in experimental plots in 2012 where different practices of weed management and pyrethroid spray were applied. The means with the same letters on the figure at same date are not significantly different by Tukey test at 5%. Weeds = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. Pyrethriod = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). No pyrethriod = No pyrethroid (deltamethrin) was applied. .... 26

Fig. 7. The 2 × 2 contingency matrix of cumulative mite days (CMD)

for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2012. The *CMDs* were calculated for spring population from 29 March to 26 August and for autumn population from 26 August to 24 November in 2012. W = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. P = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). NP = No pyrethroid (deltamethrin) was applied. ....28

Fig. 8. Comparison of the cumulative mite days (*CMD*) among plots of weed and pyrethroid treatment; one-way ANOVA was applied. The means with the same letters on the bars in each population are not significantly different by Tukey test at 5%. The *CMDs* were calculated for spring population from 29 March to 26 August and for autumn population from 26 August to 24 November in 2012. ....29

Fig.9. The population abundances of natural enemies of *P. citri* in experimental plots in 2012 where different management measures were applied. Weeds = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. Pyrethroid = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). No pyrethroid = No pyrethroid (deltamethrin) was applied. ....29

Fig. 10. The 2 × 2 contingency matrix of the total natural enemies for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2012. W = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. P = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times. NP = No pyrethroid (deltamethrin) was



applied. ....	31
FiAg. 11. Comparison of <i>P. citri</i> population between expected and observed values (relative size) according to the combination of pesticide and habitat effects in the citrus orchard (see Fig. 2 for details). For the purpose of comparison, mite population sizes (autumn population) were scaled to 0.8. ....	36
Fig. 12. Comparison of natural enemy population between expected and observed values (relative size) according to the combination of pesticide and habitat effects in the citrus orchard (see Fig. 6 for details). For the purpose of comparison, natural enemy population sizes (autumn population) were scaled to 0.8. ....	37

## ABSTRACT

Citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor (Acarina: Tetranychidae), is an important mite pest on citrus and the population patterns are known being largely variable according to practical conditions as found in other Tetranychid mites. However, the causing factors for the occurrence patterns are rarely tested quantitatively or qualitatively. In this study, consequently, split-plot design of grass planting (W: manual weeding, NW: chemical weeding, herbicide sprays) and pyrethroid spray (P: pyrethroid spray, NP: no pyrethroid spray) were treated to investigate the pattern of *P. citri* population among different cultural practices.

1. Two essential hypothesis were made to test the population dynamics: 1) weed planting promotes natural enemies via offering habitat and alternative food sources, resulting in the reduction of *P. citri* populations, and 2) Pyrethroid spray removes natural enemies via its non-selective toxicity, resulting in the increasement of *P. citri* populations. Habitat and pesticide effects were arbitrarily arranged from 0.1 to 1.0 by 0.1 intervals according to the relative impact, and the population sizes of phytophagous mite and natural enemy were estimated under the assumption of linearity and equality of the two variables. For the purpose of quantification of the hypothesis, the relative effects of factors were assigned as  $NW = 0.2$ ,  $W = 0.8$ ,  $NP = 0.2$ , and  $P = 0.8$ . Consequently, resultant expected population sizes were  $NW+P > NW+NP = W+P > W+NP$  for mite population and  $NW+P < NW+NP = W+P < W+NP$  for natural enemy population.

2. The populations of *P. citri* were converted to cumulative mite days (CMD) for the purpose of comparison. Based on autumn population, CMD was highest in NW+NP plot with the order of W+NP, NW+P and W+P plot in 2011. CMDs were lower in pyrethroid treatment plots than in non-pyrethroid treatment plots, being different from expectation in hypothesis.

In non-pyrethroid plots, also, *CMD* was lower in W plot than in NW plot. The results in 2012 showed a similar trend with those in 2011.

3. The observed natural enemy populations (mainly Phytoseiids and *Agistemus* sp.) were not different largely from the expected values in the hypothesis. Although some discrepancy was occurred in NW+NP and W+NP plots in 2011, the observed values were almost same with expected values in 2012. In overall, pesticide effect was strongly significant and pyrethroids removed largely natural enemies. Although habitat (weeds) effect showed a conflict result, natural enemy population increased in W plots, when considering the increased autumn population relatively compared with that of spring population.

4. The hypothesis that pyrethroid sprays cause the outbreak of spider mite populations has been a widely-accepted theory. So, the decreased *P. citri* populations in pyrethroid (cypermethrin or deltamethrin) plots would be explained under the assumption of a strong repellent behavior of *P. citri* to the pyrethroids. A severe migration of *P. citri* populations may occurred in P plots with the establishment of natural enemies to some extent, resulting in being very lower *P. citri* population. Meanwhile, *P. citri* population may increase more in NP plots, because of limited *P. citri* migration out of NP plots and a possible influx of *P. citri* into NP plots from adjacent P plots. Being delayed natural enemy population under the conditions above, *P. citri* population might exceed temporarily a economic injury level.

## I. 서 론

귤응애 *Panonychus citri* (McGregor)는 세계적으로 오렌지, 감귤, 레몬 등 *Citrus*(감귤) 속 식물의 가장 중요한 해충으로 알려져 있으며, 응애목(Acarina) 전기문아목(Trombidiformes) 잎응애과(Tetranychidae)에 속한다(McMurtry, 1977; Takafuji & Fujimoto, 1985). 감귤원에서 귤응애는 약충과 성충이 주로 잎을 흡즙한다. 흡즙하면서 잎 조직 내의 세포액이나 엽록소를 흡수하기 때문에 엽록소가 파괴되어 동화작용이 저하되고, 잎에 바늘로 찌른 듯한 흰색 반점이 나타나며 심하면 조기낙엽을 초래하기도 한다. 또한 과실에 피해를 받게 되면 착색이 불량해지거나 퇴색되어 상품가치를 저하시키는 경우도 있다(Jeppson *et al.*, 1975). 그동안 귤응애는 제주 감귤재배에서 가장 중요한 해충 중 하나로 취급하여 왔으며, 주로 약제 방제에 의존하였다(Kim *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2001). 뿐만 아니라 약제 방제를 대체하기 위하여 천적에 관한 연구를 지속적으로 한 바 있다(Kim *et al.*, 1978; choi *et al.*, 2002; choi & Kim, 2003).

잎응애류(Tetranychid mites) 중에서 생태적 측면에서 감귤의 귤응애와 대별되는 인과류의 잎응애류 해충은 점박이응애와 사과응애라고 할 수 있다. 이러한 잎응애류 해충은 고독성 약제살포로 인하여 유발된 대표적 인조해충(man-made pests)으로 취급되고 있다(Cranham, 1979). 즉 효과적인 천적이 존재하여 생태계가 교란되지 않는 경우는 잎응애류의 일반평형밀도(equilibrium position)가 낮게 유지된다. 그러나 천적에 비선택적인 고독성 유기합성 농약을 살포하는 경우 천적상이 제거됨으로써 응애류 발생밀도가 경제적피해수준(economic injury level) 이상으로 증가한다는 것이 정설이다(Metcalf & Luckman, 1994). 결과적으로 과수에서 초기의 해충종합관리 전략은 응애류의 생물적 방제를 중심으로 수립되었으며(Croft & Hoyt, 1983), 응애류 생물적 방제 시스템이 파괴되지 않도록 천적에 해가 적은 선택적 약제를 사용하고 동시에 초생재배를 통하여 천적의 서식처를 제공하는 것을 기본으로 하였다.

기존의 연구결과를 종합해 볼 때 잎응애류의 발생동태는 크게 두 가지의 재배 요인에 따라서 좌우되는 것으로 정리할 수 있다(Kim & Lee, 2005; Kim, 2005).

첫째, 약제살포 요인으로써 비선택적 고독성 약제는 천적을 제거하여 직접적으로 잎응애류의 발생을 조장한다. 둘째, 초생재배 요인으로써 과원지면 잡초의 성장을 허용하게 되면, 천적의 대체먹이나 서식처를 제공하기 때문에 천적의 발생이 증가하여 결과적으로 잎응애의 발생이 감소하게 된다. 지금까지 감귤원에서 약제사용 절감시 곱응애 밀도가 감소되는 현상을 여러 차례 보고하였으나(Kim *et al.*, 1978), 그 원인에 대한 뚜렷한 결론을 내리지 못하였다. 다만, Kim(2005)은 약제 무살포 감귤과원에서 곱응애 발생은 천적들의 밀도 조절 작용으로 관행 방제원의 높은 발생밀도와는 달리 거의 가을응애 개체군밀도를 형성하지 못한다고 보고하였다. 이 결과로부터 잠정적 결론으로써 곱응애의 주 밀도 조절자는 이리응애류이고 마름응애류는 보조자 역할을 하는 것으로 판단하였다. 하지만 아직까지 감귤원에서 곱응애 밀도조절 기작에 대한 정량적인 연구결과는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구는 감귤원에서 곱응애의 개체군 밀도조절 기작을 구명하고자 실시하였다. 기본 가설(가정)로 ‘합성피레스로이드계 농약은 비선택성 약제로 천적을 제거한다’와 ‘초생재배는 천적의 서식처 및 대체먹이를 제공하므로 천적의 정착 및 발생에 유리하다’ 등을 두었다. 이 가설을 검증하기 위하여 합성피레스로이드 약제와 초생재배 요인을 교차 처리하고, 정기적으로 처리조합별 곱응애와 그 천적들의 연간 발생양상을 조사, 분석하였다.

## II. 연구사

꿀응애 *Panonychus citri* (McGregor)는 응애목(Acarina) 전기문아목(Trombidiformes) 잎응애과(Tetranychidae)에 속하며, 암컷의 체장은 0.45mm 내외, 수컷은 0.36mm 정도로 대표적인 미소해충이다. 암컷 성충의 모양은 타원형이고, 체색은 처음에는 밝은 적색을 띠지만 나중에는 짙은 적자색으로 변한다. 수컷 성충은 끝으로 갈수록 가늘어지는 복부 형태와 몸 크기에 비해 긴 다리를 갖고 있고, 몸 크기는 암컷보다 작다. 알에서 유충, 제 1약충, 제 2약충의 3단계를 거쳐 성충이 된다. 유충단계에서는 3쌍의 다리를 갖고 있으며, 알보다 약간 더 크다. 그리고 제1과 제2약충 단계에서는 4쌍의 다리를 갖고 있으며, 성충보다 약간 작다. 전 세계적으로 상록수인 오렌지, 감귤, 레몬 등 *Citrus*(감귤)속 식물의 중요한 해충으로 알려져 있다(McMurtry, 1985). 뿐만 아니라 낙엽수인 배와 복숭아를 비롯하여 팡팡나무(Japanese holly trees, *Ilex crenata* Thunb)에도 발생한다(Ehara & Shinkaji, 1975; Jeppson *et al.*, 1975; Gotoh & Kubota, 1997). 꿀응애의 원산지는 정확히 알려져 있지 않으나 오래전부터 감귤속 식물을 재배하였던 동남아시아 지역으로 추정하고 있으며(Webber, 1967), 현재는 세계 열대 및 아열대 전 지역에 분포하고 있다(Smith & Pena, 2002.). 전형적으로 잎을 가해하는 해충으로 약충과 성충이 흡즙하여 조직 내의 세포액이나 엽록소를 흡수하기 때문에 엽록소가 파괴되어 동화작용이 저하되고 심한 경우에는 잎이 백화 되면서 조기낙엽을 초래한다. 부차적으로 과실에 피해를 받게 되면 착색이 불량해지거나 퇴색되어 상품가치를 저하시킨다(Jeppson *et al.*, 1975).

잎응애류(Tetranychid mites) 중에서 생태적 측면에서 감귤의 꿀응애와 대별되는 인과류의 잎응애류 해충은 점박이응애와 사과응애라고 할 수 있다. 이러한 잎응애류 해충은 고독성 약제살포로 인하여 유발된 대표적 인조해충(man-made pests)으로 취급되고 있다(Cranham, 1979). 즉 효과적인 천적이 존재하여 생태계가 교란되지 않는 경우는 잎응애류의 일반평형밀도(equilibrium position)가 낮게 유지된다. 그러나 천적에 비선택적인 고독성 유기합성 농약을 살포하는 경우 천적상이 제거됨으로써 응애류 발생밀도가 경제적피해수준(economic injury level) 이상으로 증가한다는 것이 정설이다(Metcalf & Luckman, 1994). 결과적으로 과

수에서 초기의 해충종합관리(IPM, Integrated Pest Management) 전략은 응애류의 생물적 방제를 중심으로 수립되었으며(Croft & Hoyt, 1983), 응애류 생물적 방제 시스템이 파괴되지 않도록 천적에 해가 적은 선택적 약제를 사용하고 동시에 초생재배를 통하여 천적의 서식처를 제공하는 것을 기본으로 하였다(Metcalf & Luckman, 1994). 이러한 접근방식은 근본적으로 농업생태계의 종다양성과 관련된 천적 역할설(Predation hypothesis)에 바탕을 두고 있다(Swift *et al.*, 1996; Clara & Miguel, 2004). 즉 혼작 또는 초생재배와 같은 방식을 통하여 과수원 생태계의 생물종다양성을 높이면 천적이 성공적으로 정착할 수 있으므로 해충의 발생밀도가 감소한다는 가설이다.

과수원 생태계에서 잎응애류의 밀도조절과 관련된 천적의 역할은 세계적으로 폭 넓게 연구되었다(Reviewed in Kim *et al.*, 2003): “외국에서 과수 IPM에서 응애류 생물적 방제시 *Metaseiulus* (= *Galendromus*) *occidentalis* (Nesbitt)와 *Typhlodromus pyri* Scheuten 등 두 종이 가장 많이 이용되고 있다. 일반적인 경우 두 종이 공존하지만(Penman *et al.*, 1979; Hadam *et al.*, 1986; Bower & Thwaite, 1989; Croft *et al.*, 1990), 그 중 한 종만이 이용되는 경우도 있다(Helle & Sabelis, 1985). 1990년 전후 미국서부 지역(오레곤) 일반과원에서는 *M. occidentalis*와 *T. pyri*의 발생비율이 2 : 1로 *M. occidentalis*가 우점하면서 공존하는 것으로 보고하였다(Croft *et al.*, 1990). 그러나 약제살포가 적거나 무방제 과원에서는 *T. pyri*가 증가하고 *M. occidentalis*는 사라지든지 또는 급격히 감소한다(Dunley & Croft, 1990, 1992; Croft & MacRae, 1992a). 이와 같은 현상은 과수원 IPM 진전에 따른 식식성 응애 밀도의 변화와 이에 반응하는 포식성 이리응애의 생태적 특성을 조합하여 설명할 수 있다. *T. pyri*는 꽃가루 등 대체먹이를 이용할 수 있어 잎응애 밀도가 낮은 상태에서도 생존이 가능하다(Helle & Sabelis, 1985). 또한 *T. pyri*는 서늘한 기후에 잘 적응하기 때문에 잎응애 밀도가 낮은 계절초기부터 정착을 시작하고 계절 후기 늦게 까지 과원내에서 생존할 수 있다(Helle & Sabelis, 1985). 반면, *M. occidentalis*는 고온 건조한 조건에 잘 적응하는 종으로 빠른 증식력과 높은 포식능력을 갖고 있으며 대체먹이로 꽃가루 등을 이용하지 않는다(Dunley & Croft, 1990). 따라서 잎응애 밀도가 높은 상태에서만 발생이 가능하다. 정리하면, 과수 IPM에서 응애류 생물적 방제 접목 초



기에 잎응애 밀도가 높은 상태에서는 *M. occidentalis*가 쉽게 정착하여 빠른 속도로 잎응애 밀도를 낮추게 된다. IPM 정착과원에서 응애류 생물적 방제 시스템을 파괴하지 않는 약제관리를 통하여 점차 잎응애류 밀도가 지속적으로 낮아지게 되면 *M. occidentalis*의 역할이 줄어들고, 대신 *T. pyri*의 역할이 증대된다 (Croft & MacRae, 1992b; J.P. Nyrop, personal communication)”

우리나라 인과류에서 이리응애류 천적의 다양성을 기반으로 잎응애류의 밀도 조절기작을 검토한 결과 아래와 같은 결론을 얻은 바 있다(Kim *et al.*, 2003). 마름응애류인 *Agistemus terminalis* (Stigmaeidae)는 잎응애 밀도가 감소하는 7월 중순부터 밀도가 형성되어 계절 후기까지 지속적으로 발생하였다. 발생한 이리응애류는 *Amblyseius eharai* Amitai et Swirski (긴꼬리이리응애), *A. kokufuensis* Ehara et Kato (꽃병이리응애), *Typhlodromus vulgaris* Ehara (대중이리응애), *A. womersleyi* Schicha (긴털이리응애) 등이었다. 계절초기 잎응애 밀도가 낮을 때에 긴꼬리이리응애, 꽃병이리응애, 대중이리응애 등이 발견되었다. 이 중 대중이리응애가 계절 후기까지 연중 높은 빈도수로 발생되었다. 긴털이리응애는 잎응애 밀도가 최고에 도달하는 시기부터 발견되기 시작하여 잎응애 밀도가 감소하자 더 이상 발견되지 않았다. 긴털이리응애는 잎응애 밀도가 높고 고온기에 다발생하는 종으로 외국의 *M. occidentalis*와 유사한 생태적 특성을 갖고 있다. 즉 긴털이리응애는 고온기 잎응애 밀도가 높을 때 나타나서 빠른 증식력과 높은 포식력을 바탕으로 잎응애 대발생을 억제하는 강력한 포식자로 평가된다. 하지만, 서늘하고 잎응애 밀도가 낮은 계절초기에 적응력이 낮기 때문에 큰 역할을 할 수 없으며, 계절초기 유용한 천적 후보로 대중이리응애를 생각할 수 있다. 대중이리응애는 서늘한 계절초기부터 발생되어 계절 후기 늦게까지 연중 발생하고 잎응애 밀도가 낮을 때도 정착 가능하며, 특히 대체먹이로 잎응애류 이외에 꽃가루 등을 이용하는 종이다. 즉 대중이리응애는 외국의 *T. pyri*와 가장 근접한 생태적 특성을 갖고 있는 것이 있다. 긴꼬리이리응애와 꽃병이리응애 등은 우리나라 야생 식생에서 많이 발견되는 종(Ryu *et al.*, 1997)으로 인접 식생에서 이주하는 종들로 보이고 대중이리응애와 긴털이리응애가 정착하는 경우 경쟁적으로 배제되는 종으로 볼 수 있다. 마름응애인 *A. terminalis*는 잎응애 뿐만 아니라 이리응애류의 알을 포식하거나 또는 이리응애의 먹이가 될 수 있는 종으로 알려져 있다



(Santos & Laing, 1985). 기후조건에 잘 적응하고 낮은 잎응애 밀도에서도 정착할 수 있기 때문에 과수 응애류 생물적 방제시 이리응애 천적(외국에서는 *T. pyri*)의 보조자로 사용할 수 있다(Croft & MacRae, 1992b). 결론적으로 종합하여 판단할 때 우리나라 과수(인과류)에서 응애류 생물적 방제 시스템 전략은 고온기 잎응애 밀도가 높을 때 정착하여 강력한 포식력을 발휘하는 긴털이리응애를 중심으로 서늘하고 잎응애 밀도가 낮은 상태에서 정착하는 대중이리응애와 같은 종을 접목시키고 *A. terminalis*를 비롯한 다른 이리응애를 보조적으로 이용하는 시스템을 제시하였다.

굴응애에 대한 천적의 역할에 대하여 심층 연구결과가 없으나 몇 가지 종이 굴응애 밀도를 효과적으로 낮출 수 있는 것으로 알려져 있다. 현재까지 기록된 감귤원에서 굴응애를 포식하는 주요 이리응애 천적 종은 *Euseius hibisci* (Chant) (McMurtry, 1977; Beattie, 1978), *E. addoensis* (Van der Merwe & Ryke) (Keetch, 1972), *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski와 *A. herbicolus* (Chant) (Tanaka & Kashio, 1977; Beattie, 1978), *A. newsami* (Evans) (Huang, 1978) 등이다. 우리나라에서 굴응애에 대한 자생천적으로는 약 10여 종이 발생하고 있는데, 그 중 민깨알반날개(*Oligota kashmirica benefica*)가 가장 유력한 천적으로 지목되고 있고(Kim, 1997; Kim & Choi, 2000), Choi(2002)에 의해 민깨알반날개의 생태와 이용에 관한 연구가 깊게 연구되기도 하였다. 뿐만 아니라 다양한 이리응애 천적에 대한 연구도 진행되었다(Kim *et al.*, 1978; Kim *et al.*, 2003). 포트 실험에서 굴응애에 대한 포식성 이리응애 접종 비율에 따라 굴응애 밀도를 억제할 수 있는 비율은 *A. cucumeris* 1 : 30 (Zhang *et al.*, 2001), *A. fallacis* 1 : 16(Kim *et al.*, 2003)으로 보고하고 있다. Kim(2005)이 제주도의 방치된 감귤원에서 조사한 결과 굴응애에 대한 이리응애 발생비율은 1:9에서 1:13으로 효과적으로 굴응애 밀도를 억제할 수 있는 수준이어서 가을응애 개체군이 증가하지 못한다고 하였다.

잎응애의 밀도를 조절하는 이리응애류의 역할은 과원 지면 잡초와 밀접히 관련되어 있는 것으로 알려져 있다. 과원의 초생은 점박이응애로 증식처로 이용되어 과수나무에 발생하는 응애 개체군의 기원이 될 수도 있다(Flexner *et al.*, 1991). 따라서 종종 제초제 등으로 초생이 파괴되었을 때 잡초에 서식하던 점박

이용애의 급작스러운 수상이동으로 대발생이 유발되는 경우를 볼 수 있다 (Flexner *et al.*, 1991; Han *et al.*, 2003). 반면, 잡초상의 점박이용애 개체군을 잘 관리하면 수상이동을 지연 또는 억제시키면서 이리용애의 정착을 도모하여 궁극적으로 응애류 개체군 관리에 도움이 된다. 일찍이 Luckmann *et al.* (1971)과 Meyer (1974)는 미국 Illinois 사과원에서 잡초에 서식하는 점박이용애를 먹이로 포식성 이리용애인 *Amblyseius fallacis* (Garman)를 정착시켜 나무의 사과용애 개체군을 효과적으로 관리할 수 있는 응애류 생물적 방제 모형을 제시하였다(사과용애(사과나무)-점박이용애(잡초)-이리용애 시스템). 이와 같이 약제살포 정도와 더불어 초생재배는 잎응애 천적의 생존과 역할에 직접적으로 관련되어 있으므로 잎응애 발생에 영향을 미치게 된다.

Kim *et al.*(2003)은 사과용애-점박이용애-이리용애 시스템에서 초생 및 약제 관리 정도와 사과용애와 점박이용애의 생물적 특성에 기인하여 두 종의 상호작용에 대한 결과를 장단기적으로 제시하였다. 이들은 전제조건으로 몇 가지 가정을 설정하였다. 첫째, 사과용애와 점박이용애의 경쟁에서 점박이용애가 승리한다. 둘째, 과원의 초생은 점박이용애의 수상이동 여부를 결정하는 주요한 요소이다. 즉 초생이 파괴되었을 때 점박이용애의 수상이동이 촉진된다. 셋째, 생태계가 교란되지 않을 때 응애류는 천적에 의하여 개체군 밀도가 조절된다. 이러한 조건 하에서 두 종의 상호작용 결과를 다음과 같이 예측하였다.

고독성 농약/초생재배 시스템 : 비선택적 고독성 농약 사용은 천적을 제거함으로써 두 종 응애의 발생을 동시에 조장한다. 하지만 잡초관리 방법에 따라서 사과용애와 점박이용애 발생은 다르게 나타난다. 초생재배를 실시하는 경우 점박이용애의 수상이동이 지연 또는 억제되어 계절 초기 수상에서 발생이 미약하게 된다. 반면 사과용애는 계절초기 높은 밀도를 형성할 수 있다. 또한 과원 잡초는 수상 약제 살포시 상대적으로 약제의 노출에 보호되므로 천적의 생존이 가능하여 잡초내에서는 점박이용애와 이리용애의 상호작용을 기대할 수 있다(Kim *et al.*, 1995). 따라서 계절 중후기 점박이용애의 수상이동도 극히 제한되어 사과용애는 점박이용애와 경쟁을 회피할 수 있고 수상으로 이동하는 천적이 제거됨으로 계절후기 높은 밀도를 형성할 수 있다. 이러한 상호작용이 장기간 지속되었을 때 사과용애는 생육 전후기 전체적으로 우점종이 되며 점박이용애는 수상에서 거의

발생되지 않거나 생육후기 일부 발생될 것이다.

고독성 농약/청경재배 시스템 : 고독성 농약과 청경재배(제초제 살포)를 하는 과수원에서는 계절 초기부터 점박이용애가 수상에 정착하게 되고 사과응애의 발생이 위축된다. 계절후기 사과응애는 점박이용애와 경쟁으로 배제되어 소발생 상태로 되고 점박이용애가 다발생된다. 이 관계가 장기간 지속되었을 때 점박이용애가 우점종이 되며, 사과응애는 계절후기 월동 개체군이 계속 감소하여 이 시스템에서 거의 제거될 것이다.

저독성 농약/초생재배 시스템 : 천적이 저독성인 선택성 약제관리가 철저히 실행되면 천적이 생존하여 두 종 응애의 발생이 동시에 감소된다. 초생재배를 하는 경우 점박이용애는 수상에서 적게 발생될 것이다. 사과응애는 연중 발생할 수 있지만 천계에 의하여 어느 정도 밀도억제가 가능하므로 천적상이 우발적으로 파괴되지 않는 한 경제적 피해수준의 밀도 범위에서 관리가 가능할 것이다. 이것은 사과응애-점박이용애-이리응애 생물적 방제 시스템의 전형적인 예라 할 수 있다. 따라서 장기적으로 이 시스템이 지속되었을 때 점박이용애는 수상의 거의 발생하지 않으며 사과응애가 우점하지만 중저수준 밀도에서 변동할 것이다.

저독성 농약/청경재배 시스템 : 저독성 농약과 청경재배가 동시에 투입되면 점박이용애는 계절 초기 수상에 정착하게 된다. 하지만 천적의 생존을 기대할 수 있으므로 고독성 농약을 투입하는 경우처럼 다발생하지는 않는다. 계절후기에도 천적의 지속적인 작용으로 점박이용애는 중저 밀도에서 발생할 것이다. 또한 계절후기 사과응애는 점박이용애와 심한 경쟁에서 벗어날 수 있으므로 밀도유지가 가능하다. 따라서 이 시스템이 장기간 지속되는 경우 계절초기에는 사과응애, 계절후기에는 점박이용애가 우점하는 형태로 두 종이 시간적으로 분리되어 공존할 수 있을 것이다. 이 가설이 성립되려면 보다 더 많은 실증자료의 제시와 재현실험을 통한 검증이 필요하다. 아직까지 인과류뿐만 아니라 감귤에서도 위 가설에 근거한 실증적 연구가 수행된바 없다.

### III. 재료 및 방법

#### 1. 실험 감귤원 및 시험구 배치

제주특별자치도 서귀포시 남원읍 위미리 1254번지에 위치한 한 감귤원에서 실험을 실시하였다. 전체 감귤원 0.9ha 중에서 2011년에는 일부인 0.2ha가 실험에 이용되었고 2012년에는 실험의 정확도를 위해 0.1ha가 실험에 이용되었으며 35년생 온주밀감이 2.5m×2.5m로 재식되어 있었다. 실험 필지는 한쪽이 삼나무 방풍림으로 경계되어 있었고, 전체 과원의 일부는 낮은 야산으로 둘러싸여 있었다.

잡초관리 방법으로 초생재배(W, 기계제초)와 청경재배(NW, 제초제 살포) 두 수준을 두고 여기에 약제관리 방법으로 합성피레스로이드계 살포구(P)와 무살포구(NP)를 분할하여 처리하였다. 감귤나무가 재식된 줄 단위로 실험처리를 수행하였으며, 처리 당 2011년에는 약 100그루 2012년에는 약 60그루가 포함되어 있었다. 이 중 5나무를 임의로 선택하여 표시하고 계속 같은 나무를 조사하였다. 처리 간 영향을 최소화하기 위하여 각 처리 사이에 2011년에는 최소 4줄, 2012년에는 최소 2줄의 감귤나무로 완충지를 두었다. 결론적으로 시험구 배치는 잡초관리가 주구, 약제관리가 세구로 되었으며, 완전임의 분할구 배치 5반복이 되었다.

2011년과 2012년 모두 동일한 필지에서 실험을 수행하였으나 조사대상 나무는 달랐다.

#### 2. 2011년 실험

2011년 실험구의 재배관리 내용은 Table 1과 같았다. 살균제로 mancozeb 75% 수화제를 주로 사용하였으며, 합성피레스로이드계 약제인 cypermethrin 5% 액을 6회 살포하였다. 그리고 청경재배구에는 glyosate 41%액을 2회 살포하여 제초하였고, 초생재배구에는 6월과 8월 하순 2회에 걸쳐 기계 예초하였다. 약제 희석액은 ha당 2,500리터 수준으로 살포하였다.

굴응애 및 천적은 6월 8일부터 12월 26일까지 월 2회 이상 1주 당 6엽을 무작위로 채취하여 조사하였다. 채취한 시료는 비닐 지퍼백(20cm × 18cm)에 담아서 4℃ 냉장상태로 조사일까지 보관하였으며, 최소 1주일 이내에 조사를 완료하였

다. 실체현미경(Nicon, SMZ645)을 이용하여 20~40x에서 관찰하면서 굴응애 및 천적류의 약충과 성충수를 기록하였다.

### 3. 2012년 실험

2012년에는 합성피레스로이드계 약제로 deltamethrin 1%액을 총 8회 살포하였다. 그리고 청경재배구에는 glyposate 41%액을 3회 살포하여 제초하였고, 초생재배구에는 6월과 9월 중순 2회에 걸쳐 예초하였다. 상세 포장관리 내역은 Table 2와 같았다. 약제 희석액 살포량은 2011년과 동일하게 하였다.

굴응애 및 천적에 대한 조사는 3월29일부터 11월24일까지 이루어졌는데 방법은 2011년과 같이 하였다.

### 4. 분석방법

#### 4-1. 가설의 설정

굴응애 및 천적 개체군 밀도에 잡초관리와 약제살포 등 두 가지 변량이 주요한 영향을 미치는 요인으로 가정하였다. 즉 첫째, 합성피레스로이드계 약제는 천적에 비선택적인 고독성 약제로 다양한 천적을 제거하며, 결과적으로 굴응애 발생을 증가시키는 요인이 된다. 둘째, 초생재배는 천적의 서식처 및 대체먹이를 제공하므로 천적의 정착 및 생존에 유리한 환경을 제공하여 굴응애 발생을 감소시키는 요인이 된다. 과원지면의 잡초는 천적의 중요한 서식환경(habitat)으로써 상대적인 상태를 빈약한(poor) 상태에서부터 풍부한(rich) 상태까지 각각 임의로 0.1과 1.0의 수치를 부여하고, 0.1 간격으로 수치화하였다. 같은 방법으로 약제효과는 선택적 저독성(low)에서부터 비선택적 고독성(high) 약제사용까지 등급화하였다. 두 변량은 굴응애나 천적 개체군에 동등한 효과(equality)를 갖고 있으며, 크기에 따라 선형적 효과(linearity)를 갖고 있는 것으로 가정하였다. 따라서 두 변량의 조합에 따른 굴응애와 천적 개체군의 상대적인 밀도(크기)는 Fig. 1의 A와 같이 3차원적 배열로 나타낼 수 있었다. 가설의 수량화를 목적으로 본 연구에서 처리한 잡초관리 방법은 청경재배(NW) = 0.2, 초생재배(W) = 0.8의 수치를 배당하였다. 또한 합성피레스로이드계 처리에서 무살포(NP) = 0.2, 살포(P) = 0.8의 수치를 임의로 배당하였다. 이러한 가정 하에서 각 처리조합별 기대되는 굴응

애와 천적의 상대적인 개체군 크기는 각각 Fig. 1의 B와 Fig. 1의 C와 같았다.

#### 4-2. 누적응애발생일수(CMD) 계산

처리별 곶응애의 누적 피해도를 비교하기 위하여 시기별 곶응애 밀도 조사자료를 이용하여 누적응애발생일수(CMD, Cumulative Mite Days)를 다음과 같이 계산하였다.

$$CMD = \sum_{i=0}^n D_i \times (J_{(i+1)} - J_i)$$

$D_i$  =  $i$ 번째 조사일의 곶응애 밀도

$J$  = Julian date (1월 1일부터 연속누적일)

#### 4-3. 통계분석

계산된 CMD 값은 잡초관리와 합성피레스로이드 살포를 두 변량으로 취급하여 이원분류 분산분석(two-way ANOVA)을 실시하였고, Tukey-검정(P=5%)으로 평균간 비교하였다. 2011년은 8월 17일에서 12월 26일까지 발생한 가을 응애 개체군에 대하여 CMD 값을 비교하였고, 2012년에는 봄 응애(3월 29일에서 8월 26일)와 가을 응애(8월 26일에서 11월 24일) 개체군을 구분하여 CMD를 분석하였다. 천적의 경우는 봄과 가을 개체군의 합계값을 비교하였으며,  $\chi^2$ -검정을 이용하였다. 기타 시기별 곶응애 발생밀도는 일원분류 분산분석(one-way ANOVA) 후 유의성이 있는 경우 Tukey-검정(P=5%)으로 평균 간 비교하였다.

Table 1. Pesticide spray and weed control program in 2011.

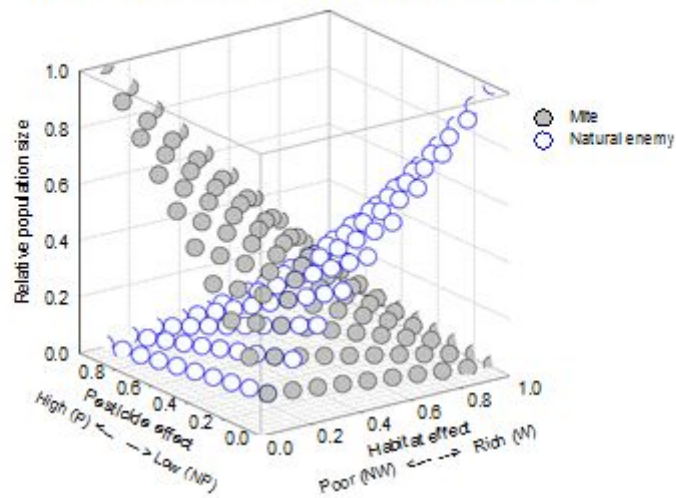
Date	Active ingredient	Application rate	Target or purpose
2011. 5.14	Imibenconazole (a.i. 15%)	2,500	Diseases
	Thiamethoxam (a.i. 10%)	2,500	Aphids
2011. 5.28	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 6.3	Glyphosate(a.i. 41%)	200	Weeds
2011. 6.6			Manual weeding
2011. 6.13	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 6.27	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 7.11	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 7.24	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 8.4	Glyphosate(a.i. 41%)	200	Weeds
2011. 8.15	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Diseases
	Cypermethrin (a.i. 5%)	1,000	Pyrethroid
2011. 8.29			Manual weeding

Table 2. Pesticide spray and weed control program in 2012.

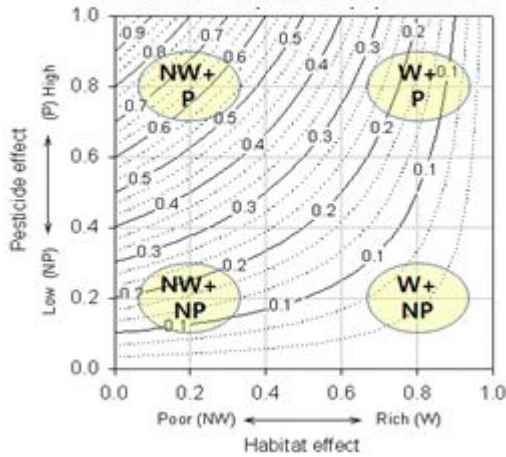
Date	Active ingredient	Application rate	Target or purpose
2012. 3.27	Glyphosate (a.i. 41%)	200	Weeds
2012. 5.12	Imibenconazole (a.i. 15%)	2500	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
	Dimethomorph (a.i. 25%)	1000	Disease
2012. 6.3	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 6.6			Manual weeding
	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Disease
2.126. 20	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 7.7	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 7.19	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 7.28	Glyphosate (a.i. 41%)	200	Weeds
2012. 8.12	Dimethomorph (a.i. 25%)	1000	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 8.31	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 9.16			Manual weeding
2.12. 9.20	Mancozeb (a.i. 75%)	500	Disease
	Deltamethrin (a.i. 1%)	1000	Pyrethroid
2012. 10.3	Glyphosate (a.i. 41%)	200	Weeds



### A. Three Dimensional arrangement of hypothesis



### B. Contour map of mite population



### C. Contour map of Natural enemy

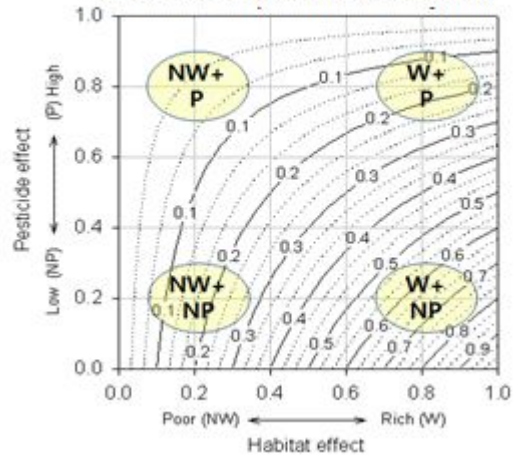


Fig. 1. Hypothetical relative abundance of mite and natural enemy populations according to the effects of habitat quality (ground weed management) and pesticide intensity in the orchard ecosystem. The symbols used in this study indicate as follows: W = Wild weeds on the ground were manually managed, NW = A herbicide was sprayed to remove weeds, P = Pyrethroid insecticide was sprayed periodically, and NP = No pyrethroid was applied. Habitat and pesticide effects were arbitrarily arranged from 0.1 to 1.0 by 0.1 intervals according to the relative impact, and the population sizes of phytophagous mite and natural enemy were estimated under the assumption of linearity and equality of the two variables. The expected outputs marked on B and C (see symbols in circles) were estimated with NW = 0.2, W = 0.8, NP = 0.2, and P = 0.8, for the purpose of quantification.

## IV. 결 과

### 1. 2011년 곶응애 및 천적류 발생양상

#### 1-1. 2011년 처리별 곶응애 발생양상

2011년 처리 조합별(초생재배 W, 청경재배 NW; 합성피레스로이드계 살포 P, 무살포 NP) 연간 곶응애 발생밀도 변화는 Fig. 2와 같았다. 실험처리 초기인 봄 응애 개체군 발생기간 동안 곶응애 발생밀도는 처음에는 NW+NP 및 W+NP 조합처리구에서 유의하게 높았으나(6월 8일:  $F=4.48$ ;  $df=3, 16$ ;  $P=0.0182$ , 6월 22일:  $F=5.50$ ;  $df=3, 16$ ;  $P=0.0087$ ), 여름철로 접어들면서 처리 간 차이가 없었다. 가을 응애 개체군 발생기인 8월 하순 이후에는 전체적으로 곶응애 밀도가 NW+NP 조합처리구에서 높았고, 그 다음은 W+NP 조합처리구였으며, NW+P와 W+P 조합처리구에서는 낮았다.

가을응애 개체군 밀도를 누적응애발생일수(*CMD*, cumulative mite days; 8월 17~12월 26)로 변환하고 잡초와 약제관리 방법을 두 변량으로 하여 얻은 이원분류 분산분석표는 Table 3과 같았다. 잡초관리와 약제관리 방법은 *CMD*에 유의하게 영향을 미쳤으며, 두 변량 간 상호작용 효과도 있었다. 즉 Fig. 3의 교차분석표와 같이 청경재배(제초제 살포, NW 처리구)를 실시한 경우 *CMD*가 통계적으로 유의하게 높았으며( $F=10.75$ ,  $df=1, 16$ ,  $P=0.0047$ ), 합성피레스로이드계(cypermethrin 살포, P 처리구)를 살포한 경우 *CMD*가 유의하게( $F=21.83$ ,  $df=1, 16$ ,  $P=0.0003$ ) 낮았다. 처리조합 간 비교를 위하여 상호작용의 효과를 무시하고 가을응애 개체군의 *CMD*에 대하여 일원분류 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하고 평균간 비교한 결과 Fig. 3과 같이  $NW+NP > W+NP = NW+P > W+P$  순으로 낮았다.

#### 1-2. 2011년 처리별 천적류 발생양상

2011년 처리별 곶응애의 천적류 발생양상은 Fig. 4와 같았다. 천적류로 이리응애류, 마름응애류, 깨알반날개류, 꽃등에류, 풀잠자리류가 발견되었으며, 주로 이리응애와 마름응애가 발생되었다. 모든 처리구에서 곶응애 발생에 따라 약간 지

연되어 이리응애류의 밀도가 증가하였고, 꿀응애 밀도변화에 마름응애는 뚜렷한 반응을 보이지 않았다. 꿀응애 밀도가 높게 유지되었던 NW+NP 처리구에서 천적의 밀도가 상대적으로 높게 형성되었다.

봄과 가을응애 개체군 발생기 동안 처리별 각각 발견된 천적의 총 수를 이용하여 잡초와 약제관리를 기준으로 교차분석( $\chi^2$ -검정)을 실시한 결과는 Fig. 5와 같았다. 봄과 가을 개체군 모두 합성피레스로이드계를 살포하지 않은 경우(NP) 천적의 발생이 유의하게 높았다. 또한 제초제를 살포한 청경재배구(NW)에서 천적의 발생이 유의하게 높았다. 다만, 초생재배구에서 봄 개체군 대비 천적의 발생은 가을 개체군에서 3.5배로 크게 증가하였다.

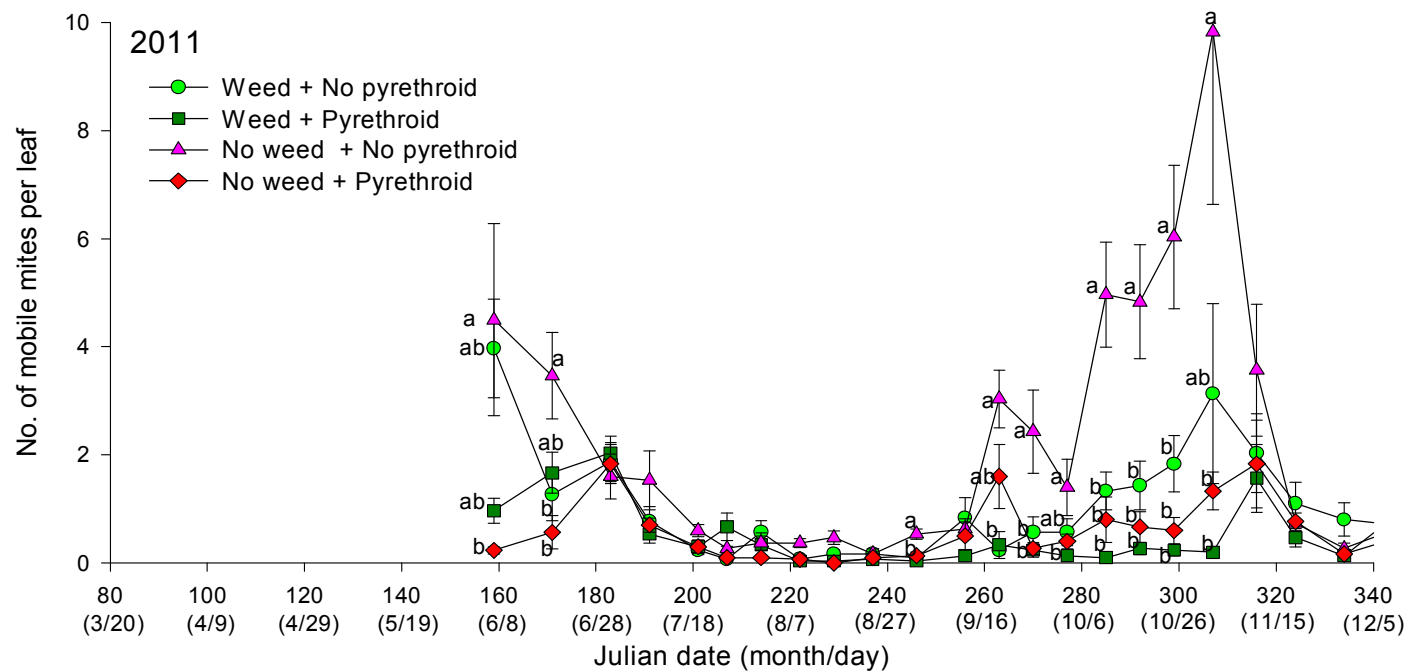


Fig. 2. Seasonal population abundances of *P. citri* in experimental plots in 2011 where different practices of weed management and pyrethroid spray were applied. The means with same letters on the figure at same date are not significantly different by Tukey test at  $P=5\%$ . Weeds = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. Pyrethroid = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times (see Table 1). No pyrethroid = No pyrethroid (cypermethrin) was applied.

Table 3. Two-way ANOVA table for the cumulative mite days (*CMD*) in 2011: weed and pyrethroid effects on autumn mite population.

Source of variable	<i>df</i>	Sum of square	Mean square	<i>F</i> -value	<i>P</i> > <i>F</i>
Model (Treatment)	3	227658.8	75886.3	12.52	0.0002
Weed	1	65170.1	65170.1	10.75	0.0047
Pyrethroid	1	132302.2	132302.2	21.83	0.0003
Weed × Pyrethroid	1	30186.5	30186.5	4.98	0.0403
Error	16	96963.2	6060.2		
Total	19	324622.0			

The *CMDs* were calculated from 17 August to 26 December in 2011.

	NP	P	Sub-mean
W	15.3	8.0	23.3b
NW	32.9	24.2	57.1a
Sub-mean	48.1a	32.2b	

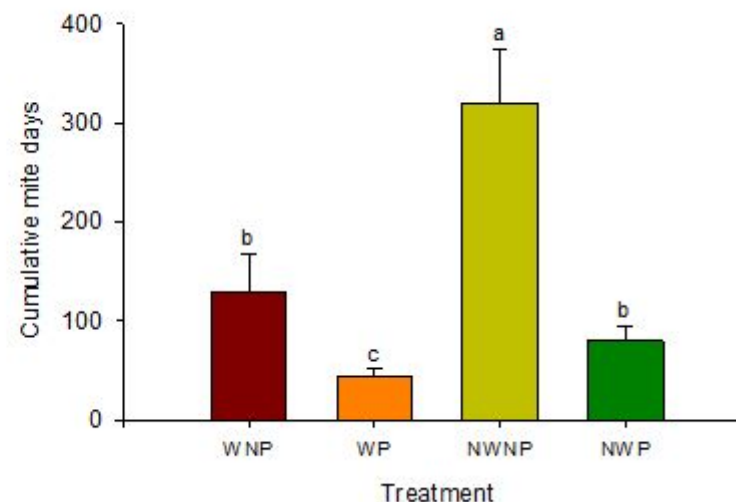


Fig. 3. The  $2 \times 2$  contingency matrix of cumulative mite days (*CMD*) for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2011. The *CMDs* were calculated from 17 August to 26 December in 2011. W = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. P = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. NP = No pyrethroid (cypermethrin) was applied.

The sub-means with same letter are not significantly different by Tukey test at  $P = 5\%$  (see left table) based on two-way ANOVA.

The means with same letters on bars are not significantly different by Tukey test at  $P = 5\%$  (see right figure) based on one-way ANOVA.

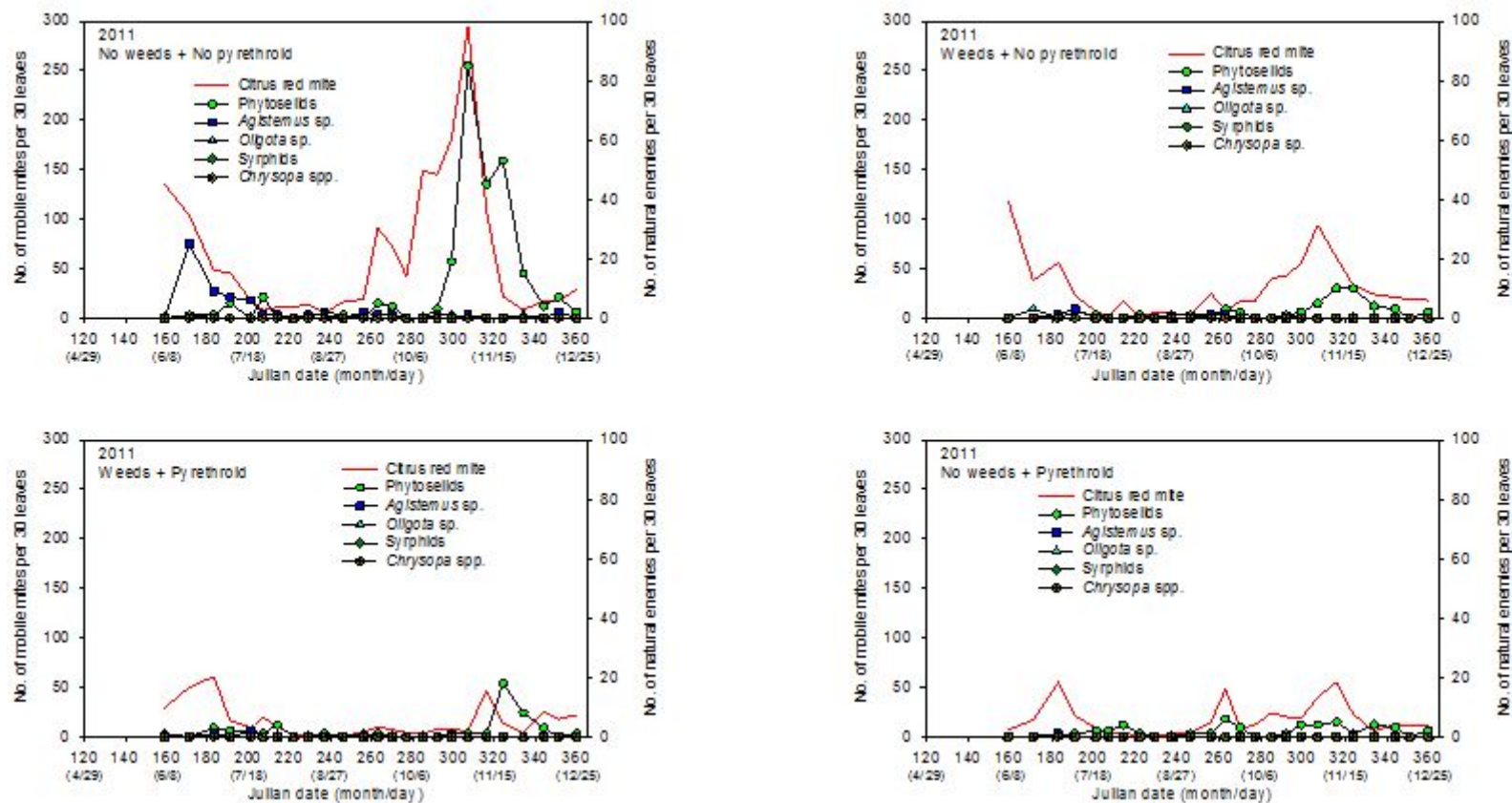


Fig. 4. The population abundances of natural enemies of *P. citri* in experimental plots in 2011 where different management measures were applied. Weeds = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. No weeds = glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 3 June and 4 August. Pyrethroid = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. No pyrethroid = No pyrethroid (cypermethrin) was applied.

**Spring population**

	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>Sub-total</b>
<b>W</b>	23	16	39
<b>NW</b>	11	150	161**
<b>Sub-total</b>	34	166**	

**Autumn population**

	<b>P</b>	<b>NP</b>	<b>Sub-total</b>
<b>W</b>	65	70	135
<b>NW</b>	51	435	291**
<b>Sub-total</b>	116	505**	

Fig. 5. The 2 × 2 contingency of matrix the total natural enemies for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2011. W = Wild weeds on the ground were manually mowed on 6 June and 29 August. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayd on 3 June and 4 August. P = Cypermethrin (a.i. 5%, 1,000x) was sprayed six times. NP = No pyrethroid (cypermethrin) was applied.

<sup>a</sup> Chi-square test within sub-totals: ns, not significant; \* significant at 5%; \*\* significant at 1%.



## 2. 2012년 곶응애 및 천적류 발생양상

### 2-1. 2012년 처리별 곶응애 발생양상

2012년 처리구별 연중 곶응애 발생밀도의 변동은 Fig. 6과 같았다. 봄응애 개체군 발생기에는 대부분 조사일에 처리간 통계적 차이가 없었다. 다만, 5월 하순과 6월 상순 W+NP 처리구에서 곶응애 발생밀도가 높았으며, 7월 하순에서 8월 중순에는 NW+NP 처리구에서 높았다. 봄응애와 가을응애 개체군 사이(8월 하순~9월 상순)에는 모든 처리구간 통계적으로 곶응애 밀도의 차이가 없었으며, 발생밀도가 매우 낮게 유지되었다. 가을응애 개체군 발생기에는 전체적으로 W+NP 또는 NW+NP 처리구에서 곶응애 밀도가 높게 형성되었다. 통계적 차이는 없었으나, W+P 처리구에서 곶응애 밀도가 낮은 경향이였다.

잡초관리와 합성피레스로이드계를 두 변량으로 봄응애(3월 29일에서 8월 26일) 발생기와 가을응애 발생기(8월 26일에서 11월 24일) 계산된 누적응애발생일수(CMD)를 이용하여 이원분류 분산분석(two-way ANOVA)를 실시한 결과는 Table 4와 같았다. 봄응애 개체군의 경우 잡초관리 효과( $F=0.07$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.7900$ )와 합성피레스로이드계 살포효과( $F=1.56$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.2300$ ), 그리고 상호작용 효과( $F=1.91$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.1860$ )에 유의성이 없었다. 그러나 가을응애 개체군의 경우는 합성피레스로이드계 효과( $F=49.76$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.0001$ )에서 통계적 유의성이 있었으며, 잡초관리 효과( $F=1.44$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.2483$ )와 상호작용 효과( $F=0.47$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.5042$ )는 유의성이 없었다. 2012년 곶응애 전체 개체군의 CMD는 합성피레스로이드 효과( $F=20.62$ ,  $df=1$ , 16,  $P=0.0003$ ) 만이 통계적으로 유의성이 있었다. Fig. 7에 제시한 잡초관리와 합성피레스로이드계 살포의 두 변량에 대한 교차분석표와 같이 곶응애 발생(CMD)은 잡초관리의 영향을 받지 않았으며, 합성피레스로이드계를 살포하는 경우 유의하게 감소하였다. 가을응애 개체군을 대상으로 처리 간 곶응애 CMD를 일원분류 ANOVA를 바탕으로 비교한 결과 Fig. 8 과 같이 NW+NP = W+NP > NW+P = W+P 순으로 감소하였다.

### 2-2. 2012년 처리별 천적류 발생양상

2012년 처리별 곶응애 천적류의 발생양상은 Fig. 9와 같았다. 주로 이리응애와

마름응애가 많이 나타났고, 깨알반날개, 꽃등에 그리고 칠성풀잠자리도 발견되었다. 봄응애 발생기에 이리응애류 천적은 모든 처리구에서 굴응애 발생기와 잘 일치하였다. 가을응애 발생기 굴응애 발생밀도가 상대적으로 높았던 W+NP 처리구에서는 마름응애류가 후반기에 증가하였다. 반면, NW+NP 처리구에서는 가을응애 발생이 높았음에도 불구하고 천적의 발생이 크게 증가하지 않았다. 봄응애와 가을응애 발생기 각각 전체 천적의 발생수를 잡초관리와 합성피레스로이드계 살포에 따라 교차분석한 결과는 Fig. 10과 같았다. 봄 및 가을철 모두 제초제를 사용하지 않고 초생재배(예초)를 하는 경우 천적의 발생이 유의하게 높았다. 합성피레스로이드 효과의 경우 봄응애 발생기에는 합성피레스로이드계를 살포하는 경우 천적의 발생이 많았으나, 가을응애 발생기에는 합성피레스로이드계를 살포하지 않은 처리구에서 천적의 발생이 유의하게 증가하였다.

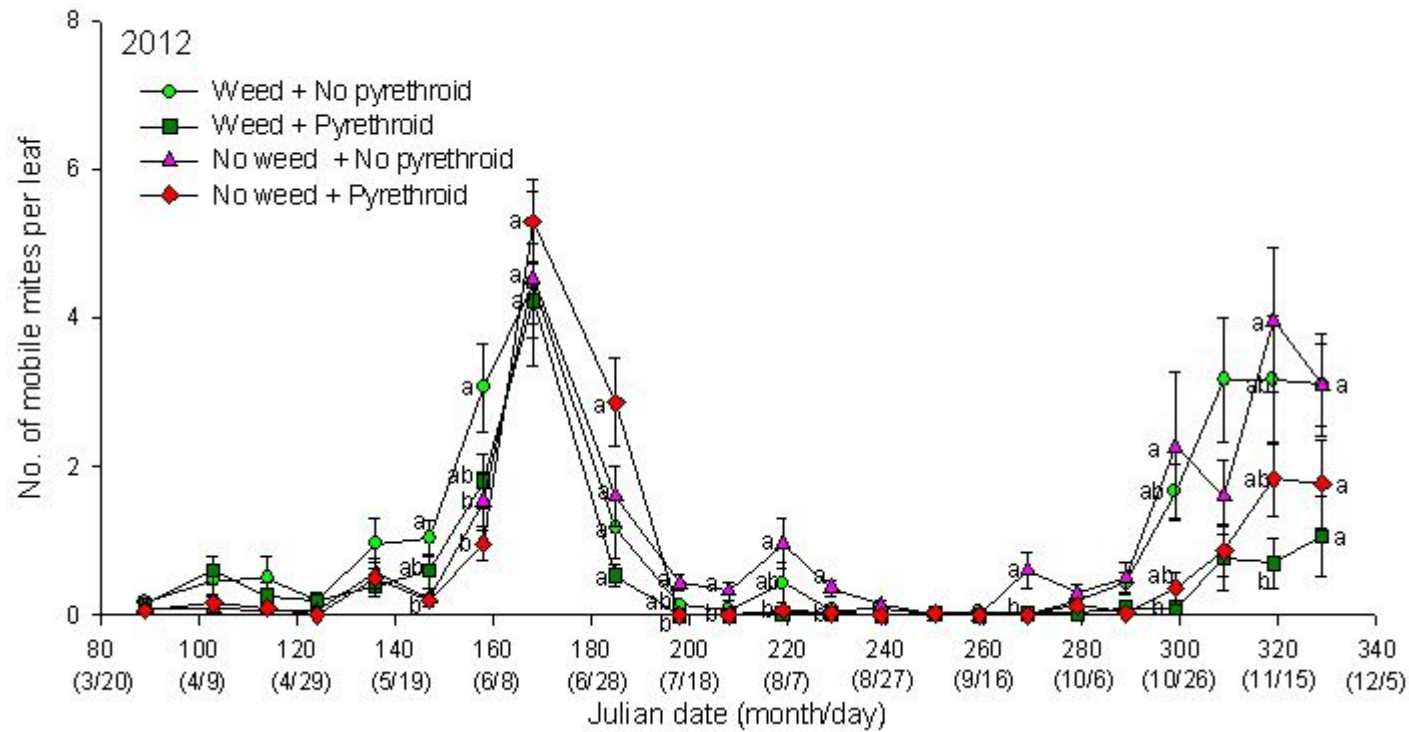


Fig. 6. Seasonal population abundances of *P. citri* in experimental plots in 2012 where different practices of weed management and pyrethroid spray were applied. The means with same letters on the figure at same date are not significantly different by Tukey test at  $P=5\%$ . Weeds = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. Pyrethroid = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). No pyrethroid = No pyrethroid (deltamethrin) was applied.

Table 4. Two-way ANOVA table for the cumulative mite days (*CMD*) in 2012: weed and pyrethroid effects on mite populations.

Source of variable	df	Sum of square	Mean square	F-value	P >F
<b>Spring population</b>					
Model (Treatment)	3	4865.5	1621.8	1.18	0.3485
Weed	1	100.8	100.8	0.07	0.7900
Pyrethroid	1	2140.4	2140.4	1.56	0.2300
Weed × Pyrethroid	1	2624.3	2624.3	1.91	0.1860
Error	16	21991.3	1374.5		
Total	19	26856.8			
<b>Autumn population</b>					
Model (Treatment)	3	35323.6	11774.5	17.22	< 0.0001
Weed	1	981.4	981.4	1.44	0.2483
Pyrethroid	1	34023.0	34023.0	49.76	< 0.0001
Weed × Pyrethroid	1	319.2	319.2	0.47	0.5042
Error	16	10939.8	683.7		
Total	19	46263.4			
<b>Total</b>					
Model (Treatment)	3	59695.7	19898.6	7.71	0.0021
Weed	1	1716.8	1716.8	0.67	0.4267
Pyrethroid	1	53220.2	53220.2	20.62	0.0003
Weed × Pyrethroid	1	4758.6	4758.6	1.84	0.1934
Error	16	41295.2	2581.0		
Total	19	100990.9			

The *CMDs* were calculated for spring population from 29 March to 26 August and for autumn population from 26 August to 24 November in 2012.

Spring population				Autumn population				Total			
	P	NP	Sub-mean		P	NP	Sub-mean		P	NP	Sub-mean
W	122	166	143.9a	W	28	119	73.5a	W	150	284	217.4a
NW	150	147	148.4a	NW	50	125	87.6a	NW	200	272	236.0a
Sub-mean	135.8a	156.5a		Sub-mean	39.3b	121.8a		Sub-mean	175.1b	273.3a	

Fig. 7. The  $2 \times 2$  contingency matrix of cumulative mite days (*CMD*) for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2012. The *CMDs* were calculated for spring population from 29 March to 26 August and for autumn population from 26 August to 24 November in 2012. W = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. P = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). NP = No pyrethroid (deltamethrin) was applied.

The sub-means with same letter are not significantly different by Tukey test at  $P = 5\%$  (see left table) based on two-way ANOVA.

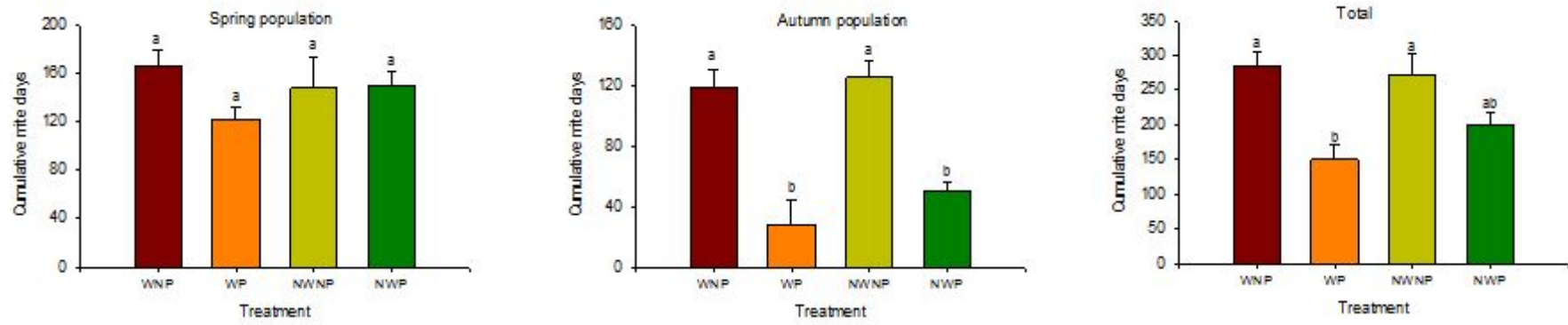


Fig. 8. Comparison of the cumulative mite days (*CMD*) among plots of weed and pyrethroid treatment; one-way ANOVA was applied. The means with same letters on the bars in each population are not significantly different by Tukey test at  $P=5\%$ . The *CMDs* were calculated for spring population from 29 March to 26 August and for autumn population from 26 August to 24 November in 2012.

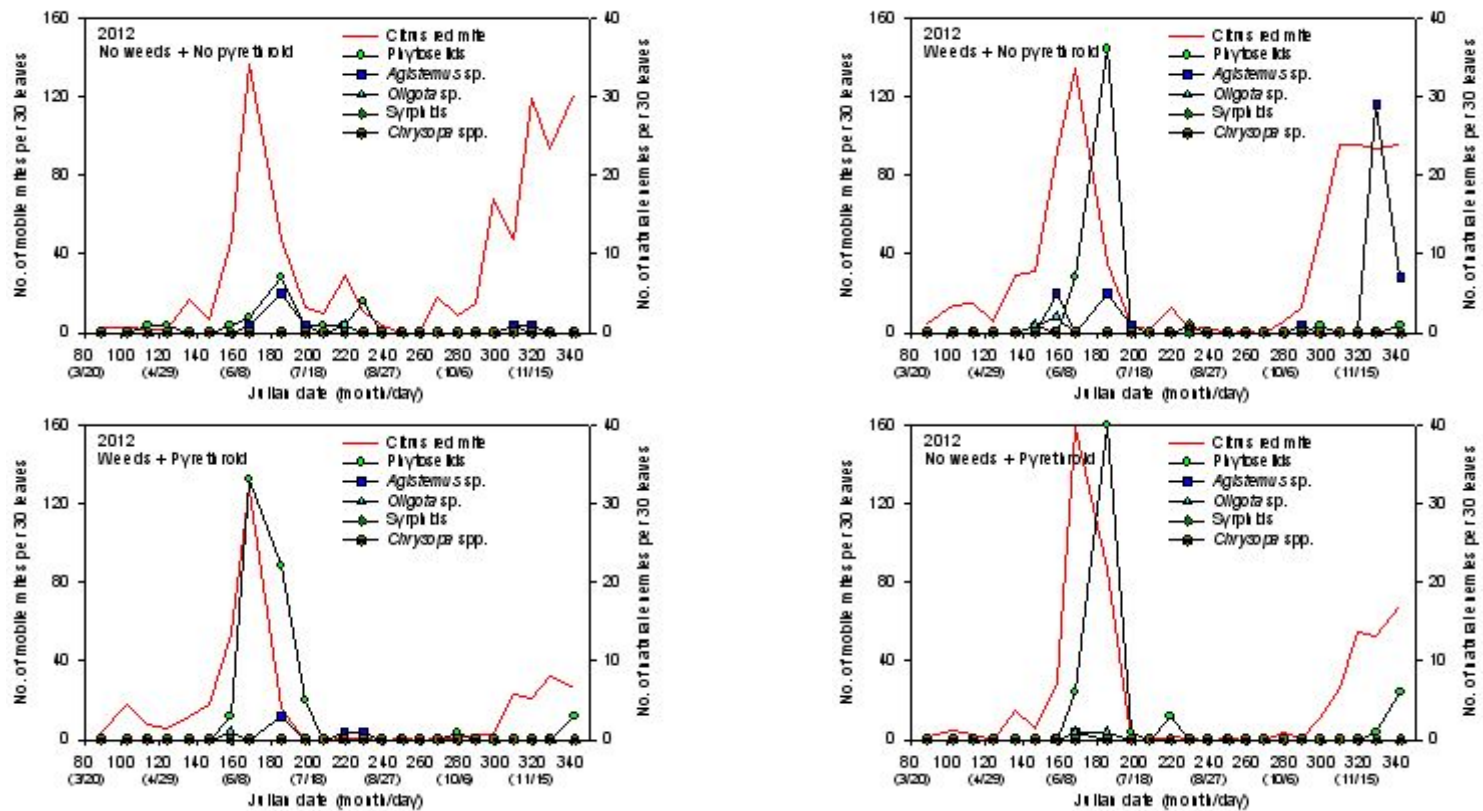


Fig.9. The population abundances of natural enemies of *P. citri* in experimental plots in 2012 where different management measures were applied. Weeds = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. No weeds = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. Pyrethroid = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times (see Table 2). No pyrethroid = No pyrethroid (deltamethrin) was applied.

Spring population				Autumn population			
	P	NP	Sub-total		P	NP	Sub-total
W	69	59	128** <sup>a</sup>	W	4	39	33**
NW	55	28	83ns	NW	1	7	8ns
Sub-total	124**	87ns		Sub-total	5ns	46*	

Fig. 10. The 2 × 2 contingency matrix of the total natural enemies for the pairs of weed and pyrethroid treatment in 2012. W = Wild weeds on the ground were mowed on 6 June and 16 September manually. NW = Glyphosate (a.i. 41%, 200x) was sprayed on 27 March, 28 July and 3 October. P = Deltamethrin (a.i. 1%, 1,000x) was sprayed eight times. NP = No pyrethroid (deltamethrin) was applied.

<sup>a</sup> Chi-square test within sub-totals: ns, not significant; \* significant at 5%; \*\* significant at 1%.



## V. 고 찰

본 연구에서 굴응애의 연간 발생양상은 모든 처리구에서 봄과 가을철 두 차례 (bimodal form)에 걸쳐 뚜렷하게 발생 최성기를 보였다. 이런 경향은 과거 보고된 관행방제 과원에서 7, 8월(봄응애 개체군)과 9~11월(가을응애 개체군) 높은 발생밀도를 보이는 양상과 일치하였다(Kim *et al.*, 1978; Kim, 2005). 감귤원에서 약제를 무살포한 경우는 봄응애 개체군은 형성되나 천적이 정착함에 따라 가을응애 개체군은 형성되지 못하는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 1978; Kim, 2005). 본 연구에서 가을 응애 개체군이 형성된 것으로 보아 부분적으로 천적의 정착이 교란된 것으로 보인다. 즉 기본 방제로 mancozeb를 비롯하여 몇 차례 살충제를 살포하였으므로 본 연구에서 얻어지는 결과는 제주도 관행방제 감귤과원에서 나타나는 현상을 이해할 수 있는 좋은 자료가 될 것이다.

앞서 재료 및 방법에서 두 가지 가정 하에 잡초관리와 합성피레스로이드계 처리조합에 따른 굴응애와 천적 발생량의 기대값을 추정하였다. 상대적인 비교를 위하여 4개 처리 중 최대값을 0.8로 환산하여 표준화시켰다. 합성피레스로이드계 무살포구 = 0.2, 살포구 = 0.8, 잡초관리 방법으로 제초제 살포구 = 0.2, 기계 예초구 = 0.8의 값을 배당하였는데, 완전한 무방제 과원이 아니었기 때문에 합리적인 부여 값으로 보인다. 2011년과 2012년 실제 관측값과 비교한 결과는 굴응애 개체군은 Fig. 11과 천적 개체군은 Fig. 12와 같았다.

관측된 굴응애 개체군은 가정에 근거한 기대치와는 매우 달랐다. 각 처리별 굴응애의 상대적인 개체군 밀도 크기는  $W+NP < NW+NP < W+P < NW+P$ 의 순으로 예측했었다. 그러나 2011년 가을응애 개체군을 기준으로 했을 때  $NW+NP$  처리구에서 굴응애 발생밀도가 가장 높았으며,  $W+NP$ ,  $NW+P$ ,  $W+P$  순이었다. 전체적으로 합성피레스로이드계를 살포한 경우 기대와는 달리 굴응애 밀도가 낮았다. 반대로 합성피레스로이드계 무살포구에서 굴응애 발생이 높았고, 이런 경우 청경재배구에서 굴응애 발생이 많았다. 2012년 처리별 가을응애 개체군의 발생량도 2011년의 결과와 동일한 경향이였다. 봄응애 개체군의 경우는 실험 초기라 처리효과가 나타나지 않았을 수 있으므로 분석에서 제외하였다. 가설

에 근거한 굴응애 개체군의 기대값과 관측값을 수량적으로 비교한 결과는 Fig. 11과 같았다. 그림과 같이 W+P 처리구 만이 기대치와 큰 차이가 없었을 뿐 다른 처리구는 기대치와 관측치 사이에 큰 차이가 나타났다. 이러한 원인은 첫 번째 가정 즉 ‘합성피레스로이드계 약제는 천적을 제거하여 굴응애의 발생을 증가시킨다’는 가정이 성립하지 않기 때문으로 판단된다. 즉 2011년과 2012년 모두 잡초와 약제관리 효과 이원분류 분산분석에서 합성피레스로이드계 효과가 유의하게 나타났으며, 통계적으로 유의하게 합성피레스로이드계 살포구에서 굴응애 밀도가 감소하였다.

지금까지 합성피레스로이드계 약제는 응애류 뿐만 아니라 각지벌레류 등 해충의 대발생을 유발하는 대표적인 약제로 알려져 있다(Elliott *et al.*, 1978; Penman & Chapman, 1988; Gerson & Cohen, 1989; Furuhashi, 1990). 기타 DDT 등 유기합성 약제의 사용으로 응애류 대발생이 유발된 원인에 대해서는 호르몬 체계 교란에 의한 ‘생식 교란설’ 및 고독성 농약의 응애류 천적 제거에 의한 ‘천적 억제설’ 등 많은 보고가 존재한다(van de Vrie *et al.*, 1972; Penman & Chapman, 1988). 지금까지 보고된 연구결과는 합성피레스로이드계 약제 살포시 천적을 제거하여 잎응애류(굴응애 포함)의 발생이 증가하는 것이 정설이기 때문에 본 연구에서 합성피레스로이드계인 cypermethrin과 deltamethrin 살포구에서 굴응애가 감소했다는 결과는 이해하기 어렵다. 더욱이 이 두 약제는 다양한 해충을 대상으로 적용범위가 넓지만 잎응애류에 우수한 살비효과는 보고되지 않았다(Tomlin, 2003). 제주 감귤에서도 진딧물과 굴굴나방 방제용으로 등록되어 있다. Cypermethrin의 경우 굴응애를 대상으로 한 결과는 없으나, 사과원에서 실험결과 사과응애에는 영향을 무시할 수 있는 수준이었으며, 이리응애(*Typhlodromus pyri*)에는 독성이 높았다고 보고하였다(Aliniaze & Cranham, 1980). Deltamethrin도 점박이응애에는 독성이 낮았으나 천적인 칠레이리응애(*Phytoseiulus persimilis*)에는 독성이 강하다고 보고하였다(Yoo & Kim, 2000). 종합적으로 판단하면 본 연구에서 합성피레스로이드계 살포구에서 굴응애가 감소한 원인은 cypermethrin과 deltamethrin의 직접적인 살비효과에 의한 결과가 아니라고 판단할 수 있다. 그렇다면 두 번째 가정인 초생재배와 관련된 천적의 발생을 검토할 필요가 있다.

관측된 천적 개체군(주로 이리응애류와 마름응애류)은 가정에 근거한 기대치와 크게 다르지 않았다. 2011년의 경우 NW+NP 처리구와 W+NP 처리구에서 차이가 있었으나 2012년 실험에서는 기대치와 관측치가 거의 일치하였다(Fig. 12). 2011년에는 NW+NP 처리구에서 비이상적으로 가을철 굴응애 밀도가 증가하였으며, 이에 따라 천적의 수반응(numerical response)이 나타난 것으로 보인다. 따라서 W 처리구 보다는 NW 처리구에서 천적의 발생이 높은 현상이 나타났다. 다만 봄 개체군 대비 가을 천적 개체군을 비교했을 때, NW 처리구에서 2.9배 증가한 반면 W 처리구에서는 4.4배로 증식배수는 높았다. NW+NP 처리구에서 천적의 발생이 높았음에도 불구하고 실질적으로 최고 발생기 굴응애의 밀도는 잎 당 10 마리로 경제적 피해수준을 상회하였다. 반면 다른 처리구들에서는 잎 당 3.0 마리 이하로 유지되었다. 2012년 봄 천적 개체군은 혼란된 결과를 보였으며 실험 초기 처리효과가 불확실하여 분석에서 제외하였고, 가을 천적 개체군은 가설과 일치하여 W 및 NP 처리구에서 천적의 발생이 유의하게 높았다.

상대적으로 P 처리구에서 NP 처리구보다 천적의 발생이 유의하게 낮았다고는 하나, P 처리구에서 천적의 발생이 완전히 제거되지 않았다는 점에 주목할 필요가 있다. 특히 2012년의 경우 봄 개체군에서 굴응애의 발생과 동시에 이리응애의 발생이 나타났고, 가을 응애 개체군이 제대로 형성되지 못하였다. 이 때 이리응애와 굴응애의 발생비율은 1 : 4 정도로 충분히 굴응애의 밀도를 억제할 수 있는 수준이었다(Zhang *et al.*, 2001). 이렇게 P 처리구에서 유의한 천적의 발생은 본 시험포장에 정착한 이리응애가 cypermethrin과 deltamethrin에 내성을 갖고 있다고 할 때 해석이 가능하다. 또는 인접한 생태계에서 이리응애가 지속적으로 유입되어야 한다. 이 문제는 향후 검토할 필요가 있다. 어쨌든 본 연구 결과는 천적의 발생을 조성하기 위하여 초생재배가 꼭 필요한 것은 아닌 것으로 나타나고 있다. 즉 2011년과 2012년 모두 NW 처리구에서도 굴응애의 발생에 따라 천적의 발생이 큰 시간적 지연 없이 증가하였다. 아마도 이런 현상은 실험과원이 삼나무 방풍수와 숲 등으로 둘러싸여 있어 생태적으로 다양성이 높은 상태에 있기 때문에 주변으로부터 천적의 유입 등 변수가 작용한 것으로 보인다.

NP 처리구에서 굴응애의 밀도가 높게 형성되는 이유는 해석하기 난해하다. 이리응애가 합성피레스로이드계에 내성을 갖고 있고 주변 생태계에서 쉽게 유입

될 수 있다고 한다면, NP 처리구에서도 똑같이 적용되어야 하기 때문이다. 즉 P 처리구와 같이 꿀응애 밀도가 감소해야 하고, 더 낮은 수준으로 유지되어야 논리적으로 타당하다. 한 가지 해석은 cypermethrin과 deltamethrin에 대하여 꿀응애가 높은 기피효과를 갖고 있다면 가능할 수 있다. 두 약제는 점박이응애에 대하여 높은 기피효과를 가지고 있는 것으로 보고되었다(Penman *et al.*, 1986). 즉 점박이응애에 대한 직접 접촉독성 LC50는 deltamethrin 0.06 ppm, cypermethrin 0.29 ppm 이었고, 50% 기피효과를 보이는 농도 즉 RF50 (Runoff50)은 deltamethrin 0.026 ppm, cypermethrin 0.046 ppm 이었다. 두 약제의 LC50/RF50 지수 (activity index, 활성지수)는 각각 2.31과 6.30으로 같은 합성피레스로이드계인 fenpropathrin 31.35 보다 훨씬 낮았다. 낮은 활성지수는 높은 기피효과를 나타내는 것이므로 응애가 직접 독성으로 인한 치사량에 도달하기 전 다른 곳으로 기피한다는 것을 예상할 수 있다. 만일 동일한 조건이 꿀응애에 적용된다면, 합성피레스로이드계를 살포한 처리구(P 처리구)에서는 꿀응애의 심한 이출이 일어났을 것이다. 또한 천적도 다소 정착이 가능하여 꿀응애의 밀도는 더욱 낮아질 수 있었을 것이다. 반면, NP 처리구에서는 꿀응애의 이출이 없고, 인접한 P 처리구에서 이입하는 일도 있을 수 있으므로 꿀응애 밀도가 오히려 증가할 수 있다. 이러한 상태에서 천적의 발생이 지연되면 꿀응애의 밀도가 일시적으로 경제적 피해수준을 초과할 수도 있을 것이다.

본 연구결과는 합성피레스로이드계가 천적에 대한 독성뿐만 아니라 꿀응애에 대한 기피작용을 유발하여 잡초-천적-응애의 선순환적 상호작용 시스템을 교란시킬 수 있음을 보여주고 있다. 특히 제주와 같이 작은 패치(구획) 단위로 구성된 감귤 과원생태계에서 합성피레스로이드계 약제는 꿀응애 종합관리(IPM)를 왜곡시킬 수 있다. 즉 저독성 선택적 약제와 초생재배 등 IPM 기술을 채택하더라도 인접 과원에서 합성피레스로이드계를 지속적으로 사용한다면 꿀응애의 이입으로 인하여 천적에 의한 꿀응애의 밀도조절에 실패할 수도 있다. 따라서 향후 감귤병해충 IPM 추진은 단위지역 전체에 규모화하여 적용하는 전략이 필요할 것이다. 물론 위와 같은 결론을 확인하려면, 두 합성피레스로이드계 약제의 꿀응애와 천적(이리응애)에 대한 상대독성 정도, 기피효과 및 기피행동 등이 명확히 구명되어야 할 것이다.

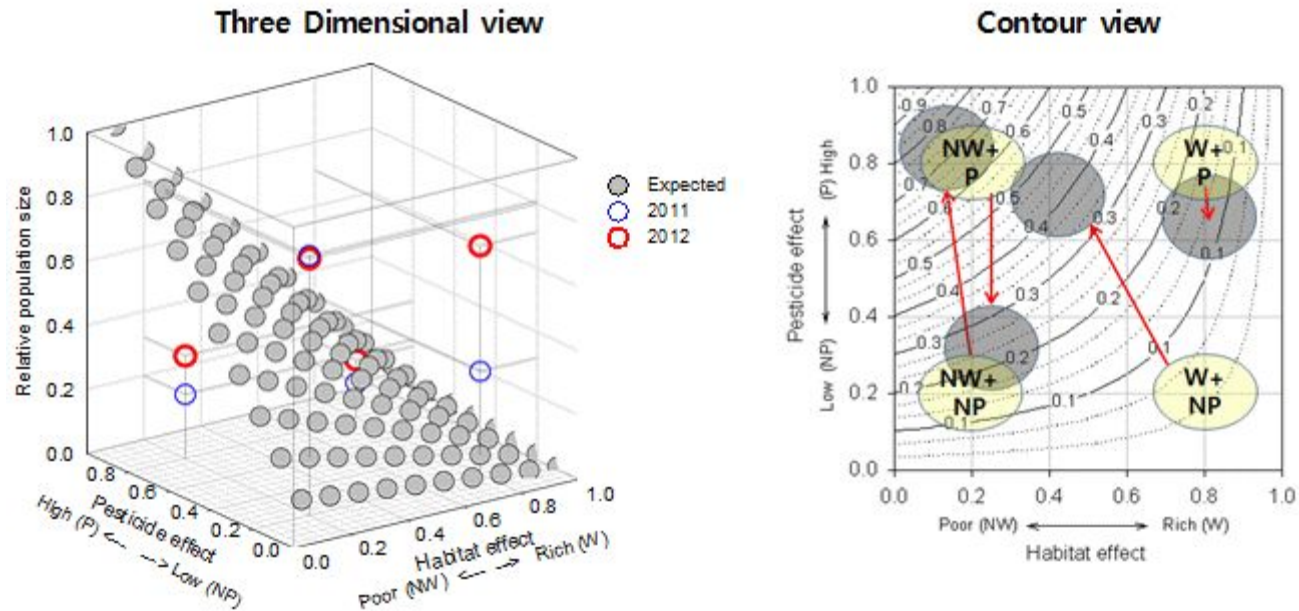


Fig. 11. Comparison of *P. citri* population between expected and observed values (relative size) according to the combination of pesticide and habitat effects in the citrus orchard (see Fig. 1 for the hypothesis). For the purpose of comparison, mite population sizes (autumn population) were scaled to 0.8.

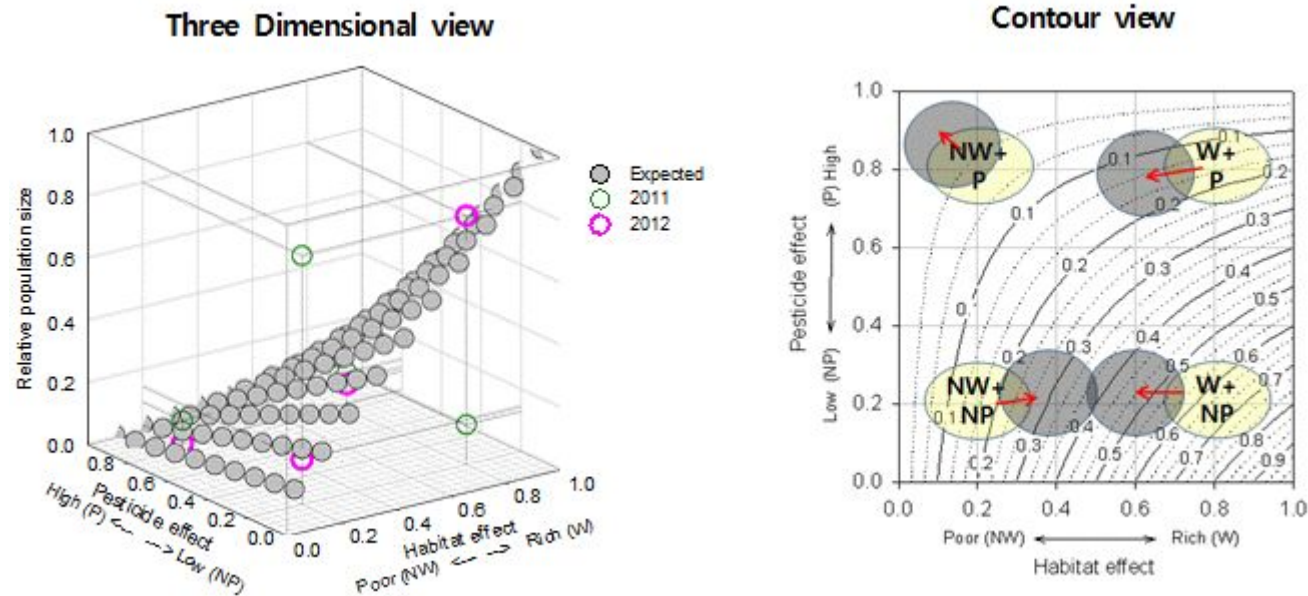


Fig. 12. Comparison of Natural enemy population between expected and observed values (relative size) according to the combination of pesticide and habitat effects in the citrus orchard (see Fig. 1 for the hypothesis). For the purpose of comparison, natural enemy population sizes (autumn population) were scaled to 0.8.



## VI. 적 요

꿀응애(*Panonychus citri* McGregor)는 감귤의 중요한 응애류 해충으로 다른 잎응애류(Tetranychidae)와 같이 재배환경에 따라 발생양상이 달라지는 것으로 알려져 있다. 하지만 아직까지 꿀응애의 발생변동 원인에 대한 정량적 또는 정성적인 측면에서의 평가는 드문 실정이다. 따라서 본 연구에서는 감귤원에서 초생재배 유무(초생재배 W, 청정재배 NW)와 합성피레스로이드계 살포유무(살포 P, 무살포 NP)를 조합하여 처리하고 꿀응애 발생밀도를 조사하여 비교하였다.

1. 기본 가설로 초생재배는 천적의 서식처를 제공하여 천적의 정착을 높이므로 꿀응애의 발생을 감소시키는 요인으로 작용하며, 합성피레스로이드계는 천적을 제거하여 꿀응애의 밀도를 증가시키는 요인으로 가정하였다. 잡초와 약제살포 효과의 크기를 각각 임의로 0에서 1.0까지 0.1 간격으로 배당하고, 두 효과는 동등하며 선형적이라고 전제하였다. 가설의 수량화를 목적으로 본 연구에서 처리한 잡초관리 방법은 청정재배(NW) = 0.2, 초생재배(W) = 0.8의 수치를 배당하였다. 또한 합성피레스로이드계 처리에서 무살포(NP) = 0.2, 살포(P) = 0.8의 수치를 임의로 배당하였다. 이러한 가정 하에서 각 처리조합별 기대되는 꿀응애의 상대적인 개체군 크기는  $NW+P > NW+NP = W+P > W+NP$ , 천적의 상대적인 개체군 크기는  $NW+P < NW+NP = W+P < W+NP$ 와 같이 추정되었다.

2. 응애의 발생밀도를 누적응애일수(CMD, cumulative mite days)로 환산하여 비교한 결과, 2011년에는 가을응애 개체군을 기준으로 했을 때  $NW+NP$  처리구에서 CMD가 가장 높았으며,  $W+NP$ ,  $NW+P$ ,  $W+P$  순이었다. 전체적으로 합성피레스로이드계를 살포한 경우 기대와는 달리 꿀응애 밀도가 낮았다. 반대로 합성피레스로이드계 무살포구에서 꿀응애 발생이 높았고, 이런 경우 청정재배구에서 꿀응애 발생이 많았다. 2012년 처리별 가을 응애 개체군의 CMD도 2011년의 결과와 동일한 경향이였다.

3. 관측된 천적 개체군(주로 이리응애류와 마름응애류)은 가정에 근거한 기대치와 크게 다르지 않았다. 2011년의 경우  $NW+NP$  처리구와  $W+NP$  처리구에서 차이가 있었으나, 2012년 실험에서는 기대치와 관측치가 거의 일치하였다. 전체

적으로 약제효과가 뚜렷하게 나타나서 합성피레스로이드계 살포시 천적이 유의하게 감소하였다. 잡초효과는 엇갈리는 결과를 보였는데, 봄 개체군 대비 가을 개체군의 증가 등을 고려할 때 초생재배를 하는 경우 천적의 발생이 증가하였다.

4. 지금까지 보고된 연구결과는 합성피레스로이드계 약제 살포시 천적을 제거하여 잎응애류(꿀응애 포함)의 발생이 증가하는 것이 정설이기 때문에 본 연구에서 합성피레스로이드계인 cypermethrin과 deltamethrin 살포구에서 꿀응애가 감소하는 결과는 다음과 같이 꿀응애의 합성피레스로이드계에 대한 강한 기피성을 토대로 해석할 수 있겠다. 합성피레스로이드계를 살포한 처리구(P 처리구)에서는 꿀응애의 심한 이출이 일어났을 것이다. 또한 천적도 다소 정착이 가능하여 꿀응애의 밀도는 더욱 낮아질 수 있었을 것이다. 반면, NP 처리구에서는 꿀응애의 이출이 없고, 인접한 P 처리구에서 이입하는 일도 있을 수 있으므로 꿀응애 밀도가 오히려 증가할 수 있다. 이러한 상태에서 천적의 발생이 지연되면 꿀응애의 밀도가 일시적으로 경제적 피해수준을 초과할 수도 있을 것이다.



## VII. 인 용 문 헌

- Aliniaze, M.T. & J.E. Cranham. 1980. Effect of four synthetic pyrethroids on a predatory mite, *Typhlodromus pyri*, and its prey, *Panonychus ulmi*, on apples in Southeast England. Environ. Entomol. 9: 436-439.
- Beattie, G.A.L. 1978. Biological control of citrus mites in New South Wales. In P.R. Larey [ed.], Int. Soc. Citriculture, Painter Printing, De Leon Springs. pp. 156-158.
- Brower, C.C. & W.G. Thwaite. 1989. The mite management manual: a practical guide to integrated mite control. NWS Australia Agric. Fish. Bull.
- Choi, D.S. 2002. Biology and utilization of *Oligota kashmirica benefica* Naomi (Coleoptera: Staphhylinidae), a predator of the citrus red mite. p. 84. ph. D. thesis, Chonnam Nat'l Univ.
- Choi, D.S., K.C. Kim & J.D. Park. 2002. Effects of temperature on development of *Oligota kashmirica benefica* Naomi (Coleoptera: Staphhylinidae) and its seasonal fluctuation in yuzu orchards. Korean J. Appl. Entomol. 41: 199-204.
- Choi, D.S. & K.C. Kim. 2003. Predatory preference and predation amount of *Oligota kashmirica benefica* Naomi (Coleoptera: Staphhylinidae) about spider mite. Korean J. Appl. Entomol. 42: 197-201.
- Clara, I. Nicholls & Miguel A. Altieri. 2004. Designing Species-rich, Pest-suppressive Agroecosystems Through Habitat Management in Rickerl, D. & C. Francis. Agroecosystems Analysis. Chapter 4: pp. 49-62. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Cranham, J.E. 1979. Managing spider mites on fruit trees. Span. 22: pp. 28-30.
- Croft, B.A. & I.V. MacRae. 1992a. Biological control of apple mites by mixed populations of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) and *Typhlodromus*

- pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 21: 202-209.
- Croft, B.A. & I.V. MacRae. 1992b. Persistence of *Typhlodromus pyri* and *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) on apple after inoculative release and competition with *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae). Environ. Entomol. 21: 1168-1177.
- Croft B.A., P. Shearer, G.J. Fields & H.W. Riedl. 1990. Distribution of *Metaseiulus occidentalis* (Nebitt) and *Typhlodromus pyri* (Parasitiformes: Phytoseidae) in apple orchards of the Hood River Valley, Oregon. Can. Ent. 122: pp. 5-14.
- Croft, B.A. & S.C. Hoyt. 1983. Integrated management of insect pests in pome and stone fruits. New York. Wiley Intersci. 454p.
- Dunley, J.E. & B.A. Croft. 1990. Dispersal between and colonization of apple by *Metaseiulus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acarina: Phytoseiidae) Exp. Appl. Acarol. 10: 137-149.
- Dunley, J.E. & B.A. Croft. 1992. Dispersal and gene flow of pesticide resistance traits in phytoseiid and tetranychid mites. Exp. Appl. Acarol. 14: 313-325.
- Ehara, S. & N. Shinkaji. 1975. [An Introduction to Agricultural Acarology.] Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai, Tokyo (in Japanese).
- Elliott, M., N.F. Jones & C. Potter. 1978. The future of pyrethroids in insect control. Annu. Rev. Entomol. 23: 443 - 469.
- Flexner, J.L., P.H. Westigard, P. Gonzalves & R. Hilton. 1991. The effect of groundcover and herbicide treatment on two spotted spider mite density and dispersal in southern Oregon pear orchards. Entomol. Exp. Appl. 60: 111-123.
- Furuhashi, K. 1990. Resurgence of citrus red mite, *Panonychus citri* McGregor induced by synthetic pyrethroids. Japan Pesticide Information. 57: 21-26.
- Gerson, U. & E. Cohen. 1989. Resurgences of spider mites (Acari:

- Tetranychidae) induced by synthetic pyrethroids. *Exp. & Appl. Acarol.* 6: 29-46.
- Gotoh, T. & M. Kubota. 1997. Population dynamics of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) in Japanese pear orchards. *Exp. & Appl. Acarol.* 21: 343-356.
- Hadam, J.J., M.T. AliNiazee & B.A. Croft. 1986. Phytoseiid mites (Parasitiformes: Phytoseiidae) of major crops in the Willamette Valley, Oregon and pesticide resistance in *Typhlodromus pyri* Scheuten. *Environ. Entomol.* 15: 1255-1262.
- Han, S.H., C.H. Jung & J.H. Lee. 2003. Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *A. womersleyi* and *Tetranychus urticae*: I. Release position in pear. *J. Asia-Pacific Entomol.* 6: 221-227.
- Helle, W. & M.W. Sabelis. 1985. Spider mites: their biology, natural enemies and control, vol. 1B. Elsevier, Amsterdam. 458p.
- Huang, M. 1978. Studies on the integrated control of the citrus red mites with the predacious mite as a principal controlling agent. *Acta Entomol. Sin.* 21: 260-270.
- Jeppson, L.R., E.W. Baker & H.H. Keifer. 1975. Mite injurious to economical plants. Univ. of Calif. Berkeley, CA, 614p.
- Keetch, D.P. 1972. Ecology of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) in South Africa. 3. The influence of the predacious mite, *Amblyseius addoensis* van der Merwe and Ryke. *J. Entomol. Soc. S. Afr.* 35: 69-70.
- Kim, D.H., H.M. Kwon & 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.H. 1997. Studies on ecology of *Panonychus citri* (McGregor) in Cheju island. 38p. M.S. Thesis, Cheju Nat'l Univ.

- Kim, H.S., D.Y. Moon, P.C. Lippold, Y.D. Chang & J.S. Park. 1978. Studies on integrated control of citrus pest I. Bionomics of citrus red mite and natural enemies. *Kor. J. Pl. Prot.* 17: 7-13.
- Kim, D.S. 2005. Comparison of population regulation of *Panonychus citri* by predacious mite complex between abandoned and sprayed citrus orchards in Jeju island. *J. Subtropical Agri. & Biotech., Jeju Nat'l Univ.* 21: 21-27.
- Kim, D.S. & J.H. LEE. 2005. Historical Change of Population Abundances of *Panonychus ulmi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Selected Apple Orchards in Suwon and Its Hypothetical Explanation. *Korea J. Apple. Entomol.* 44: 115-123.
- Kim, D.S., J.H. Lee, H.Y. Jeon, M.S. Yiem & K.Y. Kim. 1995. Community structure of phytophagous arthropods and their natural enemies at different weed management systems in apple orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 256-265.
- Kim, D.S., C. Jung, S.Y. Kim, H.Y. Jeon & J.H. Lee. 2003. Regulation of spider mite populations by predacious mite complex in an unsprayed apple orchard. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 257-262.
- Kim, D.H., K.S. Kim, J.W. Hyun & H.C. Lim. 2003. Release level of *Amblyseius fallacis* Garman (Acarina: Phytoseiidae) for biological control of *Panonychus citri* McGregor (Acari: Tetranychidae) on citrus. *Korean J. Appl. Entomol.* 42: 233-240.
- Kim, K.S. & D.S. Choi. 2000. Natural enemies of citrus red mite, *Panonychus citri*, and seasonal occurrence of major predators on Yuzu tree. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 13-19.
- Luckmann, W.H., W.M. Bever, B.J. Butler, H.J. Hopen, R.L. Metcalf, H.B. Petty & F.W. Slife. 1971. Pesticides and pest control systems. *In Agriculture's role in environmental quality. Proceedings of the 1st Allerton conference. Univ. of Il. Coll. of Agric. Special Publication* 21.

- McMurtry, J.A. 1977. Some predaceous mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean region. *Entomophaga* 22: pp. 19-30.
- McMurtry, J.A. 1985. Citrus. In W. Helle & W. Sabelis [eds.], *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol. 1B: pp. 339-347. Elsevier.
- Metcalf, R.L. & W.H. Luckmann. 1994. *Introduction to insect pest management*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 650p.
- Meyer, R.H. 1974. Management of phytophagous and predatory mites in Illinois orchards. *Environ. Entomol.* 3: 333-340.
- Penman, D.R., R.B. Chapman & M.H. Bowie. 1986. Toxicity and repellent activity of pyrethroids against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J. of Econ. Entomol.* 79: 1183-1187.
- Penman, D.R. & R.B. Chapman. 1988. Pesticide induced mite outbreaks: pyrethroids and spider mites. *Exp. Appl. Acarol.* 4: 265-276.
- Penman, D.R., C.H. Wearing, E. Collyer & W.P. Thomas. 1979. The role of insecticide-resistant phytoseiids in integrated mite control in New Zealand. *Rec. Adv. Acarol.* 1: 59-69.
- Ryu, M.O., W.K. Lee & T.H. Kim. 1997. Habitats and abundances of Korean phytoseiid mites. *Korean J. Appl. Entomol.* 36: 224-230.
- Santos, M.A. & J.E. Laing. 1985. Stigmaeid predators. in W. Helle & W. Sabelis [eds.], *Spider mites: their biology, natural enemies and control*, vol. 1B: pp. 197-203, Elsevier, Amsterdam.
- Smith, D. & J.E. Pena. 2002. Tropical citrus pests. In: J.E. Pena, J.L. Sharp & M. Wysoki [eds.], *Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control*. CABI Publishing. pp. 57-102. New York.
- Song, J.H., C.H. Lee, S.H. Kang, D.H. Kim, S.Y. Kang, & K.Z. Riu. 2001. Dispersion indices and sequential sampling plan for the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on satsuma mandarin on Juju island. *Korean J. Appl. Entomol.* 40:

105-109.

- Swift, M.J., J. Vandermeer, P.S. Ramakrishnan, J.M. Anderson, C. K. Ong & B.A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. In Mooney, H.A., J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Salas, E.D. Schulze. Functional roles of biodiversity: a global perspective. pp. 261-298. Ed. London, Wiley.
- Tanaka, M. & T. Kashio. 1977. Biological control on *Amblyseius largoensis* Muma (Acarina: Phytoseiidae) as predator of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae). Bull. Hortic. Res. Stn., Ser. D. (Kurume) 6: 1-40.
- Takafuji, A. & H. Fujimoto. 1985. Reproductive compatibility between populations of the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae). Res. Popul. Ecol. 27: 361-372
- Tomlin, C. 2003. The pesticide manual. 13<sup>th</sup> edition. British Crop Protection Council, Hampshire, UK. 1,344p.
- van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker. 1972. Biology, ecology and pest status, and host-plant relations of Tetranychids. Hilgardia 41: 343-432.
- Webber, H.J. 1967. History and development of the citrus industry. in W. Reuther, H.J. Webber & L.D. Batchelor [eds.]. The citrus industry, vol. 1: pp. 1-39. University of California, Division of Agric. Sci.
- Yoo, S.S. & S.S. Kim. 2000. Comparative toxicity of some pesticides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) and the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Korean J. of Entomol. 30: 235-241.
- Zhang, Y.X. Z.Q. Zhang, C.P. Chen, J.Z. Lin & X. Chen. 2001. *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent against *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) on citrus in China. System. Appl. Acarol. 6: 35-44.

## 감사의 글

귀농한지 올해로 10년째입니다. 2년 전 굴 농사를 짓는데 궁금한 것이 많아 무작정 대학원 진학을 결정했습니다. 학부 전공도 아니고 나이도 많은데 김 동순 교수님의 도움으로 공부를 시작하게 되었습니다. 처음 대학원에 입학했을 때 주위 사람들이 농사꾼이 농사나 잘 짓지 공부는 무슨 공부냐 하며 수군거렸습니다. 벌써 2년이 지났습니다. 그 동안 대학원 다니며 많은 것을 교수님과 동료들로부터 배울 수 있었습니다. 배움은 나에게 미래를 향해 주위 사람들과 함께 걸어 갈 수 있는 용기를 줍니다.

지난 기간 크고 작은 어려움이 많았지만 항상 어리석고 부족한 제자를 지켜봐 주시고 세심한 배려로 도움을 주신 김동순 지도 교수님께 깊이 감사드립니다. 부족한 점이 많은 연구내용을 끝까지 정성껏 검토해 주시고 조언해 주신 현해남 교수님, 송창길 교수님, 전용철 교수님, 김주성 교수님 그리고 은퇴하신 강영길 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 많은 관심과 조언으로 도움을 주시고 이 논문을 심사해주신 제주특별자치도 농업기술원 송정흡 박사님에게도 진심으로 감사드립니다.

그 동안 도움을 주신 난지농업연구소 최경산 박사님, 학과 조교 송진영, 하영삼, 고우리 선생님, 그리고 박성준 박사님, 김찬우 박사님에게도 감사의 마음을 전합니다. 논문을 작성하는데 옆에서 많은 도움을 준 곤충생태학 실험실 장용석, 김용근, 김수빈, 성영훈, 김민성, 강성혁 선생님과 양경식, 이영돈, 양진영, 그리고 감귤 시험장 황록연 연구사님에게도 깊은 감사드립니다. 보이지 않게 많은 도움을 주신 원우회 문형 총무님 그리고 고평열 선생님을 포함한 회원 여러분들과 남원농민회 강윤천 회장님과 현창석 회원을 포함한 회원여러분들께도 감사드립니다.

귀농하여 지금까지 늘 옆에서 농사짓는 것부터 일하는 방법까지 알려주며 도와주신 현창식 형님 늘 옆에서 관심 가져주시는 양 창선 매형과 김동만 형님 그리고 위미농협 오동옥 조합장님과 감협위미지소 김창주 소장님에게도 감사드립니다.

오랜 세월동안 많은 어려움 속에서도 자식 잘되기를 바라며 고생하신 어머니와 가족들, 멀리서 기도해 주신 장모님과 가족들에게도 감사드리며 바쁜 가운데 늘 같이하는 사랑하는 아내 지희와 딸 정협 아들 정민에게 미안함과 고마움을 전합니다. 그리고 저를 믿고 멀리 제주까지 딸을 시집보내 주시고 늘 사랑하는 마음으로 지켜보아 주셨지만 임종을 지켜보지 못한 장인어른께 이 논문을 바칩니다.